

## Propuesta de módulo didáctico plano para PLC S7-1200

### Proposal of a didactic module for PLC S7-1200

RINCÓN-MALTOS, Gerardo†\*, CÓRDOVA-LISZT, Gina Elizabeth y SÁNCHEZ-ROMO, César Rogelio

*Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Gerardo, Rincón-Maltos* / **ORC ID:** 0000-0003-4712-4302, **CVU CONACYT ID:** 362678

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Gina Elizabeth, Córdova-Liszt*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *César Rogelio, Sánchez-Romo*

Recibido 08 Enero, 2018; Aceptado 12 Marzo, 2018

#### Resumen

La Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila cuenta con Controladores Lógicos Programadores (PLC) S7-1200, los cuales no están ubicados en una lugarfijo lo que significa constante movimiento, la conexión y desconexión de dispositivos en sus terminales en cada hora clase, por materia y por programa educativo que cuenta con asignaturas de automatización en sus planes de estudio. Este documento propone un diseño de un módulo didáctico S7-1200 para poner en funcionamiento en el laboratorio de Robótica del Taller Pesado I de la Universidad, con el propósito de integrar sistemas tecnológicos que refuercen el conocimiento de los alumnos. Presentando, un conjunto de elementos que conformaran el módulo didáctico, en una estructura de perfil de aluminio, se procura la estética, funcionalidad y ergonomía. Además como parte de este trabajo se desarrolló un manual de prácticas para el desarrollo de habilidades de programación de PLC de los alumnos, así como un manual de mantenimiento básico para el cuidado del equipo.

**PLC, S7-1200, Módulo Didáctico**

#### Abstract

The Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila owns S7-1200 Programmable Logic Controllers (PLC). The PLCs do not have fixed location, which means that they have to be constantly moved around, being connected and disconnected from its terminals. This situation happens with every class, subject and educational program that has automation as part of its curriculum. This document proposes a design of a S7-1200 didactic module to be located at Robotics Lab of Heavy Workshop 1 of the University. The purpose of this project is to integrate technology systems in the class to assist in the learning process, by presenting a set of elements that will compromise the didactic module as well as the design based on aluminum profile, all this by keeping the aesthetic, functionality and taking care of the ergonomics. Also, as part of this effort, a practice manual has been drafted with the purpose of increasing the PLC programming skills of the students and a basic maintenance manual has been prepared to serve as guidance for care of the module.

**PLC, S7-1200, Didactic Module**

**Citación:** RINCÓN-MALTOS, Gerardo, CÓRDOVA-LISZT, Gina Elizabeth y SÁNCHEZ-ROMO, César Rogelio. Propuesta de módulo didáctico plano para PLC S7-1200. Revista de Ingeniería Mecánica. 2018. 2-5: 1-8.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gerardo-rincon@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## 1. Introducción

La formación tecnológica en la Universidad debe estar encaminada a preparar al estudiante, mostrando una perspectiva del equipo y modos de trabajo que afrontara una vez que sea introducido en el sector laboral.

Por lo tanto, dado el desarrollo de las aplicaciones de automatización en el ámbito industrial por medio de Controladores Lógicos Programables (PLC por sus siglas en inglés), se deben abordar estas tecnologías, de manera explícita y lo más cercano a la realidad, durante la formación académica de los estudiantes de ingeniería relacionados a este ramo, como lo son en la mecatrónica y el mantenimiento industrial. Es por ello, que a través de esta propuesta de la implementación de un módulo didáctico PLC S7-1200, se busca proporcionar al alumno, la oportunidad de interactuar con el módulo a un nivel integral.

En algunos módulos de marca de prestigio ven como ventaja el cambio de conexiones eléctricas a solo conexiones rápidas, ya que permite que el alumno solo se centre en la programación, sin embargo, la conexión y desconexión de elementos ayudan al reconocimiento de los puertos así como los modos de conexión, por tal motivo, esta propuesta evita el uso de conexiones rápidas, logrando acercar a los alumnos a una práctica más completa para sus conocimientos. Como parte de la propuesta, la estructura para montar el módulo didáctico PLC S7-1200, está basada en perfil estructural de aluminio por su bajo costo, su resistencia al peso y la corrosión. También se ofrece un manual básico de prácticas para realizar en el módulo didáctico. Se busca que en un futuro próximo pueda ser implementada la propuesta, ya que se procuró un costo bajo.

## 2. Justificación

El contar actualmente con controladores como los son S7-1200 en la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC), es una ventaja competitiva para la formación de los alumnos, sin embargo, el no tener ubicados los controladores en un lugar fijo y la conexión/desconexión constante de dispositivos a sus terminales, aumenta la posibilidad de daños al equipo, demeritando así su vida útil en la Universidad.

Por tal motivo se busca plantear una propuesta económica, en donde se puedan realizar prácticas desde las más rudimentarias hasta las más complejas, procurando mantener las terminales de conexión del PLC protegidos del deterioro por conexión y desconexión de dispositivos, así como un diseño con disponibilidad para agregar aditamentos extra que mejoren la experiencia con el equipo.

## 3. Objetivo general

Diseñar un módulo didáctico de PLC S7-1200 que facilite el aprendizaje teórico-práctico y así satisfacer las necesidades de las distintas asignaturas que requieran el uso de este equipo dentro de la institución, permitiendo que los alumnos tengan una mejor preparación para el desenvolvimiento en el campo laboral relacionado con automatismos.

## 4. Objetivos específicos

- Determinar los componentes del módulo didáctico.
- Diseñar el módulo didáctico cumpliendo con las normas de ergonomía.
- Diseñar una guía de prácticas para la simulación de procesos industriales.
- Realizar una guía básica de mantenimiento para el modulo.

## 5. Desarrollo

El desarrollo del proyecto puede ser considerado en 4 etapas, cada una de ellas con actividades específicas.

### Etapa I

Es necesario determinar la intención de diseñar un módulo didáctico, así como las áreas que se verán beneficiadas con este proyecto. Esto tiene que considerarse ya que cada programa educativo cuenta con un perfil definido del alumno a egresar, ya que tienen competencias específicas que requieren adquirir los alumnos de acuerdo a cada carrera que se oferta.

Como primera etapa del proyecto se considera lo siguiente:

- Programas educativos afines al campo de la automatización que son ofertados por la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila.

- Examinar las competencias que se buscan cubrir con un aprendizaje práctico en dichos programas.
- Analizar las asignaturas de automatización y su contenido temático.
- Delimitar el proyecto.

La Universidad cuenta actualmente con 7 programas educativos a nivel Técnico Superior Universitario y 5 a nivel Ingeniería, sin embargo no todas cumplen con el perfil de automatización según sus competencias específicas declaradas, en la Tabla 1 se muestran los programas y competencias acordes al tema.

Programa Educativo	Competencias referentes a sistemas automatizados	específicas a sistemas
<b>Para T.S.U.</b>		
Mantenimiento área Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Apoya proyectos de automatización.</li> <li>– Desarrolla y conserva sistemas automatizados y de control en sistemas de manufactura.</li> <li>– Implementa sistemas automatizados y de control para instalar, poner en marcha y probar el funcionamiento del sistema.</li> <li>– Supervisa el mantenimiento a equipos automatizados y de control acorde a las normas, estándares de calidad.</li> </ul>	
Mecatrónica área Instalaciones Electricas Eficientes		
Mecatrónica área Sistemas de Manufactura Flexible		
<b>Para Ingeniería en</b>		
Mantenimiento Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Integra proyectos de innovación a los sistemas productivos con enfoque en la mantenibilidad mediante la utilización de nuevas tecnologías para mejorar la operatividad de la empresa.</li> <li>– Desarrolla proyectos de automatización y control, a través del diseño, administración y aplicación de nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades del sector productivo.</li> <li>– Diseña sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos a través de proyectos integradores, para automatizar y controlar los procesos productivos.</li> <li>– Desarrolla e innova sistemas de manufactura, estándares de calidad, ergonomía, seguridad y ecología para lograr la competitividad y rentabilidad de la organización con enfoque globalizado.</li> </ul>	
Mecatrónica		
Sistemas Productivos		

**Tabla 1** Competencias que se cubren con un Aprendizaje Práctico

Fuente: *Elaboración Propia*

Si bien existen asignaturas que hacen uso de la automatización para lograr un proyecto final, las principales asignaturas que hacen alusión al uso de este tipo de controladores son las que se muestran en la Tabla 2.

Programa Educativo	Principales asignaturas que hacen uso del PLC y HMI
<b>Nivel T.S.U.</b>	
Mantenimiento área Industrial	-Automatización y robótica
Mecatrónica área Instalaciones Electricas Eficientes	-Controladores Lógicos Programables
Mecatrónica área Sistemas de Manufactura Flexible	-Controladores Lógicos Programables -Manufactura flexible
<b>Nivel Ingeniería</b>	
Mantenimiento Industrial	-Sistemas automatizados y redes industriales -Visualización y control de procesos
Mecatrónica	-Control lógico avanzado -Sistemas de manufactura flexible
Sistemas Productivos	-Automatización de procesos

**Tabla 2** Principales asignaturas que hacen uso de PLC

Fuente: *Elaboración Propia*

Es de gran utilidad conocer que programas educativos podrían ser los beneficiados en caso de ser aceptado el proyecto para implementar. En esta sección queda demostrado el uso que puede llegar a tener un PLC en la UTNC, por lo que es un recordatorio de la importancia del cuidado de estos dispositivos y aunque se tiene pensado plantear un diseño económico, el diseño será propuesto para ser escalable.

## Etapa II

Durante esta etapa se realiza la planificación y cotización, ya que al ser un módulo didáctico se tiene que considerar un presupuesto bajo, pero se busca reunir componentes que resistan la rudeza de las continuas prácticas, las múltiples conexiones/desconexiones y manejo del módulo, así como los recursos necesarios para la implementación en caso de ser aceptado. En esta etapa se considera lo siguiente:

- Búsqueda de proveedores locales y/o nacionales.
- Cotización de material y dispositivos eléctricos.
- Mano de obra

Durante el desarrollo del proyecto surgieron una serie de cambios en la gestión de recursos por lo que fue necesario realizar diferentes cotizaciones e investigar sobre los diferentes tipos de materiales para la estructura, lo más conveniente era hacer contacto con proveedores locales lo cual dio un resultado positivo, en el ahorro de costes de componentes. La lista de los componentes cotizados es la que se muestra en la Tabla 3.

Cantidad	Unidad	Descripción
50	Piezas	Clema para cable gris
8	Piezas	Relevador de control 4pdt bobina 24vdc MY4N
8	Piezas	Base socket para relevador 4pdt
4	Metros	Canaleta ranurada 1.5 x 1.5 pulgadas color gris
3	Metros	Riel din
8	Piezas	Botón pulsador cuerpo de plástico con base sin contacto puede ser rojo, verde con leyenda según disposición
4	Piezas	Contacto para botón n.o.
4	Piezas	Contacto para botón n.c.
8	Piezas	Lámpara piloto 24vdc foco led verde o rojo
1	Paquete	Perfil estructural de aluminio 30x30x6000 mm, incluye accesorios
1	Pieza	Melamina 3/4 ”
1	Pieza	Cubrecanto papel melaminico 16 mm

**Tabla 3** Requerimientos para estructura y componentes  
Fuente: *Elaboración Propia*

Se considera como estrategia que sean alumnos de nivel ingeniería los que se encarguen de la construcción de los módulos didácticos durante su periodo de estadías, ya que la Universidad cuenta con área de talleres, en las cuales pueden adquirir destrezas así como habilidades en máquinas- herramientas y soldadura; con lo cual se lograría un ahorro por costo de fabricación.

### Etapa III

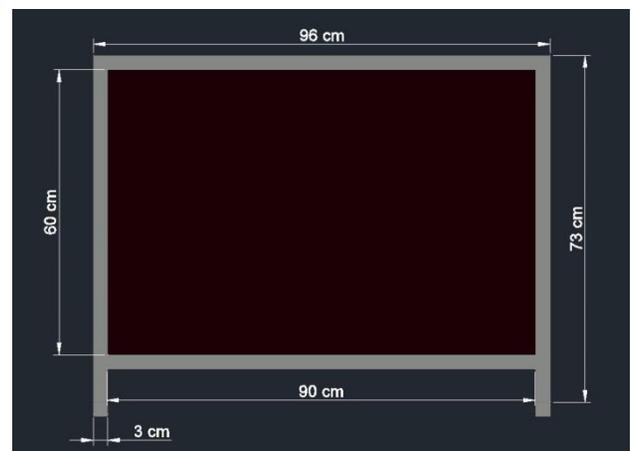
La tercera etapa se ocupa de la organización y proceso de diseño, esta etapa se decide la ubicación y forma del módulo, así como la determinación y acomodo de los componentes; siendo el proceso de diseño la parte fundamental para satisfacer principalmente el que sea funcional, para permitir al usuario el desarrollo de prácticas efectivas para su aprendizaje, y cómodo al cumplir con los parámetros de ergonomía para bancos de trabajo.

Se divide en las siguientes actividades:

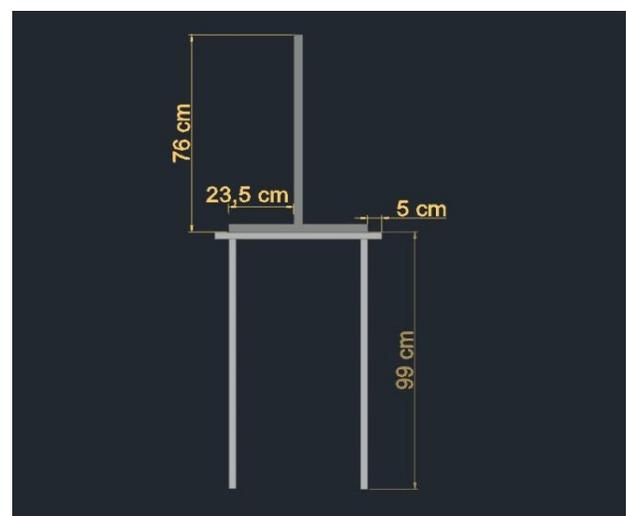
- Diseño estructural en software CAD
- Adaptación de componentes en el módulo.
- Descripción y hojas de datos de componentes.

El diseño propuesto para la estructura del módulo es el que se muestra en la Figura 1, además en la Figura 2, se hace notar el uso de una mesa sobre el cual ira soportada dicha estructura.

La altura máxima para manipulación sobre repisas o gabinetes suspendidos en postura bípeda es de 182.9 cm para los hombres y 175.3 cm para las mujeres (Rueda Ortiz & Zambrano Velez, 2013), por lo que se tomara como límite de altura de 175 cm para el modulo didáctico.

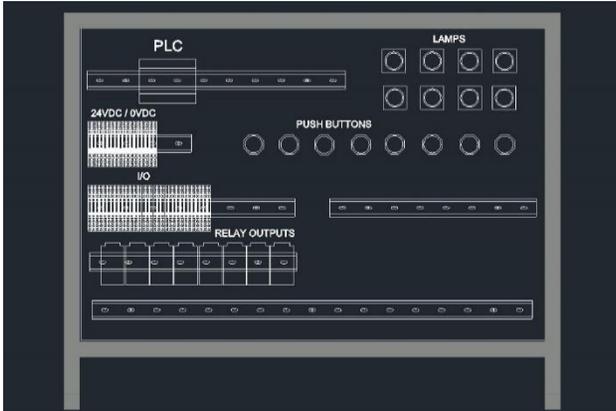


**Figura 1** Módulo didáctica vista frontal  
Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 2** Módulo didáctico montado sobre mesa vista lateral  
Fuente: *Elaboración propia*

La distribución de los componentes elegidos para el módulo se muestra en la Figura 3, nótese la disponibilidad para agregar más componentes si la práctica así lo requiere.



**Figura 3** Distribución de componentes en módulo  
Fuente: *Elaboración Propia*

A continuación en la Figura 4 se muestra un ejemplo de las hojas de datos que se preparó para colocar en el manual de operación del módulo.

### RIEL DE MONTAJE DIN

Especificaciones	
Longitud: 1 metro	
Anchura: 35 mm	
Material: Aluminio	
Fuente:	
<a href="http://mexico.newark.com/idec/baa1000/din-mounting-rail-35mm-aluminium/dp96B1269">http://mexico.newark.com/idec/baa1000/din-mounting-rail-35mm-aluminium/dp96B1269</a>	

**Figura 4** Hoja de datos  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Etapa IV

En esta etapa se busca ofrecer al departamento de talleres, una guía de operación y buenas prácticas de mantenimiento, para un óptimo aprovechamiento del módulo didáctico. Esta etapa se genera la guía de operación y mantenimiento a partir de:

- Compilación de los resultados obtenidos en las etapas 1,2 y 3.
- Generación de formatos básicos y procedimientos de mantenimiento a modulo y componentes.
- Listado de materiales con precios y proveedores.
- Preparación de manual básico de prácticas.

Después de agrupar los resultados obtenidos, se procedió a realizar procedimientos de mantenimiento al módulo y un formato general de inspección mensual el cual se muestra en el anexo 1. El contar con un manual básico de prácticas bajo los formatos de calidad de la Universidad, es de gran utilidad, ya que actualmente se está trabajando para lograr la certificación de 3 programas educativos a nivel TSU, de los cuales 2 de ellos se nombran en la Tabla 2. En el Anexo 2, se muestra una práctica ejemplo de las cuales se incluirán en la guía de operación del módulo didáctico plano para PLC S7-1200.

### 6. Resultados

Entre los principales logros en la propuesta del módulo didáctico PLC Siemens S7-1200 se encuentran el bajo costo de su inversión y la excelente respuesta por parte de los proveedores para la cotización y tiempos de entrega de los componentes, demostrando así la factibilidad en la realización del proyecto. Para la cotización del módulo didáctico se tomaron en cuenta proveedores locales y nacionales, con los cuales se economizó en el costo de los componentes y elementos, quedando en una suma de \$12,449.00 MXN.

### 7. Anexos

Formato de inspección de Modulo didáctico plano para PLC S7-1200			
Unidad inspeccionada:		Hora:	
Laboratorio:		Fecha:	
Responsable:			
Sistemas y Componentes	Observaciones		
<b>1. Sistema mecánico</b>			
Fijación de elementos	Fijo	Suelto	
1.1. PLC			
1.2. Clemas			
1.3. Relevadores			
1.4. Pulsadores			
1.5. Riel DIN			
1.6. Lámparas			
1.7. Cableado			
1.8. Estructura			
<b>2. Sistema eléctrico</b>			
2.1. Tensión de alimentación dentro de los rangos permitidos	SI	NO	
2.2. Tensión de las entradas y salidas del PLC dentro de los rangos permitidos			
2.3. Resistencia de los relevadores dentro de rangos permitidos			
<b>3. Sistema de diagnóstico S7-1200</b>			
Señales LED diagnostico			
3.1. Estado operativo del CPU	BUENO MALO		
3.2. Estado operativo de las entradas			
3.3. Estado operativo de las salidas			
3.4. Condición de los puertos del CPU			

**Figura 5** Formato de inspección mensual  
Fuente: *Elaboración Propia*

		<b>PRACTICAS</b>	
<b>REGISTRO</b>		F-ACA-12	
Carrera: Ingeniería en Mantenimiento Industrial		Cuatrimestre:	
Docente: M. I. Gerardo Rincón Maltos		Materia: Sistemas Automatizados y Redes Industriales	
Unidad temática: Sistemas con PLC		Horas: 2 horas	
Practica # : 2		Nombre: Arranque y paro con enclavamiento	
<b>Objetivo de la práctica</b>	El alumno comprenderá el propósito y aplicación de instrucciones de programación.		
<b>Desarrollo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar conexiones eléctricas necesarias para la práctica.</li> <li>2. Realizar transferencia de programación realizada en software.</li> <li>3. Realizar pruebas de funcionamiento.</li> <li>4. Realizar mediciones de voltaje antes de activar y después de activar el arranque.</li> <li>5. Realizar mediciones de voltaje una vez que es activado el botón de paro.</li> </ol>		
<b>Registro de datos, parámetros y observaciones</b>			

**Figura 6** Práctica ejemplo, parte 1.

Fuente: *Elaboración Propia*

<b>Conclusiones y Reportes de resultados</b>			
<b>Herramienta y equipo</b>	Módulo didáctico plano para PLC S7-1200, pinzas eléctricas, cable calibre #14, destornillador plano 1.4 mm, destornillador plano 3mm, destornillador Phillips ph0, destornillador Phillips ph1		
<b>Bibliografía a utilizar</b>	-Manual de sistema: Controlador programable S7-1200. SIEMENS. -Hoja de datos de los componentes eléctricos a utilizar. -Instrumentación industrial. Creus Sole. Alfaomega.		
<b>Elaboró:</b> M. I. Gerardo Rincón Maltos	<b>Revisó:</b> Ing. José Roberto Guajardo González	<b>Fecha:</b>	

**Figura 8** Práctica ejemplo, parte 2.

Fuente *propia*.

## 8. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila por los apoyos brindados.

## 9. Conclusiones

Se analizó cada uno de los componentes que conformarían el módulo didáctico para que cada estudiante tenga la facilidad de manipularlos, realizando las conexiones necesarias para efectuar la práctica programada.

Aunque se buscaba diseñar un módulo económico, este se pudo dejar abierto a mejoras, para aplicaciones más complejas. Sin embargo, al conocer el número de asignaturas que se ocupan de la automatización, esto da cabida a que sea fuertemente considerado aumentar la inversión. El módulo se complementó con la elaboración de guías prácticas para que los estudiantes adquieran las habilidades de programación en lenguaje escalera y de transferencia de programas al controlador.

Se vuelve a hacer énfasis en la cotización ya que se hicieron varios ajustes en el presupuesto, así como también en el modelo de tablero que se realizaba, logrando un precio de \$12,449.00 MXN y gracias a que se cuenta con elementos genéricos como los son las borneras de conexión, pulsadores y lámparas piloto, se puede disminuir el precio al ser sustituidas por alguna más económica.

## 10. Discusión

Fue necesario realizar más de una vez la cotización de los componentes, hasta conseguir lo deseado sin que esto afectara la calidad de los materiales. Fue así, que a base de cambios en el diseño, se obtuvo un módulo funcional, elaborado con una baja inversión, que permitiera realizar en su totalidad las prácticas de laboratorio.

El contar con módulos de entrenamiento fue pensado para el uso por alumnos, sin embargo, otro beneficio que se puede obtener al contar con este módulo es que puede ser utilizado en las “ferias tecnológicas”, eventos que se realizan en las instalaciones de la Universidad, haciendo muestra de proyectos y equipamiento a estudiantes de otras escuelas, posibles candidatos a ingresar.

## 11. Referencias

Candia García, F., Galindo López, V., Carmona Rendón, J., & González Hernández, A. (2016). Tablero de PLC, para capacitación en el trabajo. Pistas Educativas Vol. 38, Núm. 119, 2-19.

Cañar Aguirre, D. A. (Agosto de 2015). Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3424>

Cárdenas Jaime, R. G., & Villacís Macías, J. Z. (2015). Diseño e implementación de modulo didáctico (Tablero Metálico) para prácticas de laboratorios de controles industriales con aplicaciones en arranque e inversión de giro de motores. Recuperado el 28 de Septiembre de 2017, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10406>

Cruz Guzmán, G., Chagolla Gaona, H., Barrera Navarro, A., Silva Peñaloza, R., Rangel Miranda, D., & Hernández Padrón, G. (2016). Diseño e implementación de prototipo de máquina automatizada, para mezclado de poliestireno reciclado y arcilla. *Pistas Educativas* Vol. 38, Núm. 120, 21-36.

Cuenca Tinitana, J. C., & Maldonado Quezada, O. X. (2015). Diseño e implementación de un tablero simulador para PLC Siemens s7-1200 y desarrollo de guías de prácticas. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de [Dspace.unl.edu.ec: http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11850](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11850)

Cuevas-Bracamontes, Lydia, Valle-Bahena, Silvia, Zagal-Barrera, Sergio Ricardo y Mena-Salgado, Enrique. *Realidad Virtual: Impacto de las NTIC en la promoción institucional*. *Revista del Desarrollo Tecnológico* 2017, 1-4: 27-34

Flores Iturralde, J. E., & Pucha Yucailla, G. F. (2012). Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para Simular Procesos de Control, Utilizando un Software de Interfaz HMI y PLC. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de [Dspace.esPOCH.edu.ec : http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1949](http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1949)

Guzman, A. (2011). Tablero Didáctico de PLC. *Tec-Magazine* (Vol. 2 No. 1), 185-196.

Magos Rivera, M., Lara Chávez, J. A., Gutiérrez Flores, Z. E., Figueroa Sánchez, M. Á., Ramírez Zúñiga, R. M., & Farfán Espinoza, D. A. (2016). Tablero didáctico para prácticas con controladores lógicos programables. *Pistas Educativas*, Vol. 38, Núm. 120, 77-93.

Magos Rivera, M., Lara Chávez, J. A., Rodríguez Alvarad, L. W., Loyo Quijada, J., & López Ontiveros, M. Á. (2016). Automatización de un sistema didáctico para estudios de tiempos y movimientos. *Pistas Educativas* Vol. 38, Núm. 120, 37-53.

Maldonado Correa, J. L., Aguilera Díaz, D. A., Armijos Ruiz, V. R., & Edder Emilio, C. A. (2011). Diseño y construcción de un tablero de control y mando de motores, con el sistema electromecánico y sistema digital (PLC). Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de [dspace.unl.edu.ec: http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18049](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18049)

Manzanares Ordoñez, F. J., & Lezama González, N. R. (2016). Tablero didáctico basado en controlador lógico programable (PLC), para los laboratorios de la asignatura de accionamiento eléctrico en la carrera de ing. electrónica de la UNAN-Managua. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de [repositorio.unan.edu.ni: http://repositorio.unan.edu.ni/3168/](http://repositorio.unan.edu.ni/3168/)

Ortega, L. M. (22 de Noviembre de 2017). Repositorio Digital UTN. Recuperado el 4 de Diciembre de 2017, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7573>

Padilla Padilla, J. G., & Vaca Anchaluiza, S. J. (Diciembre de 2013). Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2980>

Pillapa Tibanquiza, Ó. W., & Hurtado Guambingo, E. G. (2010). Diseño, construcción e implementación de tableros didácticos para el laboratorio de control eléctrico y PLC de la ESPE Extensión Latacunga. Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de [Repositorio.espe.edu.ec: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4422](http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4422)

Rueda Ortiz, M. J., & Zambrano Velez, M. (2013). *Manual de ergonomía y seguridad*. México: Alfaomega.

SIEMENS AG. (2009). Controlador programable S7-1200 Manual de sistema. Recuperado el 14 de NOVIEMBRE de 2017, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

SIEMENS AG. (2012). Controlador programable S7-1200 Manual de sistema. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20Manual%20Sistema%20Abr12.pdf>