

# Diseño e implementación de un módulo didáctico con PLC, para la programación de salidas digitales.

Luis Miguel Angulo Ortega

*Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas*

luismiguelangulo@hotmail.com

*Resumen*— Este proyecto describe el diseño y la implementación de un módulo didáctico con PLC para realización de prácticas con salidas digitales. En una primera parte se conceptualiza a los autómatas programables en general, para después especificar al controlador S7 1200, marca, periféricos, herramientas de programación, puertos de comunicación, entre otros. En una segunda parte se describe el proceso de diseño y construcción del módulo didáctico, justificando cada una de sus partes por medio del criterio técnico de selección, para después indicar la elaboración de prácticas realizadas con el equipo.

## I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas automáticos de la actualidad necesariamente se incluye los conocimientos basados en computadoras. El uso del PLC como equipo de procesamiento informático posee características adecuadas para el trabajo industrial. Gracias a una gran gama de funciones su demanda al igual que su estudio posee una importancia considerable en las carreras que se relacionan con el control de procesos.

En la elaboración de este proyecto se pretende construir una herramienta de capacitación continua basada a las salidas digitales de los autómatas programables, para los estudiantes de ingeniería eléctrica a fin de alcanzar nuevos conocimientos, complementarios para técnicos que pretenden obtener un desarrollo más eficiente para el campo profesional.

Para la selección de los equipos que hacen parte del módulo didáctico se debe contar con criterios de selección técnico que permite escoger dispositivos que se adaptan de la forma más correcta a los requerimientos determinados, entre estos siendo el principal la facilidad de manejo, pero a la mismo tiempo la gran versatilidad del equipo.

## II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Los contenidos en este proyecto quedan estructurados de forma tal que en una primera parte se expliquen las generalidades de los autómatas programables para seguidamente, aplicar los parámetros de selección y realizar la construcción e implementación del módulo didáctico.

### A. Generalidades de los autómatas

El PLC se puede describir como el cerebro de un sistema o planta de tipo automático, su trabajo consiste en hacer funcionar de forma lógica e inteligente a todo un proceso industrial, su funcionamiento se complementa con elementos o dispositivos sensores que emitan señales de acuerdo a diferentes estados en variables para la ejecución de operaciones pre configuradas o programadas por el usuario y envía señales eléctricas para dar órdenes a elementos actuadores que produzcan cambios directos en el resultado del sistema. “Ver [11]”

### B. Estructura del PLC

El PLC se compone de cuatro unidades funcionales

- Unidad de memoria
- Unidad lógica
- Unidad de salidas
- Unidad de entradas

Cada una de las unidades tienen una función específica y sin estas el control no se llevaría a cabo de correctamente. Tanto la emisión como recepción de señales, son de tipo eléctricas y estas difieren en sus características (voltaje, intensidad.) según el tipo de controlador a usar, el control se lo realiza por medio de órdenes preestablecidas y que han sido almacenadas dentro de una memoria para obtener acciones externas.

Es necesario realizar un análisis del proceso de control a realizar, para determinar el autómata que más se adapta a los requerimientos establecidos. “Ver [11]”

### C. Tipos de controladores

Los controladores pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Modulares
- Compactos

La diferencia entre estos dos grupos radica en la estructura física, los autómatas modulares pueden incrementar sus propiedades técnicas por medio de adaptación a otros elementos, mientras que los de tipo compacto contiene propiedades físicas de forma específica y estas no pueden incrementarse. “Ver [6]”

TABLA I

VENTAJAS Y DESVENTAJAS CONTROLADORES MODULARES

Controladores lógicos programables modulares	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• En posibles fallas las partes afectadas pueden ser reemplazadas individualmente.</li><li>• Las características generales son construidas por el usuario del equipo por medio de la adaptación de los diferentes módulos.</li><li>• Por el avance tecnológico hoy en día se pueden encontrar módulos como un autómata compacto completo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Son equipos que muestran mayor complejidad para instalación y mantenimiento.</li><li>• Mayor uso de espacio físico.</li><li>• Costos más altos por la adquisición de los diferentes módulos por separado.</li></ul>

TABLA II

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CONTROLADORES COMPACTOS

Controladores lógicos programables compactos	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecen la potencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos.</li> <li>• Espacio físico reducido.</li> <li>• Pueden relacionarse con módulos de expansión.</li> <li>• Bajos costos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiendo del modelo existen características insuficientes para la realización de ciertas funciones.</li> <li>• Posibles fallas en alguna parte del controlador pueden afectar a todo equipo teniendo que ser remplazado en su totalidad para solucionar el problema.</li> </ul>

*D. Señales de operación*

Los autómatas programables pueden trabajar con señales digitales y/o analógicas y tomar decisiones de acuerdo a un programa previamente establecido. La estructura de los PLC´s está conformada por entradas y salidas físicas para la adquisición y entrega de señales, la configuración es seleccionable de acuerdo a los requerimientos del usuario, Para la construcción del módulo didáctico, se debe manejar los dos tipos de señales. Es decir debe tener configuraciones digitales y analógicas.

*E. Comunicación industrial*

Los autómatas pueden incorporar puertos de comunicaciones seriales con distintos estándares. Pero la velocidad y distancia para la transmisión de datos son factores que influyen en la

selección del tipo de comunicación. Entre los puertos más conocidos están:

- PUERTO RS-232 (Transmisión de señales en un sentido)
- PUERTO RS-485 (Transmisión en doble sentido pero con sistemas más robustos)
- Ethernet (Es tecnología estandarizada por la norma IEEE-802.3 para conexión de redes de área local (LAN), y transmisión de información entre computadoras en diferentes velocidades.) “Ver [8],[9]”

*F. Programación*

El estándar internacional IEC 61131 define siguientes lenguajes de programación para PLC:

*1) Instruction list (IL)*

Es la representación en forma de texto del lenguaje “Ladder”.

```
LD BotonPartir
OR Motor
AND NOT BotonParar
OUT Motor
```

Fig. 1 Instructions list programación, introducción a la programación

*2) Ladder (escalera)*

Es un lenguaje de programación gráfico, está basado en los clásicos esquemas de control eléctricos con relé.



Fig. 2 Ladder (escalera) programación, introducción a la programación

### 3) "Function block diagram"

Es un lenguaje gráfico, que describe una función entre las variables de entrada y variable de salida, como un conjunto de bloques elementales, que están conectados por líneas de conexión.

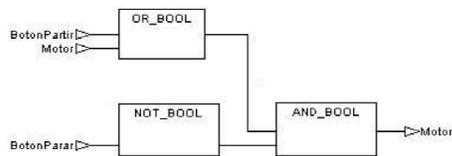


Fig. 3 Function Block Diagram programación, introducción a la programación

### 4) "Structured text"

Es un lenguaje de alto nivel, es estructurado en bloques y sintácticamente similar a Pascal.

```
IF ( BotonPartir OR Motor ) AND NOT BotonParar THEN
  Motor := TRUE;
ELSE
  Motor := FALSE;
END_IF;
```

Fig. 4 Structured text programación, introducción a la programación

El equipo a utilizar en la construcción del módulo didáctico, debe contar con la facilidad de poder ser programado en todos los lenguajes vistos. "Ver [7]"

### G. Implementación de PLC para módulo didáctico.

Proyectando las características del módulo didáctico a construir, es necesario seleccionar un fabricante específico en autómatas programables más reconocido en la localidad, es SIEMENS el cual abarca dos submarcas; LOGO y SIMATIC.

### H. SIMATIC

Es uno de los sistemas de automatización industrial más destacados del mundo. Incluye una gama de productos que están diseñados para permitir una gran variedad de tareas, estos están divididos por familias como LOGO y S7.

Desde los primeros lanzamientos de la familia S7 en los años 90's destacaron los autómatas 200, 300 y 400 resultando ser equipos muy versátiles. Pero a pesar de esto los lanzamientos al mercado de S7 1200 y 1500, presentan mejoras en las características de comunicación y software de programación. El primero de esto mencionado es el seleccionado para la construcción del módulo didáctico.

El PLC SIMATIC S7-1200 es un autómata modular, compacto y versátil diseñado para una amplia gama de aplicaciones. Su diseño escalable y flexible así como sus interfaces de comunicación alineadas a los más altos estándares de comunicación industrial, hacen de este controlador parte integral de la solución. "Ver [13], [14]"

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, profinet integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. "Ver [6]"



Fig. 5 Plc S7 1200

El PLC S7 1200 puede ser adaptado con módulos de señales y comunicación.

### 1) Módulos de señales

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a las CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU. “Ver [13], [14]”

Los diferentes módulos de señales existentes son:

#### De Señales Digitales

- Entradas digitales SM 1221 de 8 Y 16 DI.
- Salidas digitales SM 1222 de 8 y 16 DQ.
- Entradas/salidas digitales SM 1223 de 8 DI/8DQ y 16 DI/DQ.

#### Módulos De Señales Analógicos

- Entradas analógicas SM 1231 de 4 y 8 AI.
- Salidas analógicas SM 1232 de 2 y 4 AQ.
- Entradas y salidas analógicas SM 1234 de 4 AI y 2 AQ.

### 2) Módulos de Comunicación

“La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación: RS232 y RS485 “Ver [13], [14]”

El CPU incorpora el puerto de conexión a Ethernet, por lo que no se sumó ningún módulo de comunicación, mientras

que para el trabajo con señales analógicas se incorpora el SM1234 AI 4 / AQ 2, para satisfacer los requerimientos establecidos para el equipo de entrenamiento.

La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación: RS232 y RS485. “Ver [13], [14]”

El CPU incorpora el puerto de conexión a Ethernet, por lo que no se sumó ningún módulo de comunicación, mientras que para el trabajo con señales analógicas se incorpora el SM1234 AI 4 / AQ 2, para satisfacer los requerimientos establecidos para el equipo de entrenamiento.

### I. Señales digitales

Para el presente trabajo de investigación se prioriza el manejo de la señales digitales las cuales son denominadas así por sus dos posibles estados “on” y “off” o “1” y “0” lógicos.

#### 1) Entradas Digitales

Las entradas digitales son aquellas que adoptan siempre un valor fijo, es decir todo o nada. Esto es para este caso, tensión o ausencia de la misma, contacto abierto o contacto cerrado.

“Ver [1]”

En los controladores lógicos, este valor es de tensión y su valor depende de la tensión de alimentación, puesto que la entrada digital se realiza desde la tensión de entrada.

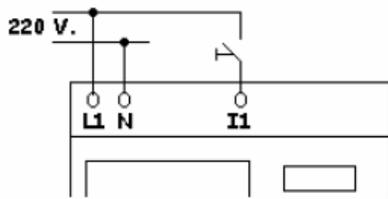


Fig. 6 Conexión de entradas digitales

## 2) Salidas digitales

Las salidas digitales son aquellas que funcionan con todo o nada, es decir en los bornes de salida existe o no existe tensión y pueden ser de dos tipos.

- Relé. (Salida con contacto libre de potencia.)
- Transistor. (los receptores se conectan directamente)

“Ver [1]”

## J. Herramientas de programación

Actualmente la última generación de PLC, SIMATIC S7, junto con sus herramientas de programación STEP 7 y TIA Portal (Totally Integrated Automation); constituye un sistema único de control que permite desde desarrollar la ingeniería, puesta en marcha, hasta la operación y monitorización de todos los accionamientos y componentes de automatización.

Con el compromiso de SIMATIC para con la automatización plenamente integra (TIA: Totaly Intégrate Automation), los productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización, además ofrece la potencia necesaria para

controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización.

Totally Integrated Automation ha sido desarrollado para satisfacer de manera óptima todos los requisitos posibles y está abierto a estándares internacionales y sistemas de otros fabricantes. “Ver [6]”

## III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Aquí se explica la construcción del módulo didáctico: los materiales que se utilizaron con criterio de selección, el diseño del módulo, así como también las prácticas a realizar en base a entradas digitales.

### A. Selección del CPU

Los PLC’s SIMATIC S7-1200 cuentan con diferentes modelos de CPU, estos pueden ser seleccionados de acuerdo a las funciones para las que se los requieran. Las características de estos difieren entre sí, por lo que es necesario acudir al manual de usuario para compararlos y así seleccionar el más conveniente.

TABLA I

IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CPU 1212C

Función	CPU 1211C	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB
	Carga	1 MB
	Remanente	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas
	Analógico	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes
Área de marcas (M)	4096 bytes	4096 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)	Ninguna	2
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)	3	3

Tras seleccionar el modelo del CPU es necesario conocer los parámetros eléctricos con los que trabaja el dispositivo, aquí se encuentra una clasificación de CPU's 1212C caracterizada por los datos técnicos del equipo como: rango de tensión de alimentación, tipos de salidas digitales entre otros.

TABLA II  
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CPU 1212C

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé
Referencia	6ES7 212-1BE31-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75
Peso de envío	425 gramos
Disipación de potencia	11 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé	
Rango de tensión	85 a 264 V AC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	
Intensidad de entrada (carga máx.)	sólo CPU	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC
	CPU con todos los accesorios de ampliación	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	
Aislamiento (alimentación de entrada a lógica)	1500 V AC	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	
Tiempo de mantenimiento (pérdida de alimentación)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta	

### B. Consumo de corriente

El valor de corriente de consumo varía de acuerdo a cuantos módulos de comunicación y módulos de señales se utilicen, el CPU 1212C tiene la posibilidad de conectar hasta un máximo de dos módulos de comunicación SM sin considerar la

corriente disponible, así mismo se tiene la capacidad de conectar hasta tres módulos de comunicación antes de considerar el uso de una fuente de 24V DC externa.

### C. Diseño del tablero

#### 1) Alimentación eléctrica general y protecciones del módulo didáctico.

El PLC puede tener una alimentación tanto con 120v como con 240v A.C.; al seleccionar un voltaje el controlador tendrá comportamientos diferentes en sus entradas y salidas. El voltaje seleccionado para la operación del módulo didáctico es de 240v, aunque internamente la alimentación eléctrica del autómatas es 120v.

El autómatas cuenta con un fusible interno de 3A en alimentación de 250v, de acción lenta. Con la alimentación de 120v para el autómatas se ha seleccionado un fusible de 2A y un breaker de 20A.

#### 2) Parte externa

Es la cara frontal del módulo didáctico, con la que trabaja el estudiante en las diferentes prácticas. Su importancia está basada en la relación directa con el equipo, por esta razón necesaria la respectiva señalización e identificación en cada una de sus partes. Está dividida, en secciones de acuerdo a las entradas y salidas correspondientes del autómatas.

#### 3) Parte interna

Está dividida en tres partes, rodeadas por canaletas de 25x25x20mm, con el fin de que cada una de las divisiones

internas tenga la posibilidad de conexión con cable desde todas las direcciones posibles. La primera división indica alimentación eléctrica para los elementos del módulo didáctico con rangos de voltaje 220V AC, 120V AC, 24V DC y 10V DC. También diferentes breakers de protección, además de borneras para conexión. En la segunda división de la parte interna se encuentran los relés, para la activación de las salidas digitales, su posición se justifica por tener la menor distancia a las borneras del autómat. La tercera división contiene exclusivamente borneras que permiten todas las conexiones de la parte interna con la parte externa del módulo didáctico.

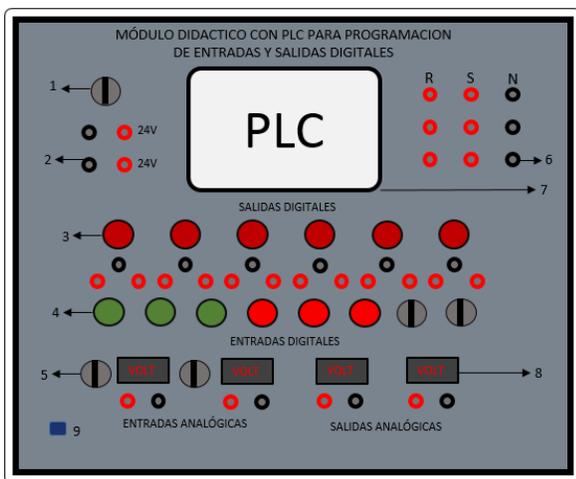


Fig. 7 Diseño de vista exterior del módulo con PLC



Fig. 8 Diseño de vista interior del módulo con PLC

#### D. Construcción del tablero

El tablero consta con estandarizaciones locales a fin de que el modulo didáctico tenga una presentación estética, acorde a otros tableros existentes en el laboratorio de Educación técnica.

##### 1) Entradas digitales

Es posible apreciar el diagrama de conexión para las entradas digitales, que en el módulo didáctico son activadas por los pulsadores y selectores.

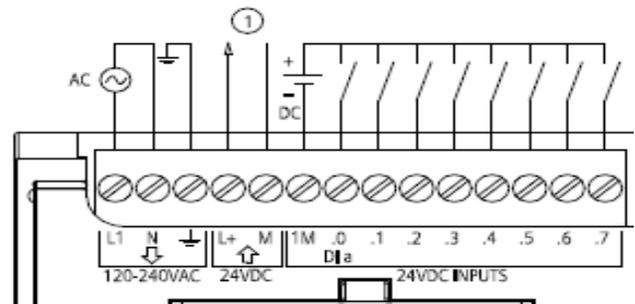


Fig. 9 Diagrama de cableado para entradas digitales CPU 1212C AC/DC/RELE

##### 2) Entradas analógicas

La entrada será encendida con el selector de tres posiciones a fin de poder escoger entre la regulación de voltaje interna.

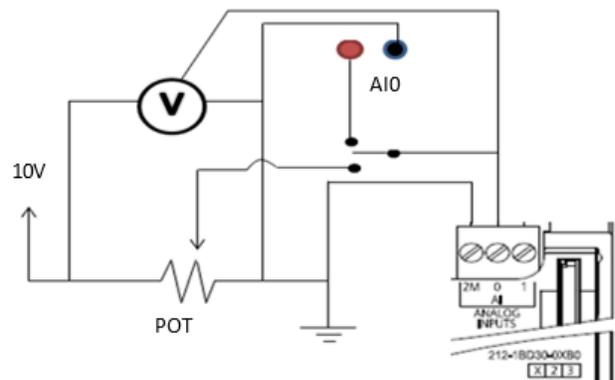


Fig. 10 Cableado para entradas analógicas CPU 1212c

### 3) Salidas digitales

La activación de los terminales será indicada con el encendido de las luces piloto según corresponda al contacto determinado. De igual manera el manual del controlador posee valores establecidos para las salidas digitales; el modulo didáctico conecta a las salidas digitales con las bobinas de los relés externos (120v).

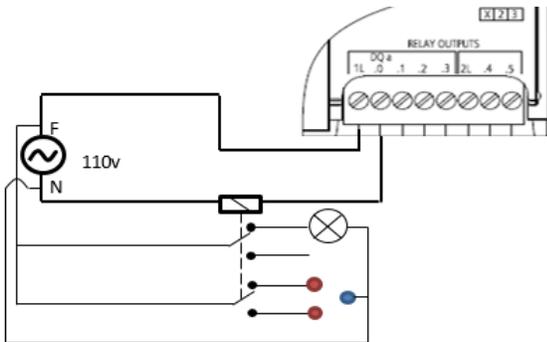


Fig. 11 Cableado para las salidas digitales CPU 1212c AC/DC/RELE

### 4) Salidas digitales

Para salidas analógicas debemos tomar como referencia el diagrama de conexión del módulo de expansión de cuatro entradas y dos salidas SM1234.

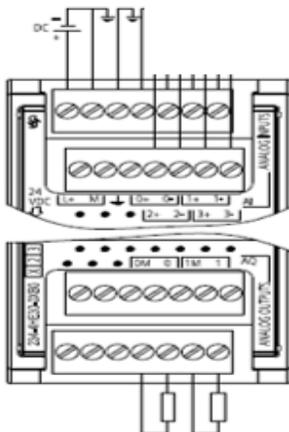


Fig. 12 Cableado para entradas de salidas analógicas SM 1234

## IV. CONCLUSIONES

En la selección de un autómata para un sistema de automatización es imprescindible determinar las propiedades del equipo a utilizar, entre las características más importantes de los PLC's están, la estructura física (marca de fábrica, alimentación eléctrica, tipo de CPU, espacio físico, número de entradas y salidas), los tipos (compactos y modulares), las señales de operaciones (digitales y analógicas), la comunicación industrial (buses de alta, media y baja comunicación) y la interfaz humano máquina (Software de programación, control y monitorización).

Como resultado del diseño y construcción, el equipo de entrenamiento cuenta características dinámicas y sencillas al mismo tiempo, de peso muy liviano y compacto, estructurado en un gabinete de tipo industrial, que permite la elaboración de prácticas evitando la manipulación directa con el autómata, relés, fuente de alimentación y dispositivos de protección, esto alarga la vida útil de los elementos.

Como garantía de la correcta construcción del módulo didáctico se realizan varias prácticas mostradas con el equipo estas permiten familiarizar al estudiante con el software de programación, con los comandos de estado biestable y de temporización, además permiten diferenciar las programaciones lineales y estructuradas. El modulo didáctico puede ser considerado como un genérico básico de los equipos implementados en el laboratorio, este puede ser utilizado con algunas materias vistas en la carrera como automatización industrial, circuitos digitales, instrumentación, sistema de

control, entre otros. Así se muestra como un elemento de complemento importante para la ingeniería eléctrica y otras relacionadas.

## RECONOCIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial A Dios, el ser supremo y creador de todas las cosas, a mis Padres: Sr. German Angulo y Sra. Gloria Ortega, un infinito agradecimiento al Ing. Pablo Méndez director de carrera y de este trabajo investigativo. Muchas gracias para cada uno de los profesores, docentes, licenciados e ingenieros participantes con la información formación necesaria, un agradecimiento especial para Hernán Pérez, Ramiro Flores, Claudio Otero, Mauricio Vásquez, Ricardo Araguillín, Fernando Montenegro y Andrés Benavidez.

## REFERENCIAS

- [1] ÁLVAREZ M. (2007) *Controladores Lógicos*, Barcelona: Marcombo.
- [2] ARAGONES, Oriol Boix (1998), *Automatismos eléctricos Programables*, Edición UPC, Barcelona, España
- [3] BALCELLS J., ROMERAL J. *Autómatas Programables*, Barcelona: Marcombo.
- [4] BENITEZ G. (2014) (*Licenciatura en ciencias de la educación*). Universidad Tecnológica Indoamerica. Ambato, Ecuador.

- [5] CANGAS M. (2015) (*Tesis de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico*). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- [6] CASTRO J., GARCIA D. (2011) (*Tesis de ingeniería en electromecánica*). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- [7] HIDALGO K. (2012) (*Tesis de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones*). Universidad Tecnológica Israel. Quito, Ecuador.
- [8] LOPEZ E. *Ingeniería en Microcontroladores Protocolo RS-485, i-micro*.
- [9] MURCIA M. *Puerto Serie RS-232*, ITIG
- [10] POZO A., MOLINA E. (2010) (*Tesis de ingeniería en sistemas informáticos*). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- [11] RAMA ESTUDIANTIL IEEE DE LA UCSA (2012), *Manual PLC general preparado*, IEEE.
- [12] RECALDE S. (2012), *Didáctica general*. Cotacachi, Ecuador.
- [13] SIEMENS, (2012). *Manual de usuario SIMATIC S7 1200*.
- [14] SIEMENS, (2011). *Profinet*, Siemens A. G.

# Design and implementation of a training module with PLC programming for digital outputs.

Luis Miguel Angulo Ortega

*Technical University North, FICA*

luismiguelangulo@hotmail.com

*Summary*—This project describes the design and implementation of a training module with PLC for practical work with digital outputs. The first part indicates the automation systems it is conceptualized in general, then specify the S7 1200 controller, peripherals, programming tools, communication ports, among others. The second part describes the design process and construction of the training module, justifying each of its parts through technical selection criteria, then indicate the development of practices undertaken for the equipment.

## I. INTRODUCTION

In automated systems necessarily present knowledge-based computers is included. The use of PLC as computer processing equipment has features suitable for industrial work. Thanks to a wide range of functions demand as its study has considerable importance in careers that are related to process control.

In the preparation of this project it is to build a tool for continuous training based on the digital outputs of programmable controllers, for electrical engineering students to achieve new knowledge, complementary to technicians who seek a more efficient development for the field professional.

For the selection of the teams that are part of the training module should have technical criteria to be selected from devices that fit in the most correct way to certain requirements, among these being the main ease of use, but the while the great versatility of the team.

## II. DEVELOPMENT OF CONTENTS

The contents of this project are structured so that a first part an overview of the automation systems for explaining then apply the selection parameters and perform the construction and implementation of the training module.

### A. Overview of automata

The PLC could be described as the brain of a system or plant automatic type, your job is to run in a logical and intelligent whole industrial process, its performance is complemented by elements or sensing devices that emit signals according to different in varying states for the execution of pre-configured or programmed by the user and sends electrical signals to command actuators that produce direct changes in the outcome of system operations. "See [11]"

### B. Structure of PLC

The PLC consists of four functional units

- Memory Unit
- Logic Unit
- Unit outputs
- Unit tickets

Each of the units have a specific function without such control would not be carried out properly. Both the emission and reception of signals are of electric type and these differ in their characteristics (voltage, current.) Depending on the type of driver to use, control is performed by means of preset orders and that have been stored in a memory for external actions.

It is necessary to analyze the control process to be performed to determine the controller best suited to the requirements established . "See [11]"

### C. Tipos de controladores

Controllers can be divided into two main groups:

- Modular
- Compacts

The difference between these two groups lies in the physical structure, modular controllers can increase their technical properties through adaptation to other elements, while the compact type contains physical properties specifically and these cannot be increased. "See [6]"

TABLE I

MODULAR CONTROLLERS ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Modular Programmable logic controllers	
Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possible failures in the affected parts can be replaced individually.</li> <li>• The general characteristics are user equipment built by adapting the different modules.</li> <li>• For the technological advances nowadays you can be found modules as a complete compact controller.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipment's are showing greater complexity for installation and maintenance.</li> <li>• Increased use of physical space.</li> <li>• Highest for the acquisition of different modules separately costs.</li> </ul>

TABLE II

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF COMPACT CONTROLLERS

Compact programable logic controllers	
Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide the power needed to control a variety of devices.</li> <li>• Reduced physical space.</li> <li>• Can relate to expansion modules.</li> <li>• Low costs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depending on the model there are insufficient for performing certain functions characteristics.</li> <li>• Possible flaws in some of the controller can affect any equipment having to be replaced in its entirety to solve the problem.</li> </ul>

D. Operating signals

PLCs can work with digital and / or analog signals and make decisions according to a previously established program. The structure is made up PLC's physical inputs and outputs for signal acquisition and delivery, configuration is selectable according to user requirements for the construction of the training module, you must handle both types of signals. It must have digital and analog configurations.

E. Comunicación industrial

PLCs can incorporate serial communications ports with different standards. But the speed and distance for data transmission are factors that influence the selection of the type of communication. Among the best known ports they are:

- RS- 485 ( two-way transmission but with more robust systems )
- Ethernet Ethernet (technology is standardized by the IEEE - 802.3 standard for connecting local area networks (LAN), and transmission of information between computers at different speeds.) “See [8 ], [9]”

F. Programming

The international standard IEC 61131 defines following programming languages for PLC:

1) Instruction list (IL)

It represents Text Language

“Ladder”.

```
LD BotonPartir
OR Motor
AND NOT BotonParar
OUT Motor
```

Fig. 13 Instructions list programación, introducción a la programación

2) Ladder

It is a graphical programming language, is based on the classic schemes of electrical control relay.



Fig. 14 Ladder (escalera) programación, introducción a la programación

- RS- 232 (Transmission of signals in one direction )

### 3) "Function block diagram"

It is a graphic language that describes a function between input variables and output variable as a set of building blocks, which are connected by connecting lines.

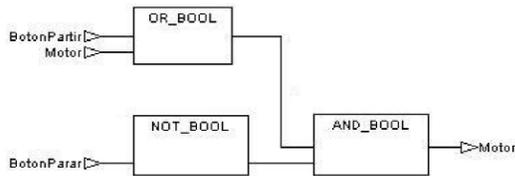


Fig. 15 Function Block Diagram programación, introducción a la programación

### 4) "Structured text"

It is a high-level language is block structured and syntactically similar to Pascal.

```
IF ( BotonPartir OR Motor ) AND NOT BotonParar THEN
    Motor := TRUE;
ELSE
    Motor := FALSE;
END_IF;
```

Fig. 16 Structured text programación, introducción a la programación

The equipment used in the construction of the training module, you must have the facility to be programmed in all languages seen. "See [7]"

### G. Implementation of training module for PLC.

Projecting the characteristics of the training module to build, you need to select a specific manufacturer best known programmable controllers in the town, is SIEMENS which includes two sub-brands; LOGO and SIMATIC.

### H. SIMATIC

It is one of the world's foremost industrial automation systems. It includes a range of products that are designed to allow a variety of tasks, these are divided into groups as LOGO and S7.

Since the first releases of the S7 family in the 90's stressed PLCs 200, 300 and 400 proving to be very versatile equipment. But despite this market launches S7 1200 and 1500, have improved the communication features and programming software. The first of this mentioned is selected for construction of the training module.

The SIMATIC S7-1200 is a modular, compact and versatile controller designed for a wide range of applications. Its scalable and flexible design as well as its communication interfaces aligned to the highest standards of industrial communication, make this controller an integral part of the solution. "See [13], [14]"

The CPU incorporates a microprocessor, integrated power supply, input and output circuits, integrated profinet, E / S motion control and high-speed analog inputs incorporated. After downloading the program, the CPU contains the logic required to monitor and control devices application. "See [6]"



Fig. 17 Plc S7 1200

The S7 PLC 1200 can be adapted with signal modules and communication.

### 1) Signal modules

Los Signal modules can be used to add functionality to the CPU. Signal modules connect to the right of the CPU. "See [13], [14]"

The different modules of existing signals are:

#### Digital Signals

- Digital Inputs SM 1221 de 8 Y 16 DI.
- Digital Outputs SM 1222 de 8 y 16 DQ.
- Digital Outputs/Inputs SM 1223 de 8 DI/8DQ y 16 DI/DQ.

#### Analog Signals

- Analog Inputs SM 1231 de 4 y 8 AI.
- Analog Outputs SM 1232 de 2 y 4 AQ.
- Analog Inputs and outputs SM 1234 de 4 AI y 2 AQ.

### 2) Communication Modules

"The S7-1200 range provides communication modules (CMs) that provide additional functions for the system. There are two communication modules: RS232 and RS485 "See [13], [14]"

The CPU incorporates the connection port Ethernet, so no communication module is not added, while for working with analog signals he joined the SM1234 AI 4 / AQ 2, to meet the requirements established for training equipment.

The S7-1200 range provides communication modules (CMs) that provide additional functions for the system. There are two communication modules: RS232 and RS485. "See [13], [14]"

The CPU incorporates the connection port Ethernet, so no communication module is not added, while for working with analog signals he joined the SM1234 AI 4 / AQ 2, to meet the requirements established for training equipment.

### 3) Digital Signals

Para el presente trabajo de investigación se prioriza el manejo de la señales digitales las cuales son denominadas asi por sus dos posibles estados "on" y "off" o "1" y "0" lógicos.

### 4) Digital Inputs

The digital inputs are those who always take a fixed value, that is all or nothing. This is for this case, stress or lack thereof, contact open or closed contact. "See [1]"

In logic controllers, this voltage value is and its value depends on the supply voltage, since the digital input is from the input voltage.

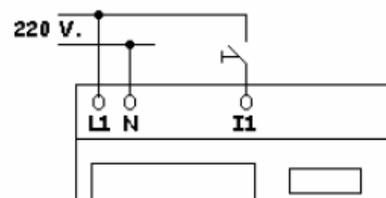


Fig. 18 Conexión de entradas digitales

### 3) Digital Outputs

The digital outputs are those that work with all or nothing, ie at the output terminals or not there is tension and can be of two types.

- Relay. (Output with potential free contact.)
- Transistor. ( Receivers are connected Directly ) “See [1]”

### I. Programming Tools

Currently the latest generation of PLC , SIMATIC S7 , along with their tools STEP 7 and TIA Portal (Totally Integrated Automation ) programming; It is a unique control system that allows for developing the engineering , commissioning , to operation and monitoring of all drives and automation components.

With the SIMATIC commitment towards fully integrated automation (TIA : Totally Integrate Automation) , the S7-1200 products and programming tool STEP 7 Basic provides the flexibility to meet the different needs of automation also provides the power for control a variety of devices for different automation needs .

Totally Integrated Automation has been developed to optimally meet all requirements and open for international standards and third-party systems. “See [6]”

### III. DEVELOPMENT OF THE PROPOSAL

Here the construction of the training module: the materials used judiciously selection, module design, as well as to perform practices based on digital inputs.

### A. Selection of CPU

SIMATIC S7-1200 PLCs have different CPU models, these can be selected according to the functions for which the required. The characteristics of these differ, so it is necessary to resort to manual user to compare and to select the most convenient.

TABLE IIIII

IDENTIFICATION OF PHYSICAL CPU 1212C

Función		CPU 1211C	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB	60 KB
	Carga	1 MB	1 MB
	Remanente	10 kB	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas	8 entradas/6 salidas
	Analógico	2 entradas	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes	1024 bytes
Área de marcas (M)		4096 bytes	4096 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3	3

After selecting the CPU model is necessary to know the electrical parameters with which the device works, here is a ranking of CPU's 1212C characterized by technical data on the computer as supply voltage range, types of digital outputs among others.

TABLA IV

TECHNICAL SPECIFICATIONS CPU 1212C

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé
Referencia	6ES7 212-1BE31-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75
Peso de envío	425 gramos
Disipación de potencia	11 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé
Rango de tensión	85 a 264 V AC
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz
Intensidad de entrada (carga máx.)	sólo CPU 80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC
	CPU con todos los accesorios de ampliación 240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC
Aislamiento (alimentación de entrada a lógica)	1500 V AC
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.
Tiempo de mantenimiento (pérdida de alimentación)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta

### B. Current consumption

The value of current consumption varies according to how many communication modules and signal modules are used, the CPU 1212C has the ability to connect up to a maximum of two communication modules SM without considering the available current, also it has the ability to connect up to three communication modules before considering the use of an external 24V DC source.

### C. Board Design

#### 4) General power supply and protection of the training module

The PLC can have a power both 120v and 240v A.C. with; when selecting a voltage controller will have different behaviors in their inputs and outputs. The voltage selected for the operation of the training module is 240v, but internally PLC power is 120v. The controller has an internal fuse 3A 250V power, slow-acting. With the power of 120v to the PLC has been selected fuse braker 2A and 20A.

#### 4) External part

It is the front face of the training module, with which the student works on different practices. Its importance is based on the direct relationship with the team, this required the respective signaling and identification in each of its parts reason. It is divided into sections according to the corresponding inputs and outputs of the PLC.

#### 5) Inner part

Está It is divided into three parts, surrounded by gutters 25x25x20mm, so that each of the divisions has the possibility of cable connection from all possible directions. The first division indicates power to the elements of the training module with voltage ranges 220V AC, 120V AC, 24V DC and 10V DC. Also different brakers protection, in addition to terminal blocks for connection. In the second division of the inner part are the relays for activation of the digital outputs, their position is justified by having the shortest distance to the terminal blocks PLC. The third division contains only

terminal blocks that allow all connections from the inside with the outside of the training module.

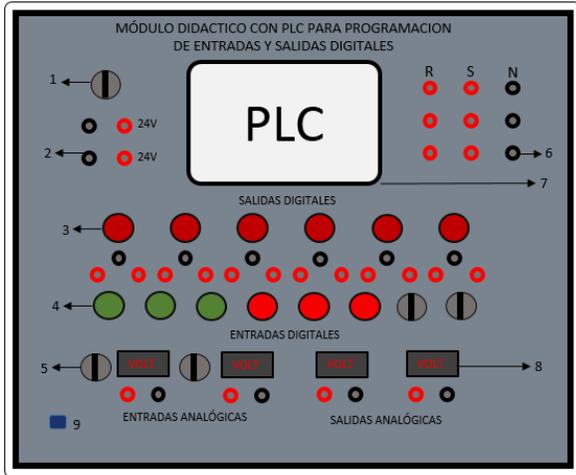


Fig. 19 Diseño de vista exterior del módulo con PLC



Fig. 20 Diseño de vista interior del módulo con PLC

#### D. Construction board

The board consists local to the teaching module has an aesthetic presentation, according to existing laboratory technical education boards standardizations.

#### 5) Digital inputs

It is possible to see the connection diagram for the digital inputs, which in the training module are activated by buttons and selectors.

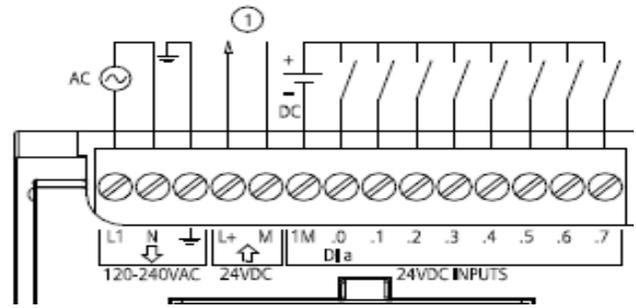


Fig. 21 Diagrama de cableado para entradas digitales CPU 1212C AC/DC/RELE

#### 6) Analog inputs

The entrance will be lit with three-position selector in order to choose between internal voltage regulation.

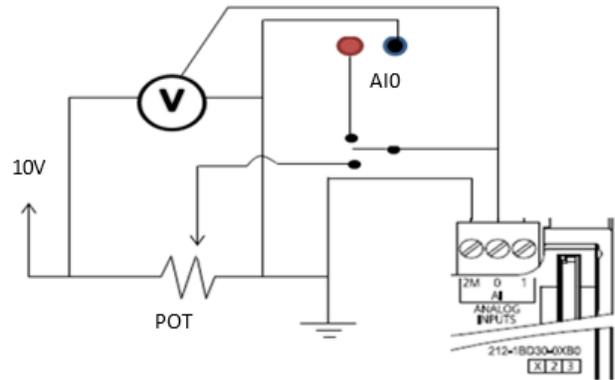


Fig. 22 Cableado para entradas analógicas CPU 1212c

#### 7) Digital Inputs

Activation of the terminals will be indicated by lighting the pilot lights as appropriate to the particular contact. Similarly the controller manual has set values for digital outputs; didactic module connects to the digital outputs with coils of external relays (120v).

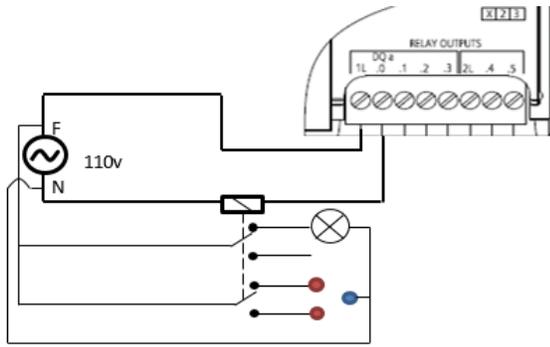


Fig. 23 Cableado para las salidas digitales CPU 1212c AC/DC/RELE

### 8) Digital outputs

For analog outputs must take as a reference the connection diagram of the expansion module with four inputs and two outputs SM1234.

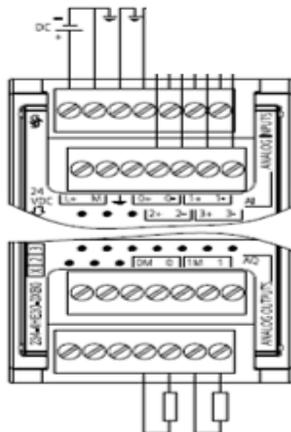


Fig. 24 Cableado para entradas de salidas analógicas SM 1234

## IV. CONCLUSIONS

In selecting an automaton for an automation system is essential to determine the properties of the equipment to use, among the most important characteristics of the PLCs are, the physical structure (brand, power supply, CPU type, physical

space, number of inputs and outputs), types (compact and modular) signals (digital and analog) operations, industrial communication (buses high, medium and low communication) and human machine interface (software programming, control and monitoring). As a result of design and construction, training equipment has simple dynamic characteristics at the same time very light weight and compact, structured in a cabinet industrial type, which allows the development of practical avoiding direct manipulation with the PLC, relays, power supply and protection devices, this extends the life of the elements. As a guarantee of the correct construction of several practical training module shown with the team they allow familiarize students with programming software with commands bistable state and timing also differentiate linear and structured programming they are made. The training module can be considered as a basic generic computers deployed in the laboratory, it can be used with some subjects seen in the race as industrial automation, digital circuits, instrumentation, control system, among others. This is shown as an important complement element for electrical engineering and other related.

## SURVEYS

A very special thanks to God , the supreme being and creator of all things , my parents, Mr. and Mrs. Gloria Angulo German Ortega , infinite gratitude to Mr. Pablo Mendez director of career and this research work . . . Thank you very much for each of the professors , teachers , lawyers and engineers participants with the information necessary training , special thanks to

Hernán Pérez , Ramiro Flores, Claudio Otero , Mauricio Vasquez, Ricardo Araguillin , Montenegro and Andres Fernando Benavidez .

#### REFERENCIAS

- [1] ÁLVAREZ M. (2007) *Controladores Lógicos*, Barcelona: Marcombo.
- [2] ARAGONES, Oriol Boix (1998), *Automatismos eléctricos Programables*, Edición UPC, Barcelona, España
- [3] BALCELLS J., ROMERAL J. *Autómatas Programables*, Barcelona: Marcombo.
- [4] BENITEZ G. (2014) (*Licenciatura en ciencias de la educación*). Universidad Tecnológica Indoamerica. Ambato, Ecuador.
- [5] CANGAS M. (2015) (*Tesis de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico*). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- [6] CASTRO J., GARCIA D. (2011) (*Tesis de ingeniería en electromecánica*). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- [7] HIDALGO K. (2012) (*Tesis de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones*). Universidad Tecnológica Israel. Quito, Ecuador.
- [8] LOPEZ E. Ingeniería en Microcontroladores *Protocolo RS-485, i-micro*.
- [9] MURCIA M. *Puerto Serie RS-232*, ITIG
- [10] POZO A., MOLINA E. (2010) (*Tesis de ingeniería en sistemas informáticos*). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- [11] RAMA ESTUDIANTIL IEEE DE LA UCSA (2012), *Manual PLC general preparado*, IEEE.
- [12] RECALDE S. (2012), *Didáctica general*. Cotacachi, Ecuador.
- [13] SIEMENS, (2012). *Manual de usuario SIMATIC S7 1200*.
- [14] SIEMENS, (2011). *Profinet*, Siemens A. G.