

Practical experience in the updating of Laboratory Guides and installation of the S7-1200 PLC for the subject Control Engineering

Pedro Huamaní-Navarrete, Dr,
Ricardo Palma University, Peru, phuamani@urp.edu.pe

Abstract—The purpose of this article is transmits the practical experience in the update of three Laboratory Guides of the subject Control Engineering, of the Electronic Engineering Program at Ricardo Palma University (URP), Lima-Peru. This update corresponded to the configuration and programming procedure of the SIEMENS S7-1200 PLCs, to develop real timing applications, comparison, counting, acquisition of analog signals from a pressure or temperature transmitter, analog signal generation for an actuator, and implementation of an On-Off control. Likewise, it describes the procedure of assembly of the PLC in each one of the five work tables of the Control Laboratory of the URP, as well as the installation of the terminals for the connection of analog input/output signals, digital input/output signals, power supplies, and on/off switches. Additionally, the group of materials used for such assembly is mentioned, and the approximate cost to achieve it.

Keywords—PLC S7-1200, Signal Board SB 1232, analog inputs and outputs, laboratory guide, work tables.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.252>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Practical experience in the updating of Laboratory Guides and installation of the S7-1200 PLC for the subject Control Engineering

Pedro Huamaní-Navarrete, Dr,
Ricardo Palma University, Peru, phumani@urp.edu.pe

Abstract—The purpose of this article is transmits the practical experience in the update of three Laboratory Guides of the subject Control Engineering, of the Electronic Engineering Program at Ricardo Palma University (URP), Lima-Peru. This update corresponded to the configuration and programming procedure of the SIEMENS S7-1200 PLCs, to develop real timing applications, comparison, counting, acquisition of analog signals from a pressure or temperature transmitter, analog signal generation for an actuator, and implementation of an On-Off control. Likewise, it describes the procedure of assembly of the PLC in each one of the five work tables of the Control Laboratory of the URP, as well as the installation of the terminals for the connection of analog input/output signals, digital input/output signals, power supplies, and on/off switches. Additionally, the group of materials used for such assembly is mentioned, and the approximate cost to achieve it.

Keywords—PLC S7-1200, Signal Board SB 1232, analog inputs and outputs, laboratory guide, work tables.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las universidades peruanas que cuentan con carreras de ingeniería como electrónica, mecánica, eléctrica, industrial y mecatrónica, son obligadas a establecer en la malla curricular asignaturas relacionadas al área de instrumentación y control de procesos. Sin embargo, con el avance tecnológico y el transcurrir del tiempo, los instrumentos y equipos de control de procesos que se tienen en los ambientes de los laboratorios de estas universidades deben ser renovados, con el objetivo de que los estudiantes se encuentren preparados con la actual tecnología y así puedan enfrentar el mercado laboral. Particularmente, la Universidad Ricardo Palma (URP), de Lima – Perú, cuenta con un laboratorio de control utilizado por el programa o carrera de Ingeniería Electrónica, Mecatrónica e Industrial. Dicho laboratorio, desde algunos años atrás, venía utilizando el Controlador Lógico Programable (PLC) S7-200 de la marca Siemens; no obstante, con el paso de los años, dicho PLC comenzó a generar ciertos problemas; tal es el caso del entorno de programación bajo un sistema operativo de 32 bits, así como el suministro de señales de voltaje o corriente proporcionadas por los transmisores de ciertas variables de ingeniería, entre otros aspectos más. En vista de ello, la URP optó por modernizar el laboratorio adquiriendo un kit de PLCs S7-1200, también de la marca Siemens, para cada una de las cinco mesas de trabajo de dicho laboratorio. De esta forma, en mi condición de docente de la

asignatura Ingeniería de Control de la Carrera de Ingeniería Electrónica, durante el periodo 2015-2 a 2018-2, se optó por actualizar tres guías de laboratorio con la finalidad de utilizar señales discretas y analógicas, tanto de entrada como de salida, para los nuevos PLCs. Asimismo, se modificaron las conexiones de las 5 mesas de trabajo de tal laboratorio con el apoyo de un grupo de profesionales que labora en dicho ambiente; así como también, se instalaron terminales de conexión para las entradas/salidas de señales de voltaje/corriente, con el objetivo de disponer de una señal apropiada y así facilitar la conexión y aplicación a través de un lazo abierto o de un lazo cerrado. De esta manera, a través de este artículo, se comparte la experiencia de un caso práctico de la actualización de las guías de laboratorio con los nuevos PLCs, así como el condicionamiento e instalación de estos en cada mesa de trabajo, y el soporte de los circuitos eléctricos para las conexiones respectivas.

Por tal razón, es importante afirmar que, tal como lo señalan los Indicadores 27 y 28 del Componente III.7 Talleres y Laboratorios para la Enseñanza, de las Condiciones Básicas de Calidad para el Licenciamiento obligatorio y renovable de las universidades del Perú [1], la URP cuenta con laboratorios de enseñanza propios y de conformidad con el número de estudiantes, así como también sus laboratorios se encuentran equipados de acuerdo con la especialidad.

Asimismo, son innumerables las participaciones de los PLCs en aplicaciones de control de procesos industriales; y eso se corrobora con los diversos trabajos realizados en [2], [3], [4], [5], entre otros más; por tal razón, la utilización y aprendizaje de la programación del PLC a nivel de pregrado es completamente necesario e indispensable, para que el estudiante que se inclina en su vida profesional por el área de control y automatización enfrente los desafíos y solucione los problemas.

Por otro lado, si bien es cierto que en [6] no se utiliza un PLC Siemens como parte de la implementación, al menos concluye con la utilización de un Kit de entrenamiento de PLC para ayudar a los estudiantes a alcanzar el objetivo y aprendizaje de los resultados.

Similarmente, en [7], se presenta el diseño e implementación de un módulo didáctico para la enseñanza de técnicas de control de procesos, para estudiantes de Ingeniería Electrónica, donde la implementación fue mayor por el hecho que se tuvo que considerar el diseño de la estructura del módulo, entre otros aspectos más.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.252>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

II. PRELIMINAR DE LAS EXPERIENCIAS DE LABORATORIO

Entre los periodos académicos 2015-2 y 2016-2, el sílabo de la asignatura Ingeniería de Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, señalaba como quinta y última unidad de aprendizaje la Programación de Controladores Lógicos Programables (PLCs), para aplicarlo al tema de control y automatización secuencial. Asimismo, se indicaba la realización de seis experiencias de laboratorio, de las cuales solamente las dos últimas orientadas hacia la programación de los PLCs S7-200 con CPU 222, utilizando el software Step 7 Micro/WIN para el sistema operativo Windows XP, y empleando un cable PC/PPI para la programación. De esta manera, específicamente, el contenido de la Quinta Guía de Laboratorio se centraba en desarrollar la lógica AND y OR con apoyo de sensores discretos como son el óptico, capacitivo e inductivo; de igual forma, el contenido de la Sexta Guía de Laboratorio se orientaba a la programación de los PLCs S7-200 a nivel de temporizadores y contadores, y como también utilizando los sensores discretos anteriormente mencionados. A continuación, en la figura 1, se muestra la captura de pantalla de una parte del contenido de la Sexta Guía de Laboratorio; y tal como se aprecia, los objetivos hacen referencia a la programación del PLC S7-200 mediante el software Micro/WIN y la utilización de los sensores de proximidad como entradas para el PLC.

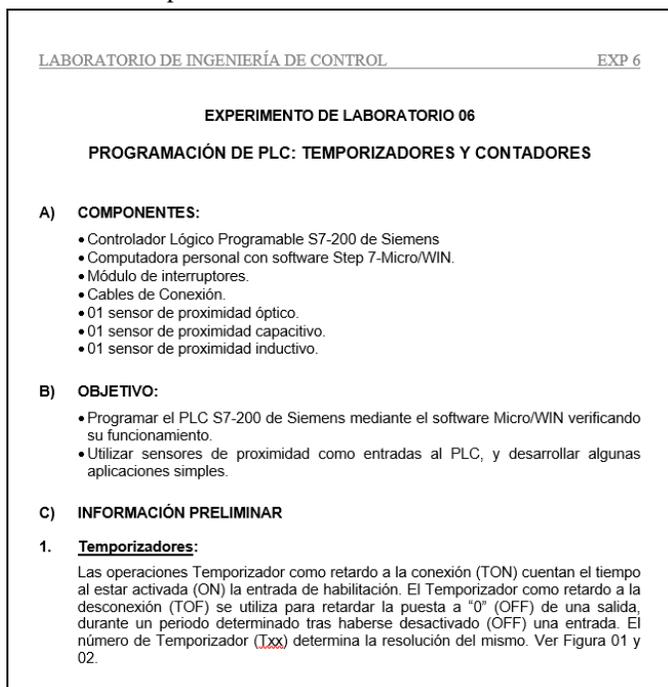


Fig. 1 Captura de Pantalla de una parte del contenido de la Sexta Guía de Laboratorio.

Es así que, en la sección E), donde se hacía referencia al cuestionario de dicha guía de laboratorio, se planteaba la realización de la programación utilizando entradas discretas y activación de las salidas discretas; por ejemplo, encendido

secuencial de las luces de un semáforo complementado con pulsadores manuales para el inicio y la parada, monitoreo del acceso a una sala con un determinado aforo de personas, automatización del estacionamiento de automóviles evitando el ingreso en el caso de sobrepasar el aforo, activación y/o desactivación de válvulas solenoides, sirenas, y motores en un proceso de mezclado utilizando sensores de proximidad tipo capacitivos, así como otros ejemplos más.

Por tal razón, el desarrollo de las guías de laboratorio se orientaba solamente a la programación básica del PLC utilizando señales discretas de entrada/salida, y sin poder realizar la lectura de transmisores con señales continuas o analógicas para establecer un control a lazo cerrado. Por lo cual, existía cierto grado de limitación para los estudiantes que egresaban de la carrera de Ingeniería Electrónica y se enfrentaban al mercado laboral de la automatización. En vista de ello, se gestionó la adquisición de nuevos PLCs para modernizar el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería de la URP.

III. MESAS DE TRABAJO Y ACTUALIZACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO

De esta manera, en diciembre del año 2016, se adquirieron seis kits de PLCs modelos S7-1200 Siemens. Asimismo, seis módulos con 8 interruptores cada uno para simular entradas discretas de 24 VDC, seis licencias del software SIMATIC STEP 7 BASIC Versión 14, seis módulos Switch Ethernet, seis pantallas HMI KTP 700 Basic, seis módulos simuladores digitales, entre otros productos más. Fue así que, se procedió con la instalación de los PLCs y las borneras de conexión para las entradas/salidas analógicas/digitales en cada una de las cinco mesas de trabajo del Laboratorio de Control. Asimismo, se continuó con la actualización de las Guías de Laboratorio de la asignatura Ingeniería de Control, perteneciente al noveno ciclo de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la URP. Tal actualización correspondió a las tres últimas guías de las seis existentes. Por lo cual, la Cuarta Guía de Laboratorio se orientó a la configuración del nuevo PLC S7-1200 y la programación básica del mismo en lenguaje Ladder, con la finalidad de aplicarlo a situaciones reales utilizando señales de entradas/salidas discretas. Respecto a la Quinta Guía de Laboratorio, se orientó a la programación del PLC en cuanto a temporizadores, contadores, comparadores y lectura de señales analógicas de temperatura, nivel o presión. Y, respecto a la Sexta Guía de Laboratorio, se orientó a la lectura de la generación de una señal analógica y la implementación física de un controlador On-Off para la variable temperatura.

A. Mesas de Trabajo en el Laboratorio de Control

El Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería de la URP, cuenta con dos salas: G-309 y G-310. Actualmente, en la sala G-309, se tiene cinco mesas de trabajo; y, en cada una de ellas pueden participar hasta tres estudiantes durante una sesión de experiencia de laboratorio. Asimismo, cada mesa fue

diseñada para tener un panel frontal superior donde se ubican algunos instrumentos como el transmisor de presión, el manómetro, el controlador de temperatura, la fuente de alimentación, el PLC S7-1200, la pantalla HMI, entre otros más; y, un panel inferior de conexiones para entrada/salida analógica y digital del PLC, así como interruptores de encendido de algunos equipos y/o instrumentos. A continuación, las figuras 2 y 3 muestran las fotografías de dos de las mesas de trabajo del Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería – URP, donde se aprecian los paneles y la distribución de los equipos e instrumentos de control y automatización utilizados en las experiencias de laboratorio.

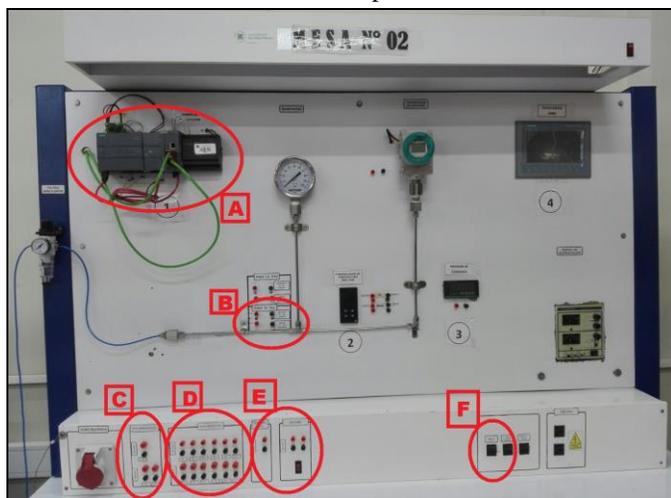


Fig. 2 Fotografía de la Mesa de Trabajo N° 02 del Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería - URP.



Fig. 3 Fotografía de la Mesa de Trabajo N° 05 del Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería - URP.

Particularmente, en la figura 2, se ha encerrado a través de una elipse de color rojo las zonas principales que corresponden al funcionamiento del PLC y la instalación de sus conectores correspondientes. Y, en la figura 3, se comprueba la similitud existente entre las mesas de trabajo en cuanto a disposición e

instalación de equipos e instrumentos. Seguidamente, se describe el contenido de cada zona señalizada en la figura 2.

A.1) Zona A: corresponde al PLC S7-1200 debidamente instalado sobre un riel empotrado al panel frontal, y a su vez acompañado de la fuente de alimentación y del switch Ethernet de 5 puertos con sus respectivas conexiones de red y comunicación. Dicho PLC corresponde a la marca Siemens, tiene un CPU 1214C con características AC/DC/RELAY, catorce entradas discretas o digitales de 24 VDC, diez salidas discretas o digitales tipo relé de 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC a 2 A o Tipo fuente de 20.4 a 28.8 VDC a 0.5 A, dos entradas analógicas incorporadas con un rango de voltaje de 0 a 10 VDC, una resolución de 10 bits, un módulo externo de salida analógica con rango de +/- 10 VDC o 0 a 20 mA, entre otras particularidades [8]. Por lo cual, se recurrió a la sección Diagrama de Cableado del CPU 1214C del anexo Especificaciones Técnicas de [9]; con ello, fue posible contar con una guía para realizar las conexiones respectivas entre la Zona A y las demás Zonas, por detrás del panel frontal de cada una de las mesas de trabajo del Laboratorio de Control.

A.2) Zona B: corresponde a los terminales de conexión de un circuito eléctrico acondicionador de señales, que permite transformar una señal de corriente de 4 a 20 mA (conectores inferiores) en una señal de voltaje de 2 a 10 VDC (conectores superiores). Dichos conectores fueron representados a partir de conectores bananas-hembras. Por lo tanto, la implementación de este circuito de acondicionamiento fue necesaria debido a que los transmisores de presión, temperatura y nivel entregan una señal de 4 a 20 mA. con protocolo Hart; y, como el PLC S7-1200 no admite el ingreso de este tipo de señal a través de sus entradas analógicas incorporadas, fue necesario realizar tal transformación. Dicha transformación fue lograda con el diseño de un circuito eléctrico simple empleando una resistencia de precisión de 500 ohmios, conectores para la alimentación, para el transmisor y para la señal de salida convertida a voltios (ver la figura 4). De esta forma, fue posible generar niveles de voltaje entre 2 y 10 VDC, tal como se puede apreciar en (1) y (2).

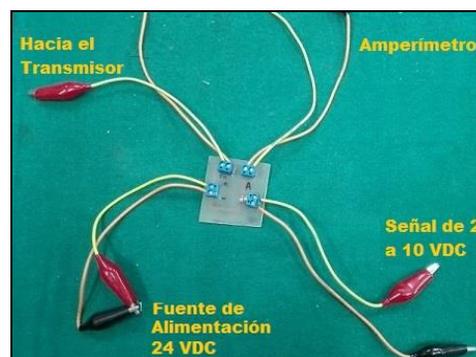


Fig. 4 Circuito eléctrico de conversión de mA DC a voltios DC.

$$V_{\min} = (500 \Omega) * (4 * 10^{-3} \text{ Amp}) = 2 \text{ V} \quad (1)$$

$$V_{\max} = (500 \Omega) * (20 * 10^{-3} \text{ Amp}) = 10 \text{ V} \quad (2)$$

Asimismo, los terminales de salida (superiores) de la Zona B fueron conectados hacia los terminales de entrada de la Zona C (uno de los pares de bananas ubicados en la parte inferior de dicha zona).

A.3) Zona C: conformada por dos pares de terminales de conexión correspondientes a la salida analógica (inferiores - representados por las direcciones IW64 e IW66), y un par de terminal de conexión correspondiente a la entrada analógica (superior - representada por la dirección QW80). Todos los terminales fueron representados por conectores bananas-hembras. Particularmente, para el caso de la salida analógica, se utilizó el módulo Signal Board SB 1232 AO de 12 bits de resolución, con un rango de salida de tensión: +/- 10 VDC, y un rango de salida de intensidad: 0 a 20 mA. [10], el cual se encuentra insertado en el propio PLC S7-1200. Asimismo, para establecer la conexión de los tres pares de terminales (dos de entrada y una de salida) hacia la Zona A, se utilizaron las indicaciones dadas en [9].

A.4) Zona D: representa a seis conectores banana-hembra para las salidas digitales (terminales superiores: representados por las direcciones Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3, Q0.4 y Q0.5), así como también otros seis conectores banana-hembra para las entradas digitales (terminales inferiores: representadas por las direcciones I1.0, I1.1, I1.2, I1.3, I1.4 e I1.5). Asimismo, para establecer la conexión de los doce pares de terminales hacia la Zona A, se utilizaron las indicaciones dadas en [9]. En cuanto a las direcciones de entradas discretas I0.0, I0.1, I0.2, I0.3, I0.4, I0.5, I0.6 e I0.7, no fueron cableadas porque se destinaron para ser utilizadas directamente con un módulo simulador digital ubicado en la Zona A de cada mesa de trabajo.

A.5) Zona E: corresponde, por la izquierda, a un par de conectores banana-hembra que permiten una salida digital de 24 VDC, propio del PLC S7-1200 para simular directamente señales de entrada digitales; y, por la derecha, dos pares de conectores banana-hembra que también permiten una salida digital de 24 VDC pero a partir de una fuente de alimentación externa mostrada en la Zona A. Y como también, para establecer la conexión de los tres pares de terminales hacia la Zona A, se extendieron el cableado por detrás del panel frontal y utilizando las indicaciones dadas en [9].

A.6) Zona F: corresponde al interruptor de encendido/apagado del PLC S7-1200. Y, de la misma forma como en los casos anteriores, la conexión de este interruptor se realizó por detrás del panel frontal y en dirección hacia la Zona A, donde se encuentra montado el PLC.

B. Guía de Laboratorio N° 04

Referente a esta guía, se establecieron cinco secciones: Componentes, Objetivo, Información Preliminar, Procedimiento y Cuestionario, siendo el principal objetivo la configuración del nuevo PLC S7-1200 y su uso con sensores de proximidad NA (normalmente abierto) y NC (normalmente

cerrado) a nivel de lógica booleana, así como un módulo de focos de 220VAC. Para el cuestionario, se establecieron preguntas con simulaciones de aplicaciones reales de encendido/apagado y parada de emergencia, incluyendo bombas, sirenas e interruptores. De esta manera, la nueva Guía de Laboratorio N° 04 comenzó a utilizarse a partir del periodo académico 2017-1, y simbolizó una mínima actualización de la Guía de Laboratorio N° 05 utilizada con el PLC S7-200 antes del año 2017.

C. Guía de Laboratorio N° 05

Esta guía también fue establecida para cinco secciones: Componentes, Objetivo, Información Preliminar, Procedimiento y Cuestionario, siendo el tema principal: Programación de PLC Contadores – Comparadores y Entrada Analógica. Y como objetivo: programar el PLC S7-1200 para desarrollar aplicaciones de temporización, cuenta y comparación, así como utilizar transmisores de temperatura, nivel o presión como entradas analógicas para mostrar las aplicaciones de escalamiento y normalización. Este último concepto fue descrito de manera resumida en la sección Información Preliminar. Y, en referencia al cuestionario, se plantearon preguntas referentes a la identificación de rangos de temperaturas o presiones reales, obtenidas a través de un transmisor de temperatura o de presión, respectivamente. Luego, según el rango de temperatura o presión identificada se procedió a la activación/desactivación de una sirena o algún otro actuador.

A continuación, en la figura 5 y con apoyo de [11], se muestra parte de la programación en lenguaje Ladder empleada para las etapas de normalización de la entrada analógica utilizada (para el caso de temperatura), y su correspondiente operación de escalamiento. De esta manera, por la dirección IW64 se adquiere la señal de voltaje de 2 a 10 VDC obtenida del transmisor de temperatura, pero previamente transformada de los mili-amperios. Esta a su vez es interpretada en un rango de medida unipolar del tipo entero de 0 a 27648. Luego, a la salida del bloque NORM_X en la dirección MD60 se obtiene el correspondiente valor normalizado, como un tipo de dato real situado entre 0 y 1. Y, este mismo es utilizado como entrada al bloque SCALE_X que a su vez entrega una señal de temperatura escalada en la dirección MD64, con un tipo de dato real, lista para ser empleada en la programación del PLC.

Seguidamente, en la tabla I se representan los valores medidos del transmisor de temperatura, los de conversión, y los valores de cada registro que participa en la rutina de programación de la figura 5. Asimismo, en la fila 4, se muestra el caso particular del resultado de una medición real.

Luego, en la figura 6, se muestra la captura de pantalla de una sección de la página 8 de la Guía de Laboratorio N° 05 actualizada, donde se observa una de las preguntas del Cuestionario. Por lo tanto, esta nueva guía comenzó a utilizarse a partir del periodo académico 2017-1, y simbolizó

una total actualización respecto al uso de las guías del PLC S7-200 utilizadas antes del año 2017.

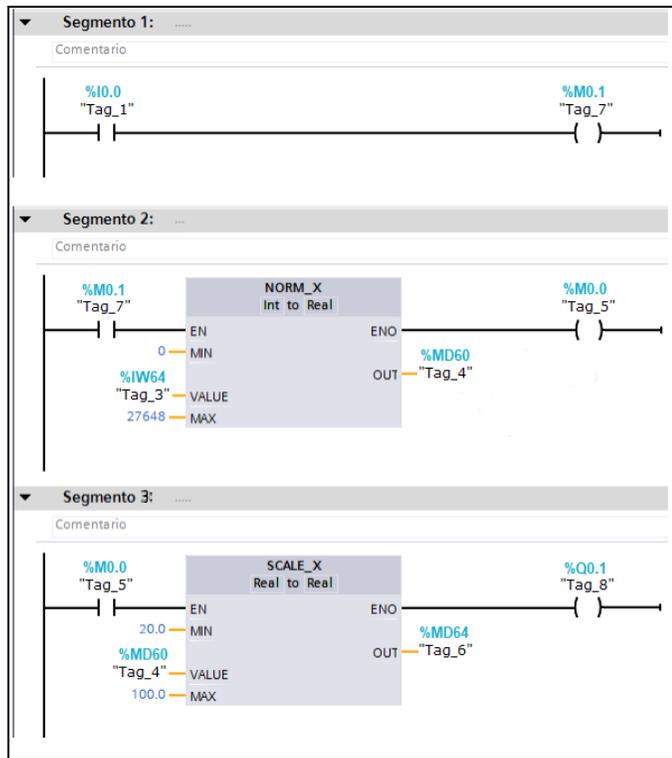


Fig. 5 Rutina de programación en lenguaje Ladder para la normalización y escalamiento de la señal analógica de entrada.

TABLA I
VALORES MEDIDOS, CONVERTIDOS, NORMALIZADOS Y ESCALADOS,
PARA LA VARIABLE DE ENTRADA ANALÓGICA

	Valor Medido del Transmisor	Conversión Medición a Voltios	Registro IW64	Registro MD60	Registro MD64
1	4.00 mA.	2.00	0	0	20.0 °C
2	8.00 mA.	4.00	6912	0.25	40.0 °C
3	12.00 mA.	6.00	13824	0.50	60.0 °C
4	14.00 mA	7.00	17280	0.625	70.0 °C
5	16.00 mA.	8.00	20736	0.75	80.0 °C
6	20.00 mA.	10.00	27648	1	100.0 °C

LABORATORIO DE INGENIERÍA DE CONTROL EXP 5

E) CUESTIONARIO:

1. Realizar una programación del PLC S7-1200 para representar la tabla mostrada a continuación. Además, considere que el campo de medida del transmisor de temperatura va de 20 a 100 °C, y con un comportamiento proporcional al intervalo de voltaje: 0 a 10 VDC. Adjuntar la programación.

Rango de Temperatura	ACTIVACIÓN DE SALIDA		
	Q0.0	Q0.1	Q0.2
T <= 40 °C	OFF	OFF	ON
40 °C < T < 70 °C	OFF	ON	OFF
T >= 70 °C	ON	OFF	OFF

Fig. 6 Captura de pantalla de una de las preguntas del Cuestionario de la Guía de Laboratorio N° 05 actualizada.

D. Guía de Laboratorio N° 06

También se establecieron cinco secciones: Componentes, Objetivo, Información Preliminar, Procedimiento y Cuestionario, siendo el tema principal: Programación de PLC Entrada y Salida Analógica. Y como objetivo: programar el PLC S7-1200 para controlar la variable temperatura a través de un control On-Off. Entonces, a pesar de que este tipo de control es discreto, se utilizó la salida analógica con dos niveles fijos para establecer los valores discretos enviados hacia el actuador o elemento final de control. Asimismo, en la sección Información Preliminar se incluyó el concepto y configuración del módulo de salida analógica, así como las operaciones de normalización y escalamiento para la misma. Y, en referencia al cuestionario, se plantearon preguntas referentes a la programación del PLC para tomar la acción de un controlador On-Off para la variable temperatura, con un determinado Set Point, y una salida de control a través de la dirección o el registro QW80. A continuación, en la figura 7 y con apoyo de la referencia [11], se muestra parte de la programación empleada para las etapas de normalización de la entrada analógica utilizada (para el caso de temperatura), y su correspondiente escalamiento de valores.

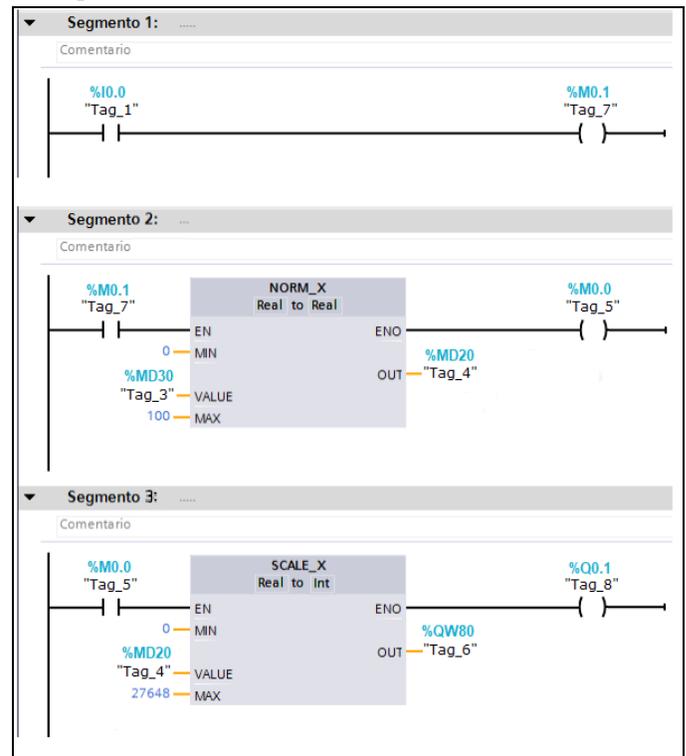


Fig. 7 Rutina de programación en lenguaje Ladder para la normalización y escalamiento de la señal analógica de salida.

De esta manera, por la dirección MD30 se ingresa el valor deseado para el actuador, como un dato del tipo real. Luego, a la salida del bloque NORM_X en la dirección MD20 y también como tipo de dato real, se obtiene el correspondiente valor normalizado. Y, este mismo es utilizado como entrada al

bloque SCALE_X que a su vez entrega una señal escalada en la dirección QW80 del tipo entero, disponible para ser empleada en la programación del PLC.

Seguidamente, en la tabla II se representan los valores de cada registro que participa en la rutina de programación de la figura 7, así como los valores de voltaje y de corriente que son utilizados por el PLC hacia el correspondiente actuador. Asimismo, en la fila 4, se muestra el caso particular del resultado de una generación de señal real.

TABLA II
VALORES MEDIDOS, CONVERTIDOS, NORMALIZADOS Y ESCALADOS PARA LA VARIABLE DE SALIDA ANALÓGICA

	Registro MD30	Registro MD20	Registro QW80	Valor de Voltaje	Valor de Corriente
1	0	0	0	-10 v.	4.0 mA
2	25	0.25	6912	- 5 v.	8.0 mA
3	50	0.50	13824	0 v.	12.0 mA
4	70	0.70	19354	4 v	15.2 mA
5	75	0.75	20736	5 v.	16.0 mA
6	100	1	27648	10 v.	20.0 mA

Luego, en la figura 8, se muestra la captura de pantalla de una sección de la página 8 de la Guía de Laboratorio N° 06 actualizada, donde se observa una de las preguntas del Cuestionario. Por lo tanto, esta nueva guía comenzó a utilizarse a partir del periodo académico 2017-1, y simbolizó una total actualización respecto al uso de las guías del PLC S7-200 utilizadas antes del año 2017.

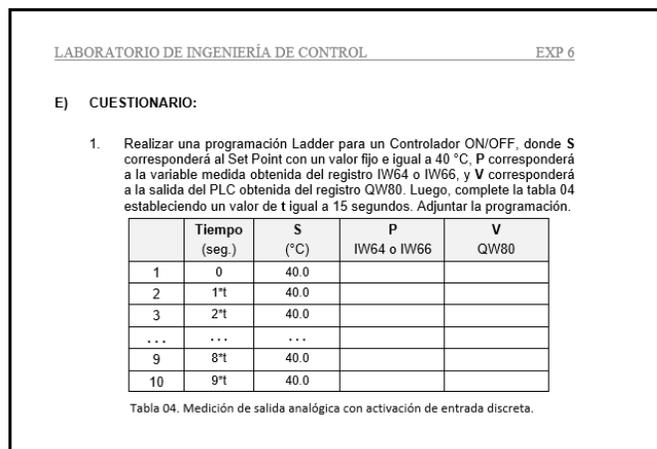


Fig. 8 Captura de pantalla de una de las preguntas del Cuestionario de la Guía de Laboratorio N° 06 actualizada.

IV. RESULTADOS

Como resultado de la experiencia práctica en la actualización de las Guías de Laboratorio en la asignatura Ingeniería de Control, a continuación se muestra en la tabla III de forma resumida, una comparación existente entre las tres últimas guías de laboratorio antes y después de la adquisición e instalación de los PLCs S7-1200. Asimismo, en dicha tabla,

también se observa que se ampliaron los temas referentes a la programación del PLC S7-1200 porque además de realizar las manipulaciones de señales de entrada/salida digital, también se realizó la manipulación con señales de entrada/salida analógica. Esto permitió la realización del montaje del controlador On-Off para controlar la variable temperatura, pero utilizando como señal de control una del tipo analógica.

TABLA III
COMPARACIÓN DE LOS TEMAS ENTRE GUÍAS DE LABORATORIO

	NÚMERO DE GUÍA	TEMAS DESARROLLADOS	
		ANTES	DESPUÉS
1	Guías N° 01, 02 y 03	No es tema de este artículo.	
2	Guía N° 04	Sintonización de Controlador PID.	Programación básica del PLC.
3	Guía N° 05	Programación Básica del PLC.	Programación de PLC: Contadores - Comparadores y Entrada Analógica.
4	Guía N° 06	Programación de PLC: Temporizadores y Contadores.	Entrada/Salida analógica. Control On-Off.

Adicionalmente, en la tabla IV se muestra un resumen del material utilizado en la instalación de los PLCs S7-1200 y de los respectivos conectores.

TABLA IV
MATERIAL UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN DE LOS PLCs S7-1200

ÍTEM	MATERIALES
1	05 Resistencias de Precisión de 500 ohmios.
2	200 conectores banana-hembra.
3	03 metros de riel.
4	10 switches de encendido/apagado.
5	Cables de conexión.
6	Cables Ethernet
7	10 Borneras
8	05 placas impresa.
9	Otros materiales.

V. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este artículo se ha transmitido la experiencia práctica de la conexión e instalación del PLC S7-1200, en el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería – URP. Dicha instalación fue realizada con apoyo del propio personal técnico que labora en dicho laboratorio, que asimismo contribuyó con la perforación del panel superior/inferior de cada mesa de trabajo, para instalar los terminales de conexión de entradas/salidas, haciendo uso de conectores del tipo banana-hembra, así como del

acondicionamiento del circuito eléctrico de conversión de señal ubicado en la posterior del panel superior. Por lo tanto, esta instalación generó un gasto no mayor a US \$ 90, porque fue realizada por el propio personal del laboratorio que culminó en un periodo no mayor a dos meses, tomando en consideración la realización de otras labores asignadas y referentes al mismo laboratorio.

En cuanto a las guías de laboratorio, se actualizaron las tres últimas en función a mi experiencia como docente en la asignatura Ingeniería de Control, en el periodo académico 2015-2 a 2018-2. De esta forma, se contribuyó con el aprendizaje práctico de los estudiantes en cuanto a la programación de controladores lógicos programables modernos, posicionados y muy utilizados en el sector industrial. Asimismo, en los recientes egresados, se comprobó su interés hacia el área de control y automatización al tener un aumento del número de tesis en dicha área.

Adicionalmente, con esta experiencia, se observó mayor viabilidad para la programación del PLC con el fin de ser utilizado como un controlador del tipo Proporcional, Proporcional-Integral y Proporcional-Integral-Derivativo, a través de los bloques de funciones con los que cuenta; así como también, la implementación de nuevas estrategias de control tal como la de cascada que fue desarrollado en un trabajo anterior [12].

AGRADECIMIENTOS

Principalmente al personal técnico del Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería de la URP: Ing. Bernardo Dimas Guerrero Valenzuela y Bach. Luis Alberto Torrejón Carbajal, quienes apoyaron en el montaje, cableado e instalación de los PLCs S7-1200 y la preparación de los terminales de conexión para las entradas/salidas digitales/analógicas. Asimismo, al personal técnico del Laboratorio de Circuitos y Dispositivos de la Facultad de Ingeniería – URP, a los docentes del área de control de la Carrera de Ingeniería Electrónica - URP, Ing. Humberto Chong Rodríguez e Ing. Miguel Ángel Sánchez Bravo por sus contribuciones y recomendaciones, y a las demás autoridades de la Universidad Ricardo Palma quienes apoyaron incondicionalmente con las diferentes gestiones, para llevar a cabo la adquisición y puesta en operación de los PLCs.

REFERENCIAS

[1] SUNEDU (2015, noviembre). El Modelo de Licenciamiento y su Implementación en el Sistema Universitario Peruano [Online]. Available: <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/123456789/4565>

[2] S. Zhan, J. Cuicui, H. Sheng, "Application of Siemens PLC and WinCC in the Monitoring-Control System of Bulk Grain Silo," in *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, China, June 2018, pp. 4689-4693.

[3] Z. Wei and S. Shuai, "Design of automatic feeding control system in tank area based on Siemens PLC," in *Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, China, June 2018, pp. 3622-3627.

[4] A. Abashar, M. Mohammedtoun and O. Abaker, "Automated and monitored liquid filling system using PLC technology," in *International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE)*, Sudan, January 2017.

[5] H. Salih, H. Abdelwahab, A. Abdallah, "Automation design for a syrup production line using Siemens PLC S7-1200 and TIA Portal software", in *International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE)*, Sudan, January 2017.

[6] I. Burhan, S. Talib and A. Azman, "Design and fabrication of Programmable Logic Controller Kit with multiple output module for teaching and learning purposes," in *IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, Malaysia, March 2012, pp. 14-18.

[7] J. Máximo and L. Cuellar, "Work in Progress: Design and implementation of a didactic module with manual interface, PLC interface and PC serial interface for teaching process control techniques," in *IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*, Peru, March 2019.

[8] SIEMENS (2020, febrero). SIPLUS CPU 1214c [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10049316?activeTab=ProductInformation#Datos%20%C3%A9nicos>

[9] SIEMENS (2020, junio). SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual [Online]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf

[10] SIEMENS (2020, febrero). Módulo de Salidas Analógicas SB 1232 [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045691>

[11] SIEMENS (2020, febrero). Industry Online Support. Product Support. ¿Cómo se pueden escalar los valores enteros para entradas/salidas analógicas en valores reales y los valores reales en valores enteros, utilizando el STEP 7 (TIA PORTAL) y S7-1200/S7-1500? [Online]. Available: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BF%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-\(tia-portal\)-y-s7-1200-s7-1500-?dti=0&lc=es-WW](https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BF%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-(tia-portal)-y-s7-1200-s7-1500-?dti=0&lc=es-WW)

[12] B. Guerrero y P. Huamani, "Implementación de una estrategia de control en cascada en el módulo de nivel de un laboratorio de la Universidad Ricardo Palma," in *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities"*, Jamaica, July 2019, pp. 1-10.