

Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes

Methodology to program processes with intelligent relays

CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto*†, TREJO-MOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe

Universidad Veracruzana, Av. Universidad km 7.5, Coatzacoalcos, Veracruz, México, CP 96538

ID 1^{er} Autor: *Jesús Fausto, Córdoba-Escobedo* / ORC ID: 0000-0002-7456-6897, Researcher ID Thomson: S-6737-2018, CVU CONACYT ID: 511561

ID 1^{er} Cautor: *Francisco de Jesús, Trejo-Molina* / ORC ID: 0000-0002-6788-7211, Researcher ID Thomson: S-6926-2018, CVU CONACYT ID: 947275

ID 2^{do} Coautor: *Mario Raúl, Salmerón-Ortiz* / ORC ID: 0000-0003-3407-4203, Researcher ID Thomson: S-7660-2018, CVU CONACYT ID: 947275

ID 3^{er} Coautor: *Felipe, Mendoza-Gonzalez* / ORC ID: 0000-0003-1172-6782, Researcher ID Thomson: S-6747-2018, CVU CONACYT ID: 947336

DOI: 10.35429/JTD.2019.9.3.24.35

Recibido: 10 de Enero, 2019; Aceptado 30 de Marzo, 2019

Resumen

Objetivo: Diseño de una metodología tomando como base el aprendizaje basado en problemas, para programar relevadores inteligentes y solucionar problemas de automatización de procesos. Metodología que permitirá a estudiantes e ingenieros interesados en adquirir competencias teóricas, heurísticas y axiológicas sobre la programación de relevadores inteligentes. La metodología permitirá adquirir las competencias propuestas y se podrán resolver problemas de automatización de procesos. Contribución: Se diseña la metodología con ejercicios resueltos de ingeniería eléctrica, civil y mecánica, que permitan visualizar la importancia de aprender a programar procesos con relevadores inteligentes. La metodología contribuye a que el programador adquiera un pensamiento crítico considerando aspectos como el medio ambiente, la salud integral y la seguridad. Exista la transversalidad para relacionar programas Educativos de diferentes disciplinas y enriquecer los conocimientos de relevadores inteligentes desde la programación e interpretación de diagramas de bloques, diagramas de escalera y diagramas de tiempo, familiarizarse con el uso del lenguaje técnico y lenguaje digital (circuitos combinacionales y secuenciales. Seguir las indicaciones de seguridad y parámetros a manipular para el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos y establecer el funcionamiento del proceso.

Metodología, Programación, Relevadores Inteligentes

Abstract

Objective: Design of a methodology based on problem based learning, to program intelligent relays and solve process automation problems. Methodology that will allow students and engineers interested in acquiring theoretical, heuristic and axiological skills on intelligent relay programming. The methodology will allow to acquire the proposed competences and process automation problems can be solved. Contribution: The methodology is designed with solved exercises in electrical, civil and mechanical engineering, which allow us to visualize the importance of learning to program processes with intelligent relays. The methodology helps the programmer acquire a critical thinking considering aspects such as the environment, integral health and safety. There is transversality to relate Educational programs of different disciplines and enrich the knowledge of intelligent relays from the programming and interpretation of block diagrams, ladder diagrams and time diagrams, familiarize yourself with the use of technical language and digital language (combinational and sequential circuits Follow the safety instructions and parameters to be manipulated for the correct operation of the electrical and electronic devices and establish the operation of the process.

Methodology, Programming, Intelligent Relays

Citación: CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto, TREJO-MOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe. Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-9: 24-35

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: fcordova@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el año de 1760, en la Gran Bretaña, nace la revolución industrial, movimiento que se extiende por toda Europa y pronto por el mundo contribuyendo al avance científico y tecnológico, transformando lo económico, social cultural y que hasta el día de hoy se percibe. Estos cambios generaron un impresionante aumento de conocimientos en todas las ramas, tanto científicas como técnicas y sanitarias entre otras. Los cambios sociales más notables derivan en el crecimiento de las ciudades.

Durante este tiempo la implementación de maquinaria para facilitar los trabajos pesados o precisos fue común, pues reemplazaba al ser humano en tareas específicas que por sus limitaciones físicas, no podía realizar. Las limitaciones más comunes son la fuerza, el hambre, el sueño y la concentración. El ser humano no debe ser expuesto a tanto esfuerzo puesto que atenta a su vida y se refleja en un trabajo deficiente. A finales de 1960, las industrias buscaban la manera de mantener un mejor control tanto de personal como de calidad y la encontraron en los circuitos eléctricos, que tomo como base los relés, interruptores y la lógica combinatorial para su funcionamiento, dando nacimiento a los relevadores inteligentes.

Un relevador inteligente o micro PLC (controlador lógico programable), está diseñado para cumplir con la ejecución de secuencias lógicas y secuenciales programables para sistemas que requieren de automatización, volviéndolo un equipo con indeterminadas aplicaciones que se desarrollan dentro de la industria, universidades y hasta en el hogar. Entre sus usos más populares se encuentran el control de flujo, nivel, temperatura y presión, parámetros importantes a mantener dentro de la industria para la eliminación de fallos en el producto de salida.

Otro uso popular es la domótica, la cual se encarga de proporcionar comodidad, seguridad, calidad del servicio eléctrico, ahorro de energía, contribuyendo a un ahorro económico que se refleja a mediano o largo plazo tanto en residencias, industrias u oficinas. Actualmente las TIC y la implementación de nuevas tecnologías facilitan la programación e instalación de relevadores inteligentes en procesos industriales que requieran ser automatizados.

La metodología propuesta servirá al ingeniero a adquirir competencias de como programar relevadores inteligentes para automatizar procesos. Procesos que serán más seguros, precisos y exactos, brindando mayor confiabilidad de operación a la planta.

Metodología

La Taxonomía de Bloom es un sistema de clasificación educativa que contribuye a establecer niveles cognitivos a los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos niveles cognitivos son: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, diseño, síntesis y evaluación. Tomando como base esta taxonomía se establece un orden de cómo programar relevadores inteligentes para sus diversas aplicaciones, ya sea en la industria, transporte, invernaderos, hogar entre otros. En primera instancia, se necesita conocer y comprender el principio de funcionamiento de los dispositivos y periféricos de los relevadores inteligentes, herramientas e instrumentos a los que se hacen referencia en su campo laboral.

Esto permitirá pasar al siguiente nivel, que consiste en saber dónde, cómo y cuándo se pueden aplicar los dispositivos mencionados en los procesos a automatizar. En esta fase las investigaciones son importantes, desde consultar libros, publicaciones y manuales de los diversos fabricantes de los relevadores inteligentes, hasta conocer las consideraciones que debe cubrir con respecto al proceso que vaya a automatizar. Las competencias que se deben desarrollar en esta fase permite conocer los siguientes parámetros: instrumentación a utilizar, que elementos conforman un sistema automático con relevadores inteligentes, características del sistema eléctrico, principio de operación de electrónica digital y uso de lenguajes de programación de los relevadores inteligentes.

La instrumentación considera que en todo proceso existen variables a medir y controlar, de ahí la importancia de conocer estos parámetros y su relevancia en la automatización de procesos. En el espacio dedicado a la electricidad, es importante saber cómo trabajan y se conectan los componentes electromagnéticos y su interacción con la electrónica de potencia como el uso de arrancadores para motores trifásicos. Las variables analógicas y digitales ayudan a diferenciar las entradas y salidas del relevador inteligente por lo que es indispensable este conocimiento.

Un aspecto vital para la manipulación de los relevadores inteligentes es saber cómo funciona la lógica de su software, que toma como base la electrónica digital para el diseño de diagramas de bloque combinacionales-secuenciales y que normalmente permiten convertir a diagramas de escalera y viceversa. En la fase de aplicación del relevador inteligente, debe quedar claro el alcance y limitaciones de la programación de los relevadores inteligentes y como estos pueden ayudar a solucionar procesos que requieran ser automatizados con relevadores inteligentes.

Continuando con la clasificación de Bloom es importante analizar y diseñar programas que permitan simular el relevador inteligente para dar solución a problemas de automatización del mundo real. Es importante que en esta fase ya se domine el uso de softwares, diagramas y simbologías del sistema a automatizar con micro PLC. Un diagrama de bloques es la forma de representar gráficamente la función de un proceso y dependiendo de la rama de aplicación se debe familiarizar con las simbologías y procesos del área de aplicación como la ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica e ingeniería civil, por ejemplo.

Las simbologías normalmente son estandarizadas por organismos como LA IEEE, ISO, ANSI, para desvanecer las barreras del idioma y facilitar el diseño de los modelos o diagramas a nivel internacional. Las estandarizaciones aceleran el proceso de aprendizaje al servir de guía. Los diagramas que se pueden aplicar en la programación de relevadores inteligentes son el diagrama de escalera y el diagrama de funciones, sin embargo, al haber parámetros de tiempo incluidos en los procesos, se debe agregar un diagrama conocido como diagrama de tiempos.

Para programar, se necesita diseñar un algoritmo casi siempre con el software y licencia otorgado por el fabricante que permite la inserción de variables de entrada y salida, así como el diseño de la lógica del micro PLC, que se puede simular para garantizar la efectividad del programa.

La cantidad de entradas físicas, salidas físicas y virtuales pueden cambiar con respecto a los relevadores inteligentes presentes en el software, así como el modelo del micro PLC y las interfaces que se le conectan, por esto es importante leer los manuales de operación y mantenerse al tanto del estado del arte de este tipo de equipo, pues esto determina si la inversión es la adecuada y si puede cumplir con las características que se requieren a la hora de programar y automatizar procesos con relevadores inteligentes.

Parametrización

Los parámetros de instrumentación son los valores que arrojan elementos de mediciones ocasionados por los cambios físicos y químicos que se pueden presentar en los elementos, sustancias o infraestructuras por alteraciones en su proceso. El programador de relevadores inteligentes debe conocer los parámetros eléctricos de conexión del equipo, así como el principio de operación de los dispositivos periféricos que contribuyen a la automatización de procesos como los arrancadores, conexión de motores, tipos de arranques, variadores de velocidad, etc.

Parametrizar significa que debe estar capacitado para manejar relevadores inteligentes y todos los componentes que los integran como el conocimiento de la electrónica de potencia y electrónica digital, esta última toma como base el sistema binario, que consiste en la aplicación de unos y ceros como condición lógica, lo que significa que solo existen métodos de control con dos tipos de condiciones de operación: on/off. Esto permite manipular compuertas lógicas combinacionales con métodos como los mapas de karnaugh y la lógica secuencial para automatizar procesos como una secuencia de semáforos para el control de viabilidad de una ciudad.

La comprensión del funcionamiento del software con el que cuentan los relevadores inteligentes permiten la programación y simulación en el entorno que lo conforma como el uso de las compuertas lógicas, temporizadores, generadores de señal, contactos de salidas, relevadores, entradas digitales y analógicas, registros de desplazamiento, contadores, transferencia del programa del software al micro PLC y viceversa.

Lo anterior permite evaluar cuando, donde y como interacciona el micro PLC con los circuitos eléctricos, elementos electromagnéticos, dispositivos electrónicos, técnicas de medición y protecciones a sistemas de potencia. Es importante resaltar que evaluar sistemas depende del montaje y aplicación del relevador inteligente. La evaluación del proceso automatizado se puede lograr al simular el programa diseñado y corroborar el correcto funcionamiento de los diagramas de bloques a través de los softwares de los relevadores inteligentes. Esta evaluación permite tomar la decisión de si es factible llevar a cabo el proyecto de automatización a nivel físico para solucionar problemas del mundo real, considerando aspectos como el económico social y medio ambiente.

Diagramas

El diagrama de escalera se trata de una representación gráfica de elementos conectados en una línea inicial y donde cada salida, ya sea física o virtual, representa el final de esta, lo que le da el nombre de escalera porque cuando más líneas tiene más escalones. Estas líneas muestran el paso de la corriente eléctrica por los elementos presentes en un circuito eléctrico que manejan los estados lógicos on y off. Por lo general, se utilizan este tipo de diagramas en procesos donde el programador solo sabe de principios de electricidad como los diagramas de escalera para el control de motores.

El diagrama de funciones o de bloques, se representa de manera gráfica como un circuito de diagrama lógico booleano (compuertas lógicas), la particularidad de este diagrama es la sencillez de la simbología y conexiones a modo de bloques, siendo una óptima herramienta de diseño por medio de las funciones obtenidas y que se quieren desarrollar. Las funciones pueden obtenerse con mapas de Karnaugh, teoremas, tablas de verdad, métodos secuenciales. El diagrama de tiempos toma como base los estados lógicos de las salidas y entradas, que permite interpretar los requerimientos del usuario plasmados en un registro. Estos requerimientos son las acciones que se esperan de las salidas con respecto a la manipulación de entradas y al proceso a realizar con respecto al tiempo, lo que hace al temporizador el dispositivo más importante para la elaboración de este tipo de diagrama. Los softwares pueden convertir un diagrama de escalera en diagrama de bloques de funciones y viceversa.

Programación

Para programar, se necesita de un software capaz de crear, simular y transferir diagramas de bloques y diagramas de escalera de una computadora a un relevador inteligente y viceversa. Este software normalmente viene con el relevador inteligente que vende el fabricante acompañado de un cable de interfaz entre PC y micro-PLC. Antes de programar es recomendable generar el algoritmo preferentemente en un diagrama de tiempos, para saber los requerimientos del proceso a automatizar. Por lo general, el empleador, ya sea de una industria, fábrica, ensambladora, escuela, gobierno entre otros, proporciona las instrucciones que debe tener el sistema para operar bajo sus necesidades.

En caso de que el empleador no proporcione las instrucciones de operación o que se realice un proyecto a modo de venta, el ingeniero, antes de comenzar a programar, necesita consultar cuáles son los parámetros inherentes al sistema y qué elementos se encuentran presentes, de esta manera se obtienen las entradas y salidas con las que el sistema cuenta. Los circuitos eléctricos instalados en el proceso, ayudan al lector a sentar las bases para la programación utilizando diagramas de bloques de funciones o diagramas de escalera, por ejemplo, en un circuito serie, todas las cargas conectadas deben estar operando para que el sistema pueda funcionar correctamente.

Si existe alguna apertura en el circuito ya sea por un interruptor o una carga no deseada el sistema entra en falla, este no operará y puede emitir una señal de alarma o acción correctiva. Este comportamiento equivale a una compuerta lógica AND. En un circuito en paralelo, si alguno de los nodos se encuentra abierto, la carga seguirá operando. En el caso de que todos los nodos se encuentren abiertos, la carga en el circuito deja de operar. Este comportamiento equivale al de una compuerta OR. Las compuertas complementarias se pueden interpretar como interruptores o entradas cuyo valor en simulación es 1, de esta forma si el interruptor se encuentra abierto, su interpretación en estado lógico es 0 y si se encuentra cerrado, su interpretación es 1. A continuación, se muestra la transversalidad de los circuitos eléctricos con los diagramas estandarizados mostrados en este trabajo.

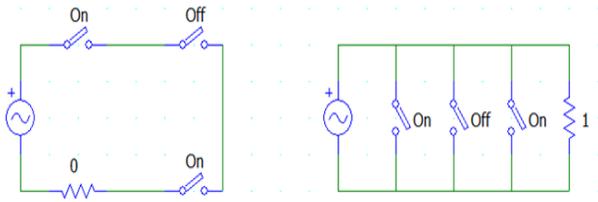


Figura 1 Ejemplo de circuito serie (izquierda) y paralelo (derecha) utilizando interruptores

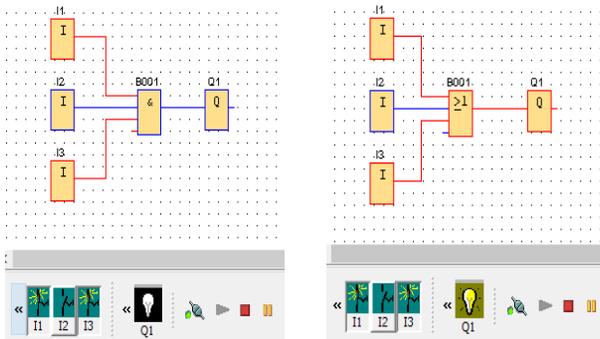


Figura 2 Ejemplo de circuito serie (izquierda) y paralelo (derecha) utilizando diagramas de bloques de funciones. Diagrama generado con el software de Logo Siemens

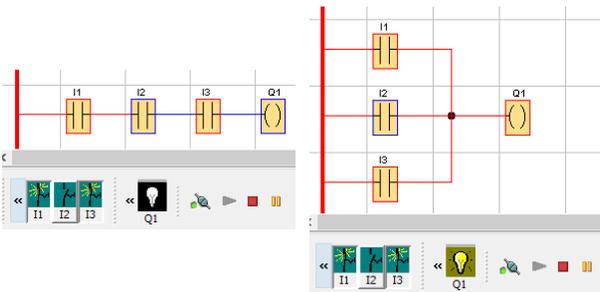


Figura 3 Ejemplo de circuito serie (izquierda) y paralelo (derecha) utilizando diagramas de escalera Diagrama generado con el software de Logo Siemens

Es recomendable, antes de programar, tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Conocer las reglas y sintaxis del lenguaje técnico y parámetros a manipular.
2. Entender el funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos.
3. Familiarizarse con el lenguaje digital y poder interpretar la simbología pertinente (diagramas de bloques y escalera).
4. Entender el funcionamiento del proceso y visualizar las posibles ramas de la ingeniería que requieran transversalidad.
5. Ser crítico y reflexivo al momento de identificar los parámetros en el algoritmo y determinar las entradas y salidas físicas.

6. En caso de ser un circuito secuencial, elaborar un diagrama de tiempos y considerar el uso de temporizadores y banderas.
7. Determinar el tipo de diagrama a emplear. (De escalera o de bloques) y ajustar y simular diferentes valores del algoritmo para obtener una caracterización del proceso.
8. Simular y Conectar los elementos al micro PLC.

Observaciones

En caso de que la automatización de un proceso se realice con base a los elementos que una empresa posea y no con los que el programador recomiende, los datos que se establecen en las actividades de programación deben estar acorde a los parámetros demandados por el comprador del programa a partir de las características técnicas que pueda poseer la maquinaria a implementar, así como los datos que el mismo programador debe determinar por cálculo. Al comprobarse que el análisis tanto de simulaciones como de tiempos demuestra el funcionamiento esperado a lo especificado, se determina que el programa es el adecuado según los requerimientos del comprador. La carta de tiempos adquiere importancia y debe ser firmada por empresa-programador, para evidenciar que el programa es resultado de lo solicitado.

Intenciones Formativas

1. Que el ingeniero sea capaz de seguir una metodología para guiarse en el proceso de programación de relevadores inteligentes.
2. Que adquiera un pensamiento lógico, crítico y reflexivo de lo que cada elemento puede realizar y cómo puede usarlos a su favor, al automatizar un proceso considerando aspectos económicos, sociales y del medio ambiente.
3. Que pueda proponer, programar y simular sus propios proyectos.

Casos de Automatización de Procesos

A continuación, se muestran casos de automatización de procesos a modo de ejemplo de uso de la metodología aplicados al área de ingeniería mecánica (control de bombas), ingeniería eléctrica (control de semáforos) e ingeniería civil (elaboración de concreto)

Manipulación de bombas

Una planta de tratamiento de agua requiere implementar 6 bombas para ser abastecida de agua del río uxpanapan. La función que cumplirán las bombas será: Que exista un momento donde todas las bombas estén apagadas. Que exista un momento donde solo operen las bombas 1 y 2. Que exista un momento donde solo operen las bombas 3 y 4. Que exista un momento donde solo las bombas 5 y 6 estén encendidas. Que exista un momento donde las bombas 1, 2, 3 y 4 se encuentren encendidas. Que exista un momento donde las bombas 1, 2, 5 y 6 se encuentren encendidas.

Que exista un momento donde las bombas 3, 4, 5 y 6 se encuentren encendidas. Que exista un momento donde todas las bombas se encuentren encendidas. Para determinar la cantidad de entradas que se necesitan, es preciso conocer la cantidad de combinaciones que se pueden obtener a partir del problema, en este caso son 8. Se puede determinar la cantidad de entradas, sabiendo que $entradas = 2^n$, donde "n" nos indicará el máximo de combinaciones, al resolver la función, $entradas = 2^3$ n = 3.

Conociendo la cantidad de entradas, salidas y combinaciones, se vacía la información en una tabla de verdad. El orden mostrado a continuación es para mostrar las combinaciones solicitadas de las bombas en una tabla de verdad donde 1 indica bomba encendida, 0 bomba apagada, Q = salidas para bombas. Tabla de verdad de manipulación de Bombas

Entradas		Bombas					
CBA	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
000	0	0	0	0	0	0	
001	1	1	0	0	0	0	
010	0	0	1	1	0	0	
011	0	0	0	0	1	1	
100	1	1	1	1	0	0	
101	1	1	0	0	1	1	
110	0	0	1	1	1	1	
111	1	1	1	1	1	1	

Para obtener la función Booleana de cada salida, utilizamos mapas de Karnaugh., se vacían los datos de la siguiente manera: Se colocan dentro del mapa los valores de Q1 cuyo estado lógico es 1. Los cuadrados que se encuentren vacíos pueden rellenarse con el estado lógico 0.

$001 = 1 \quad 100 = 1 \quad 101 = 1 \quad 111 = 1$

Mapa de Q1

C\BA	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	1	1	1	0

De esta manera obtenemos

$Q1 = \underline{A}\underline{B} + AC + \underline{B}C$

Estos pasos se repiten con cada una de las siguientes salidas, de esta forma obtenemos:

$Q1 = Q2 = \underline{A}\underline{B} + AC + \underline{B}C$

$Q3 = Q4 = \underline{A}\underline{B} + \underline{A}C + BC$

$Q5 = Q6 = AB + AC + BC$

Obtenidas las funciones, la elaboración del programa se lleva a cabo en el software del relevador inteligente considerando introducir las entradas y salidas. Este ejercicio cuenta con tres entradas y seis salidas físicas. Para designar las entradas, A equivaldrá a I1, B a I2 y C a I3, también se deben de implementar las funciones obtenidas, de esta forma, se obtiene el siguiente diagrama

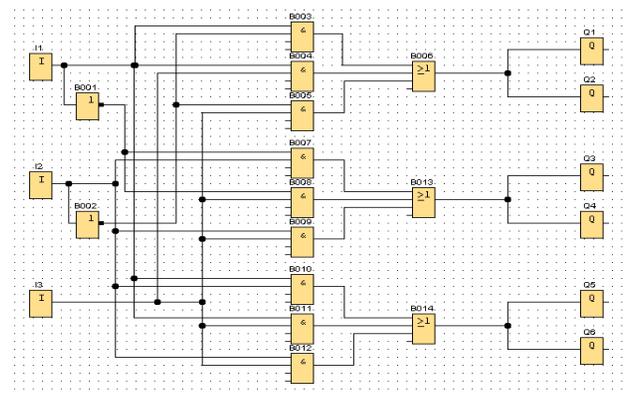
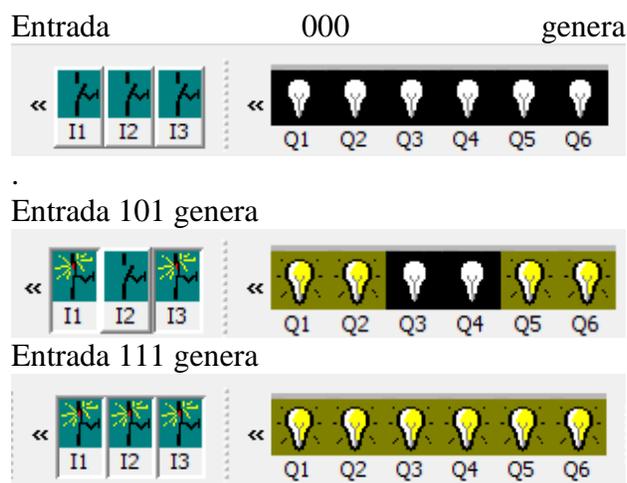


Figura 4 Conexión de compuertas lógicas para el control de bombas

Para verificar que el circuito funciona adecuadamente y cumple con la tabla de verdad, se procede a realizar la simulación, simulación que se puede ejecutar desde el software y muestra lo siguiente dependiendo las combinaciones de entrada, por ejemplo:



De esta forma se procede a transferir el programa al relevador inteligente y proceder a la interconexión física de los elementos involucrados en la automatización del proceso. Se debe tomar en cuenta las condiciones de operación para elaborar los programas de mantenimiento preventivo y medidas de contingencia, como las funciones de desconexión de las bombas.

Control de semáforo

Se requiere colocar un semáforo de tres etapas siguiendo estas instrucciones: Para iniciar el proceso, se debe pulsar un botón de encendido. Una vez encendido el circuito, se deben cumplir estas condiciones: Se debe encender la luz color verde 15 segundos, pasados 15 segundos, la luz verde se apaga y la luz ámbar se enciende por 5 segundos, pasados 5 segundos, la luz ámbar se apaga y la luz roja se enciende por 20 segundos, pasados 20 segundos, la luz roja se apaga y la luz verde se enciende una vez más, repitiendo así el ciclo hasta que se interrumpa el proceso por un botón de paro.

El primer paso es determinar cuántas entradas y salidas existen. En este ejemplo existen dos entradas físicas (arranque y paro) y tres salidas físicas (luz verde, ámbar y roja). En este ejercicio donde los parámetros ya han sido establecidos los elementos deben integrarse en un diagrama de tiempos de la siguiente manera:

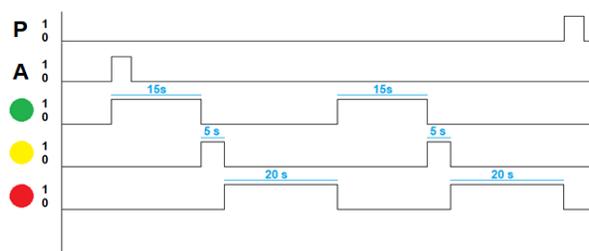


Figura 5 Diagrama de tiempos del semáforo

Se procede a elaborar un diagrama de escalera con los elementos de entrada y salida, así el arranque será I1, paro I2, luz verde Q1, luz ámbar Q2 y luz roja Q3.

Para determinar las funciones de los temporizadores se establece:

El temporizador (T001) apagar a Q1, el temporizador (T002) debe encenderse cuando el primer temporizador opera y debe apagar a Q2 cuando opere. El tercer temporizador (T003) debe encenderse cuando el segundo temporizador opera y debe apagar a Q3 cuando opere. Este mismo debe encender a Q1 para reiniciar el proceso.

La cantidad de temporizadores a emplear debe ser tres, por tanto, los elementos presentes en el sistema son los siguientes:

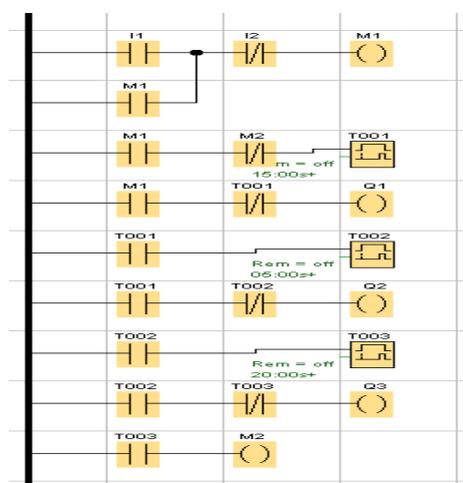
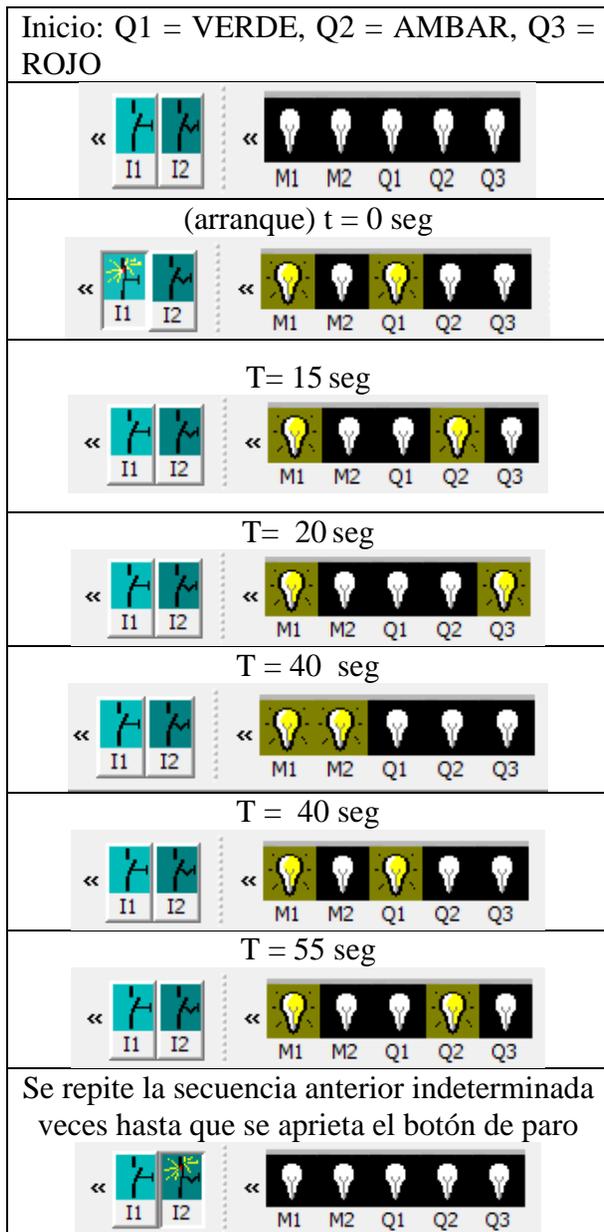


Figura 6 Diagrama de escalera propuesto para el control de tráfico, software logo de siemens

La simulación se puede ejecutar estableciendo diferentes parámetros de tiempo a los temporizadores. Esta acción da certeza al usuario de que el programa funciona de acuerdo a lo solicitado, demostrando que el programa de señal de control de tránsito cumple su propósito para posteriormente transferir el programa al micro-PLC y realizar las interconexiones físicas de los elementos. Las siguientes figuras muestran la secuencia de simulación:

Simulación de proceso secuencial



Elaboración de concreto

Se requiere automatizar un proceso para elaborar concreto. La característica final del producto es que debe contar con una resistencia a la compresión de 300 kg/cm², para un tamaño máximo de 20mm utilizando bultos de cemento Portland. El proceso debe funcionar de la siguiente manera:

Al iniciar el proceso, una tolva debe dejar caer el cemento a la mezcladora. Una vez arrojado el cemento, se debe arrojar la grava y la arena al mismo tiempo. Agregada la arena y la grava se requiere suministrar agua desde un tanque. Tras añadir los elementos, se debe mezclar por un cierto tiempo. Al terminar de mezclar, se debe vaciar el concreto. Datos técnicos: El suministro de agua se da por una bomba marca Hasa modelo HMI Inox 304.

Se mezcla con una revolvedora de concreto Hamac modelo Twin Shaft JS500. En este caso de automatización no existen valores de tiempos, pero existen valores para la elaboración del concreto y datos técnicos proporcionados por los equipos a implementar. El ingeniero debe determinar a partir de las consideraciones técnicas de qué manera debe funcionar el programa. Es común en las industrias que el especialista del área, determine las condiciones del trabajo a realizar, que cambian por el lugar del trabajo por factores como la humedad, temperatura, contaminación, presión atmosférica, ph del agua etc. Para automatizar un proceso como este, se requiere del uso de temporizadores para el suministro del agua y para el mezclado del concreto. En el caso del agua se exige una cantidad específica de volumen para el proceso y está en tanques de almacenamiento. Es necesario determinar el tiempo que va a tardar la bomba en liberar la cantidad necesaria.

En el caso de la mezcladora, no existe un tiempo de mezclado, sino una cantidad de revoluciones por las que debe pasar el concreto, por lo que se debe calcular, con respecto a las revoluciones por minuto (rpm) de la mezcladora, cuánto tiempo va a tardar en dar las revoluciones necesarias para obtener la consistencia esperada. Se debe formar un algoritmo que cumpla con las características solicitadas con las funciones de arranque y paro para proteger al usuario y al sistema. Inicia el proceso con el botón de arranque para encender la tolva 1. Una vez abierta la tolva 1, se deben abrir las tolvas 2 y 3, sin embargo, esto puede provocar un accidente al dejar caer tanto material en un periodo virtualmente inmediato, es preferible que las tolvas 2 y 3 se abran gradualmente después de un cierto tiempo.

De igual manera, en caso de que un cuerpo extraño caiga a la mezcladora, se requiere poder pausar el proceso con un botón de paro. Esto significa que se debe conectar un temporizador a la entrada de las tolvas y agregar un interruptor NC como entrada al temporizador. Después de operar a la tolva 2 y 3, se requiere suministrar agua. Como se requiere de una cantidad específica de agua para la obtención del concreto a 300 kg/cm². Se debe determinar el tiempo dada la presión con la que sale el agua.

Debido a que este proceso no puede verse alterado por ninguna circunstancia, no se coloca un botón de pausa en esta parte del programa, pues de existir, el temporizador reiniciará su proceso y se suministrará más agua de la necesaria, afectando al producto de salida. Vertida el agua, se debe comprobar que no existan cuerpos extraños en la mezcladora, por lo que debe darse un lapso breve para corroborar. Una vez pasado este tiempo, se debe encender la mezcladora. De igual forma, para brindar más seguridad al sistema y brindar un mayor ahorro de energía, puede finalizar el mezclado como un corte de suministro eléctrico.

Diseñado el algoritmo, se sabe que existen cuatro entradas físicas (arranque, paro y dos pausas) y cinco salidas físicas (tolvas 1, 2 y 3, bomba y mezcladora). El siguiente paso es elaborar el diagrama de tiempos, asignando los valores a cada proceso. Los procesos de vaciado e inspección del contenido en las tolvas 1, 2 y 3, así como la inspección del contenido dentro de la mezcladora después de suministrar el agua, requiere un tiempo de 10 segundos. Para calcular cuántos segundos se requiere dejar encendida la bomba del agua, se deben considerar el gasto de la bomba y la cantidad de agua que se debe utilizar en la mezcla.

El concreto debe tener una resistencia a la compresión de 300 kg/cm² a 20 mm, por tanto, la cantidad de agua es de 23 litros. La siguiente tabla permite conocer el tiempo de mezclado.

Capacidad de la mezcladora m ³	Tiempo de mezclado, en minutos, según el American Concrete Institute
0.8	1
1.5	1 ¼
2.3	1 ½
3.1	1 ¾
3.8	2
4.6	2 ¼
7.6	3 ¾

Tabla 2 Tiempo de mezclado con respecto a la capacidad de la revoladora Fuente: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (2015). Fabricación del concreto con mezcladora. El Salvador. Laboratorio de materiales de construcción

La bomba tiene los siguientes datos técnicos: Bomba marca Hasa modelo HMI Inox 304. De estos datos, se toma el caudal y se obtiene la cantidad de litros por segundo:

$$Q=8100 \text{ L/h} = 8100 \text{ l/h} * 1/3600 \text{ h/s}; Q=2.25 \text{ L/s}$$

Si requerimos de 23 litros, entonces:

$$t=23/2.25 \text{ L/L/s}; t=10.22 \text{ s}$$

El temporizador debe estar configurado a 10.22 segundos para suministrar la cantidad de agua necesaria. Para calcular cuántos segundos se debe mezclar el concreto, es preciso considerar cuántas revoluciones por minuto proporciona la mezcladora. La tabla 1, muestra cuánto tiempo se debe de mezclar el concreto si se supone una rotación de 20 rpm. La capacidad máxima de la mezcladora es de 800 L. Si consideramos que: $1L=0.001M^3$, Entonces: $8000L=800 * 0.001m^3$, $8000L=0.8m^3$

Esto es igual a la capacidad mínima de la tabla 1, donde la cantidad de tiempo es equivalente a 1 minuto, sin embargo, es de recordar que la tabla es para maquinas cuya velocidad es de 20 rpm y esta mezcladora es de 35 rpm, entonces, se establece el tiempo a 20 revoluciones, aplicando una regla de tres:

$$t=20 \text{ rpm}$$

$$60 \text{ s}=35 \text{ rpm}$$

$$t=(20 \text{ rpm} * 60 \text{ s}) / 35 \text{ rpm}$$

$$t=34.28 \text{ s}$$

Una vez determinados los parámetros de tiempo, estos deben integrarse en un diagrama de tiempos como el siguiente:

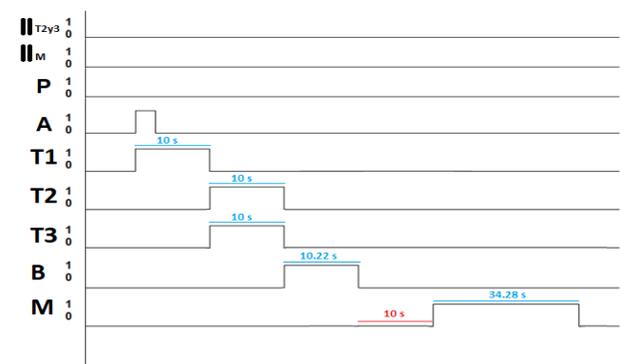


Figura 7 Diagrama de tiempos propuesto para la elaboración de concreto

Los elementos de entrada y salida adquieren los nombres siguientes: arranque(A) = I1, (P) paro/pausa 1 = I2, pausa 2 (IIT2y3) = I3, pausa 3 (IIM) = I4, tolva 1 (T1) = Q1, tolva 2 (T2) = Q2, tolva 3 (T3) = Q3, bomba (B) =Q4 y mezcladora (M) =Q5.

Para determinar cuántos temporizadores deben emplearse se requiere saber qué función realizara cada temporizador:

El temporizador (T001) debe apagar a Q1.

El temporizador (T002) debe encenderse cuando el temporizador (T001) opere y debe apagar a Q2 y Q3 cuando opere.

El temporizador (T003) debe encenderse cuando el segundo temporizador opera y debe apagar a Q4 cuando opere.

El cuarto temporizador (T004) debe encenderse cuando el tercer temporizador opera y debe mantener un tiempo para que comience a funcionar Q5. El quinto temporizador (T005) debe encenderse cuando el cuarto temporizador opera y debe apagar a Q5 dada una marca cuando opere. Este mismo debe parar el proceso al desenergizar el sistema. Así la cantidad de temporizadores a emplear debe ser de cinco, con los siguientes elementos:

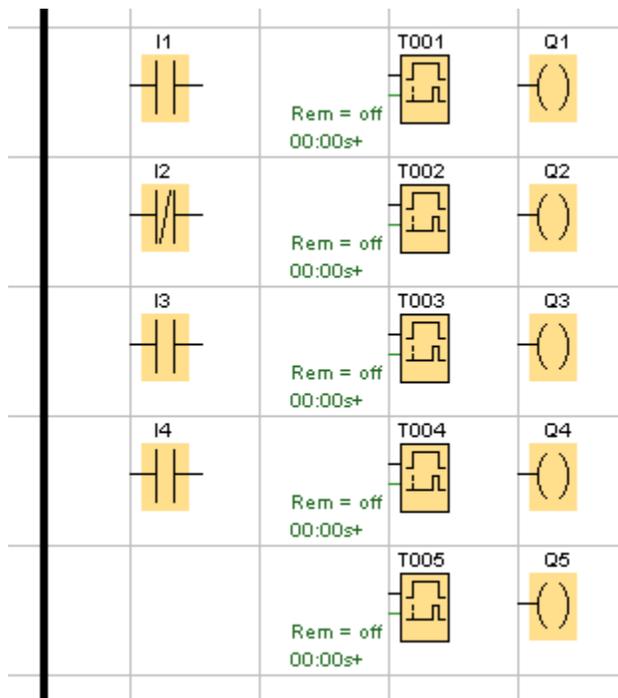


Figura 8 Elementos necesarios para diseñar el circuito de automatización de concreto

Una vez establecidos los elementos se realiza el siguiente diagrama de escalera que cumple con las condiciones para automatizar el proceso de elaboración de concreto quedando de la siguiente manera;

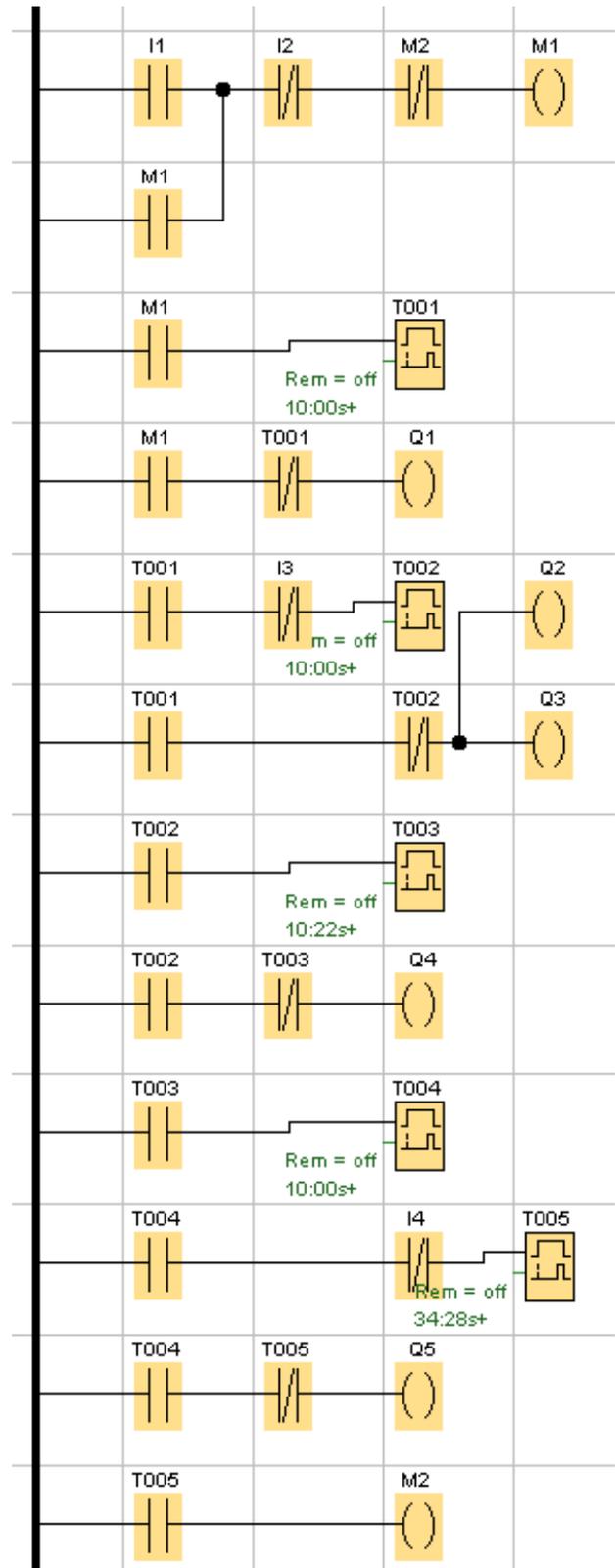


Figura 9 Circuito final propuesto para la elaboración de concreto

Estos datos se establecen acorde a los parámetros demandados por el comprador del programa a partir de las características técnicas que poseen las maquinarias y por los datos pulidos por el mismo programador.

Al comprobarse que el análisis tanto de simulaciones como de tiempos demuestra el funcionamiento esperado a lo especificado, se determina que el programa es el adecuado según las especificaciones del comprador. A continuación, se muestra la simulación realizada:

Simulación	
T0 ⁻	«  »
T0 ⁺	«  »
T10 ⁺	«  »
T20 ⁺	«  »
T30.22 ⁺	«  »
T40.22 ⁺	«  »
T1.14.5	«  »
paro	«  »

Agradecimiento

Se agradece a los cuerpos académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos en especial al Cuerpo Académico en formación en Educación y Sustentabilidad para el desarrollo de una ingeniería integral.

Conclusiones

Los casos de automatización desarrollados, permitió demostrar la importancia y ventajas de seguir una metodología para automatizar procesos con relevadores inteligentes.

La metodología desarrollada también permite que el programador adquiriera un pensamiento crítico y reflexivo considerando aspectos como el medio ambiente, la salud integral, la seguridad, aspectos técnicos de los equipos, la operatividad de procesos, la transversalidad de conocimientos entre ingenierías.

La metodología propuesta enriquece los conocimientos sobre programación que toma como base los diagramas de bloques y diagramas de escalera.

El aprendizaje esperado es:

1. Comprender el lenguaje técnico.
2. Reconocer las indicaciones de seguridad.
3. Conocer los parámetros a manipular.
4. Entender el funcionamiento de los dispositivos eléctricos.
5. Familiarizarse con el lenguaje digital.
6. Interpretar la simbología del proceso a automatizar.
7. Establecer el funcionamiento del proceso con relevadores inteligentes.
8. Relacionar conocimientos con otras ramas de la ingeniería.

Adquirir la competencia de automatizar procesos con relevadores inteligentes, permitirá al ingeniero ofrecer soluciones a problemas de la vida real en diversas áreas de la sociedad, educación e industrias para el bien de México.

Referencias

- [1] ABB (2014). Plataforma de automatización AC500, Suiza: Asea Brown Boveri.
- [2] Aguilera Martínez, P. (2002). Programación de PLC's. Universidad Autónoma de Nuevo
- [3] Allen Bradley (2008). Manual del usuario: Controladores programables PLC-5 1785 clásicos, USA: Rockwell Automation.
- [4] Allen Bradley (2008). Referencia del conjunto de instrucciones: Controladores programables PLC-5, USA: Rockwell Automation.
- [5] Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (2012). Consulta de normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo. México, Distrito Federal: Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Recuperado de: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/ConsultaNoms.aspx>
- [6] Avilés Sánchez, A; De los Santos Ventura, I; Hernández Zapiain, J; Martínez Castañeda, S. (2009). Manual técnico de PLC Siemens LOGO 230RC.

- [7] Bloom Benjamin, S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*, New York; Toronto: Longmans, Green.
- [8] Bombas Hasa (2018). *Catálogo general 2018*, España: Bombas Hasa.
- [9] Borrero, J. D. (2019). Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología Blockchain. CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa, (95), 71-94.
- [10] Boscán Añes, L. (2010). Diseño de un sistema de control mediante PLC para las Instalaciones de aire acondicionado central (agua Helada) e iluminación de un edificio de laboratorio. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [11] Carreño Guerra, V. J. (2019). Diseño de un sistema de seguridad con sensores, llamada telefónica y envío de mensajes de texto, para la seguridad de una tienda de dispositivos móviles en la ciudad de Huaraz del año 2018.
- [12] Cemex (2015). *Manual del constructor*. México: Cemex. Recuperado de: <https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45587277/aplicaciones-manual-construccion-general.pdf/>
- [13] Morris Mano, M. (2003). *Diseño Digital*, México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [14] Nicholson, M. (2017). *IEC Symbols Guide*. United Kingdom: White Paper. Recuperado de: <https://www.cadlinecommunity.co.uk/hc/en-us/articles/115001035389-AutoCAD-Electrical-2017-IEC-Symbols-Guide>
- [15] Puentes, B. (2015). *Elementos de control electromagnético*. México: Prezi. Recuperado de: https://prezi.com/kozvbqi_irvj/elementos-de-control-electromagnetico/
- [16] Quispe Quispe, M. (2014). Diseño de un controlador de proceso industrial utilizando controladores lógico-programables de Siemens/Simatic-s7 interactuando con la planta virtual ITS y monitorización SCADA. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- [17] Sánchez, I., & Silid, G. (2019). Análisis y selección de equipos para implementar un laboratorio de domótica en la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo.
- [18] Siemens (2009). *Controlador programable S7-1200*, Nuremberg: Geschaeftsgebiet Industrial Automation Systems
- [19] Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (2015). *Fabricación de concreto con mezcladora*. El Salvador: Laboratorio de materiales de construcción. Recuperado de: <http://www.uca.edu.sv/mecanicaestructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/FABRICACION%20DE%20CONCRETO.pdf>
- [20] Universidad Nacional de Educación a Distancia (2011). *Controladores Industriales Inteligentes*. España: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control. Recuperado: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_2.pdf
- [21] Valdés Fernández, R. (2012). *Automatización de un sistema de climatización con PLC*. Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal.
- [22] Villalobos Muñoz, W. (2019). Diseño electrónico de apertura automática por contraseña para una puerta con alerta de llamada al celular.
- [23] Villamil, X., & Guarda, T. (2019). App Móvil Desarrollada con Metodología Ágil para IoT Controlada desde una Red LAN/WAN con Placa de Desarrollo de Hardware Libre (Arduino). *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, (E17), 379-392.