

SISTEMA DE MONITOREO POR WIFI PARA EL HT-PLC UTILIZANDO EL PROTOCOLO UDP

Pérez Arce Beatrice ¹, Inzunza Villagomez Héctor Iván ², Hernández Ruiz Sergio Iván ³, López Corella José Alejandro ⁴, Herrera Velarde Maribel ⁵, Vázquez Cuevas Javier Ignacio ⁶

Tecnológico Nacional de México / I.T. de Nogales, Metal Mecánica Ingeniería Mecatrónica
Av. Tecnológico 911, Nogales, Sonora, México
+52(631) 311 1881. Ext 1129.
sergiohernandez@itnogales.edu.mx

RESUMEN.

Este trabajo describe la implementación de un sistema de monitoreo con dispositivos móviles para la plataforma HT-PLC, el cual es un IDE (*Integrated Development Environment*) que permite la construcción de diagramas en escalera para la programación de un PLC basado en la placa de desarrollo Arduino.

Para que esta plataforma cumpla su propósito cuenta con dos herramientas principales. La primera permite la construcción de diagramas en escalera con las herramientas básicas. La segunda herramienta ofrece opciones de monitoreo en computadoras.

Para el monitoreo en dispositivos móviles se ha desarrollado una aplicación en la plataforma LOVE en el lenguaje Lua. Esta aplicación es multiplataforma y permite un monitoreo en una LAN de forma inalámbrica usando el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*).

Palabras Clave: Arduino, C#, wifi, PLC, Lua.

ABSTRACT.

This work describes the implementation of a monitoring system with mobile devices for the HT-PLC platform, which is an IDE (integrated development environment) that allows the construction of diagrams on the ladder for the programming of a PLC based on the board of Arduino development.

For this platform to fulfill its purpose, it has two main tools. The first allows the construction of diagrams on the ladder with the basic tools. The second tool offers monitoring options in computers.

For monitoring on mobile devices an application has been developed on the LOVE platform in the Lua language. This application is multiplatform and allows wireless LAN monitoring using the UDP protocol (User Datagram Protocol).

Keywords: Arduino, C#, wifi, PLC, Lua.

1. INTRODUCCIÓN.

El HT-PLC es una plataforma desarrollada en Visual Studio en el lenguaje C# que permite la construcción de diagramas en escalera para un prototipo de PLC basado en Arduino. Esta plataforma se encuentra en desarrollo e inició en el año 2016.

Esta plataforma fue publicada por primera vez en el ELECTRO 2018 (Congreso Internacional de Ingeniería Electrónica) [1].

En el mes de octubre del mismo año se publicó en la IEEE ICA-ACCA (*International Conference of Automation/ Congress of the Chilean Association of Automatic Control*) una nueva versión del IDE y del prototipo de PLC. Entre las mejoras y modificaciones dadas a conocer, la más destacada

fue la implementación de la conexión Ethernet del prototipo, que permitía visualizar las entradas y salidas en una página web [2].

En este trabajo se presenta una nueva versión de la plataforma, donde se realizaron cambios y se hizo progreso tanto en el IDE como en el prototipo. El propósito de estas mejoras es introducir la plataforma en la Industria 4.0 en el aspecto del internet de las cosas.

Por último, se efectuaron las primeras pruebas para documentar el rendimiento de ejecución de los programas del prototipo de PLC, con el fin de conocer si será capaz de funcionar correctamente en un entorno industrial.

2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1. Arduino.

Arduino es una plataforma de desarrollo de código abierto, es decir, las características, componentes, funcionamiento y especificaciones son de acceso público, de manera que cualquier persona puede destinar o modificar estos elementos de la forma que se requiera.

En el IDE, los usuarios pueden programar con una computadora el microcontrolador que se encuentra en una placa de circuitos impresos, para controlar múltiples sensores y/o actuadores. Este IDE está basado en el entorno de *Processing* y en la estructura del lenguaje de programación *Wiring* [3,4].

2.2. UDP

El protocolo de datagramas de usuario, también llamado UDP, por sus siglas en inglés, posibilita el intercambio de datagramas sin la necesidad de haber establecido una conexión en la red IP y el número del puerto del dispositivo empleado. Es visto como un protocolo no confiable dado que no se obtiene la confirmación de la recepción ni la entrega del datagrama, permitiendo la llegada incompleta y duplicaciones de los paquetes de datos. Sin embargo, la velocidad a comparación de su alternativa, el protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*), es mucho mayor y permite la difusión de los datagramas a múltiples *host*, siendo una opción conveniente para aplicaciones que requieran de datos en tiempo real y no réplicas exactas del paquete enviado.

2.3. Visual Studio.

Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado que trabaja con el sistema operativo Windows. Ofrece una cantidad inmensa de funciones y herramientas para la realización de aplicaciones para dispositivos que utilicen Windows, interfaces gráficas de usuario, páginas y aplicaciones web, entre otros servicios que la plataforma permita crear. El IDE soporta el uso de diversos lenguajes de programación, por ejemplo: C, Visual Basic, C++, F#, JavaScript, TypeScript, Python y R, que ya están incorporados en el programa [5], no obstante, existen extensiones que expanden las opciones del usuario al momento de querer hacer uso de otros lenguajes de programación [6].

2.4. Controlador lógico programable (PLC).

Los PLC son computadoras digitales utilizadas para el control automático de procesos electromecánicos en distintas industrias. Estos autómatas están diseñados para operar en entornos expuestos a vibraciones constantes, altas y bajas temperaturas, alta humedad y cualquier ambiente donde los factores externos puedan comprometer la integridad de cualquier controlador convencional. Una de las ventajas principales de los PLC, a comparación de otros sistemas de control, es su versatilidad para adaptarse a pequeños o grandes cambios en un proceso ya establecido [7,8].

2.5. Diagrama en escalera.

El diagrama en escalera, también conocido como diagrama Ladder o de contactos, es un lenguaje gráfico basado en los diagramas de control de relevadores y es empleado como uno de los lenguajes de programación estandarizados para los PLC, dado a su gran facilidad de uso y la familiaridad de los técnicos e ingenieros con los diagramas.

El lenguaje Ladder consiste en rieles de contacto que van de izquierda a derecha y están conectados a diversos elementos gráficos que cumplen con el estándar internacional de la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), así como: contactos abiertos, contactos cerrados, contadores, entre otros [7,9].

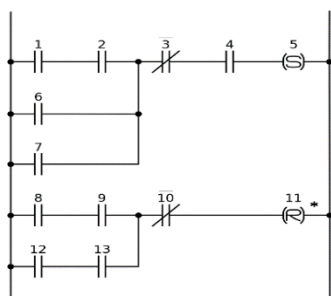


Figura 1. Ejemplo lenguaje ladder.

2.6. Lua

Lua es un lenguaje de programación interprete escrito en ANSI C, lo que lo hace multiplataforma, en vista de que el código

escrito en este lenguaje puede ser compilado en cualquier programa que posea un compilador ANSI C. De igual manera, se caracteriza por tener una API (*Application Programming Interface*) de C sencilla pero potente, que hace posible incrustar la programación de Lua en una aplicación ya existente escrita en otro lenguaje, ya sea: C, C++, Ruby, Java, entre otros. Asimismo, Lua soporta la programación por procedimientos, orientada a objetos, funcional, dirigida por datos y también la descripción de datos [10].

3. SOFTWARE DESARROLLADO.

3.1. HT-PLC (IDE).

HT-PLC IDE es un software desarrollado en la plataforma de Visual Studio, en el lenguaje de programación C#. Este programa contiene herramientas que permiten el uso de Arduino como PLC. Las herramientas principales de este IDE son el monitoreo y el diseño de diagramas en escalera para la placa Arduino.

Este software permite crear, abrir y editar proyectos, los cuales pueden ser enviados al PLC o guardarlos en la memoria de la computadora.

3.2. Características generales.

Para la elaboración de los proyectos primero es necesario conocer el entorno de trabajo.

Una vez que se ejecuta el programa se muestra un menú en donde se encuentran las distintas herramientas que ofrece este software, tales como las opciones relacionadas con la creación y edición de proyectos, monitoreo del PLC, configuración de conexión Ethernet y wifi del controlador (figura 2).



Figura 2. Menú de inicio de la plataforma.

El apartado de creación y edición de proyectos es un área donde el usuario puede construir los diagramas en escalera con las herramientas básicas de este lenguaje de programación (figura 3).

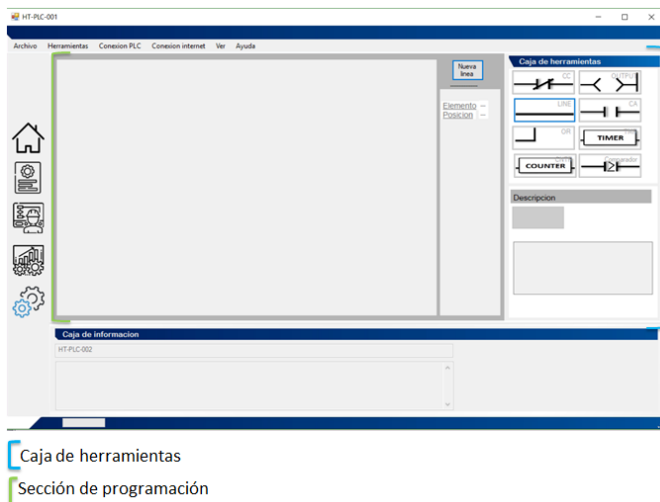


Figura 3. Secciones de trabajo.

3.3. Sección de programación.

La sección de programación (figura 4) es en la que se desarrolla el diagrama en escalera.

El apartado se divide en líneas compuestas de 8 bloques. A su vez, los bloques se dividen en dos grupos: 7 de lectura ubicados en la parte izquierda, pudiéndose asignar solamente los recursos que permiten la lectura de datos; y el último de escritura que está situado en el lado derecho, en el que solo se pueden insertar las herramientas que pueda modificar la información de los registros [1].

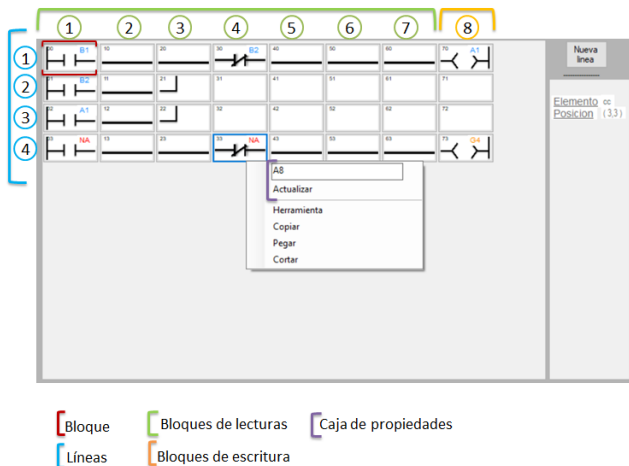


Figura 4. Sección de programación.

Cuando se crea un nuevo proyecto esta zona aparece en blanco, de modo que es necesario crear una nueva línea. Como se mencionó anteriormente, las líneas están compuestas de bloques. La función de cada bloque es contener las herramientas que conforman los diagramas, como lo son los CC, CA, TMR, OUT, entre otras. Dando clic izquierdo sobre

un bloque se despliega un menú donde le usuario puede asignar con que registro operara cada herramienta.

3.4. Caja de herramientas y registros.

La caja de herramientas aparece en el lado derecho de la sección de programación al crear un nuevo proyecto o al abrir uno ya existente. Este apartado contiene las herramientas básicas que integran y permiten la construcción de diagramas en escalera, y para seleccionarla solo es necesario dar clic derecho encima de esta. La función de las herramientas es poder interactuar con la información que contienen los registros del PLC.

Un registro es un espacio de memoria donde se puede leer y/o escribir información binaria para interactuar con los periféricos del PLC. Existen 5 tipos de registros en la presente plataforma, cada uno de estos se encargan de administrar distintas funciones (Tabla 1) [1].

Tabla 1. Registros de programa.

Registro “A/a” salidas (L/E) (1 al 8)	Recibe la información de control de salidas.
Registro “B/b” entradas (L) (1 a 8)	Refleja los datos de las entradas.
Registro “C/c” bobinas internas (L/E) (1 a 77)	Es responsable de activar y desactivar las bobinas internas.
Registro “e” Temporizador (L)	Se encarga de leer los eventos de temporizador.
Registro “d” Contador (L)	Contiene la información de los eventos contador.

3.5. Caja de información.

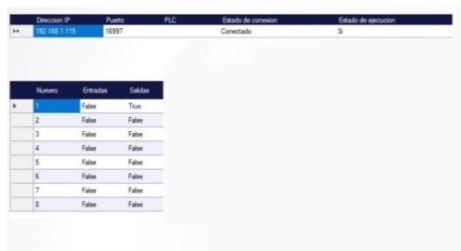
La caja de información se encuentra en la parte inferior de la pantalla. Esta brinda información de las operaciones y errores que se pueden producir, tales como las fallas en la conexión, la actualización de datos, entre otros. Con el fin de asistir al usuario en la aparición de errores, se colocó en la sección de ayuda una opción llamada “Lista de errores” que contiene la descripción y los motivos por los que se producen [1].

3.6. Conexión de con el Hardware.

La conexión de la computadora al Arduino se realiza mediante el uso de un cable USB (Tipo A-B). Una vez conectado el PLC a la computadora se debe establecer una comunicación entre ambos mediante las opciones de “Conexión” que ofrece la plataforma, ubicadas en la parte superior del programa. Es necesario establecer una conexión del dispositivo cuando se desea cargar un proyecto, configurar la conexión wifi del PLC o extraer un proyecto del PLC.

3.7. Monitoreo.

En el apartado de monitoreo se visualiza en tiempo real y de forma remota el estado de las entradas y salidas del PLC cuando este se ejecuta un programa. Además se puede obtener la dirección IP, puerto de conexión y nombre del controlador. Para realizar el monitoreo es necesario estar en una LAN y seleccionar las opciones de monitoreo tanto del controlador como de la computadora (figura 5).



Entrada	Salida	Estado
0	0	False
1	1	False
2	2	False
3	3	False
4	4	False
5	5	False
6	6	False
7	7	False
8	8	False

Figura 5. Apartado de monitoreo del IDE.

4. HARDWARE.

4.1. HT-PLC-001.

Para facilitar el uso de una tarjeta Arduino como PLC, se ofrece un prototipo basado en este microcontrolador, denominado “HT-PLC-001”. A pesar de que el programa puede adaptarse a cualquier placa de la marca, el prototipo es controlado por un Arduino Uno y un Arduino Nano con el propósito de expandir los periféricos.

4.2. Estructura y Funcionamiento

El HT-001 está basado en un Arduino Mega, cuenta con 8 salidas de relevador y 8 entradas digitales, 5 botones para navegar entre las opciones y cuenta con una pantalla LCD de 20x49 que sirve como interfaz gráfica, donde el usuario puede apreciar las opciones que ofrece el PLC (figura 6).

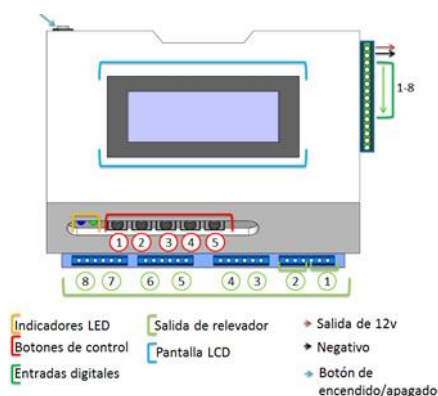


Figura 6. Estructura física del PLC.

El controlador solo puede ser encendido si primero es energizado por una fuente de alimentación de 12V y después se acciona su botón de encendido, encontrado en la parte de atrás. En el caso que el led verde enciende y apaga cuatro veces en intervalos iguales, indica que el PLC funciona correctamente, y si el led azul permanece encendido la alimentación es correcta. El PLC cuenta con un módulo WIFI ESP8266 que se comunica con el controlador mediante el protocolo de transmisión de datos UART y se puede configurar usando comandos AT. De igual manera, el controlador está conectado al módulo de 8 relevadores y la pantalla LCD que se comunica mediante el bus I2C (figura 7).

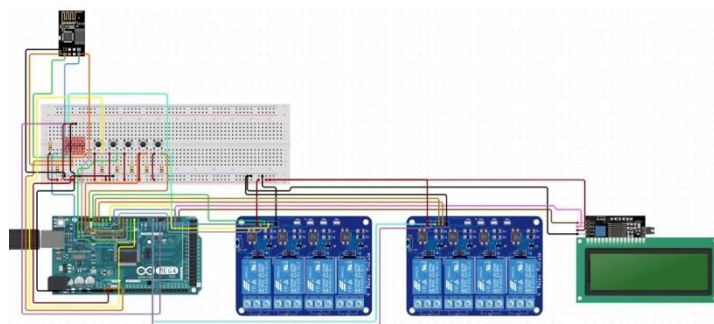


Figura 7. Estructura interna del PLC 1.

4.3. Pantalla.

El controlador dispone de una pantalla LCD 20x49 (figura 8), la cual está dividida en 4 líneas. La primera línea en el extremo derecho se puede ver si un programa está en ejecución o no. En la segunda y tercera línea se encuentran las opciones del menú. Y en la cuarta línea se puede ver que botones son presionados.

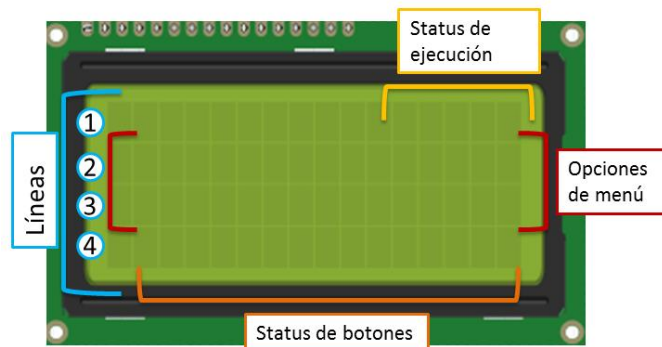


Figura 8. Pantalla LCD de PLC 1.

Esta pantalla sirve como interfaz gráfica para el usuario y facilita el control de las opciones que ofrece el PLC. Al alimentar el PLC enciende la pantalla, desplegando un menú que se divide en dos partes. En la primera parte del menú se pueden seleccionar las opciones de “Estatus” y “Borrar

programa”. En la segunda parte se encuentran las opciones de “Conexión wifi” y “Ejecución”.

4.4. Botones.

El botón 1 sirve para seleccionar la opción deseada. El botón 2 y 3 permiten al usuario desplazarse entre el menú 1 y el menú 2, y por último los botones 4 y 5 sirven para subir y bajar el cursor de selección.

4.5. Opciones.

En “Estatus” muestra en la pantalla LCD el estado de algunos registros en tiempo real, tales como los registros de salidas, entradas, entre otros.

La opción “Conexión wifi” envía de forma inalámbrica la información de entradas y salidas a un dispositivo para realizar un monitoreo a distancia en una LAN. Los datos de la opción antes mencionada son obtenidos si antes se ha configurado la conexión del módulo wifi a una red y se conoce la IP y el puerto del dispositivo donde se llevará a cabo el monitoreo.

Para ejecutar un programa previamente cargado se selecciona la opción de “Ejecutar programa” y el programa se ejecuta automáticamente y para detenerlo solo es necesario seleccionar la misma opción.

5. MONITOREO POR DISPOSITIVOS MÓVILES.

5.1. Descripción y funcionamiento.

Con el propósito de introducir al HT-PLC a las tendencias de las tecnologías actuales, tales como el internet de las cosas y la Industria 4.0, se ha desarrollado una aplicación que permite el monitoreo del controlador (figura 9).

Estado de conexion		Estado de ejecucion	
No		No	
Numero	Entradas	Salidas	
1	0	0	
2	0	0	
3	0	0	
4	0	0	
5	0	0	
6	0	0	
7	0	0	
8	0	0	

Figura 9. Entorno de monitoreo para dispositivos móviles.

La aplicación se ha desarrollado en LÖVE, el cual es un entorno de trabajo que es de código abierto y funciona en diversos sistemas operativos, tales como: Windows, Mac OS X, Linux, Android y iOS. El lenguaje de programación que utiliza dicho programa es Lua, que destaca por ser multiplataforma y su sintaxis sencilla, incluso más simple que C o C++.

El protocolo utilizado para recibir la información enviada del Arduino a la aplicación móvil es el UDP. Es un protocolo basado en la transmisión de datagramas sin tener que conectar los dos dispositivos, caracterizándose por su velocidad a falta de configuración de conexión y ausencia de espera de respuesta.

Al iniciar la aplicación aparece una ventana en la que la IP y el puerto del dispositivo móvil son visibles al estar conectado a una red wifi, también se aprecia el botón que dice “Salir” para cerrar la aplicación y por último el botón de “Ver estado” que lleva a la siguiente ventana. La segunda y última ventana es donde se refleja la información del datagrama enviado por el controlador, el cual recibe los datos y la programación lo convierte en un paquete de 3 bytes. El primer byte corresponde la información del estado de conexión del PLC en “Estado de conexión”, es decir, si está conectado a internet; y de mismo modo refleja en “Estado de ejecución” si el controlador está ejecutando un programa. El segundo byte indica el último estado de las entradas, apreciándose en forma de tabla vertical que va de 1 a 8. El tercer byte muestra el estado más reciente de las salidas, reflejando los valores la tercera columna, también de forma vertical y enumerada del 1 al 8.

6. RESULTADOS.

Los programas elaborados en el IDE y cargados en el PLC son ejecutados correctamente, asimismo el monitoreo por wifi mediante un dispositivo móvil se lleva a cabo de manera eficiente.

Con la finalidad de conocer si el prototipo de PLC será capaz de trabajar en un entorno industrial, se desempeñaron las primeras pruebas de la velocidad de ejecución de los programas cargados al prototipo. Para llevar a cabo esta medición se destinó una de las salidas del PLC como punto de lectura y se leyeron los impulsos del barrido del programa. Para la lectura de estos impulsos se utilizó un osciloscopio de la marca Hantek (modelo Hantek6022BE), y los resultados se pueden apreciar y las imágenes 10 y 11.

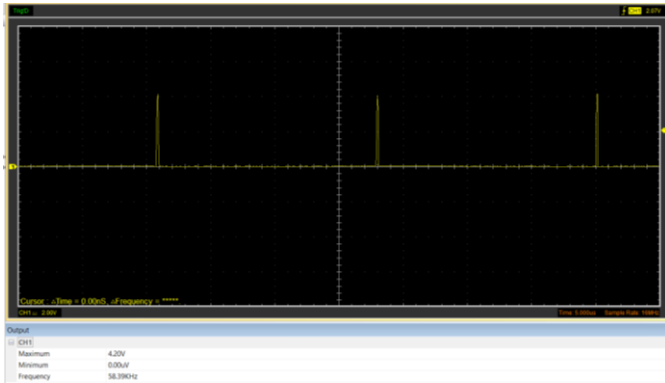


Figura 10. Medición de la frecuencia de barrido del código del PLC en modo de no ejecución (Medición: 50.96KHz).

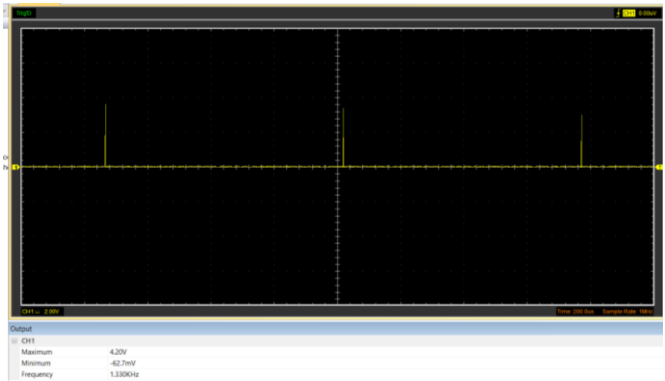


Figura 11. Medición de la frecuencia de barrido del código del PLC en modo de ejecución (Medición: 1.33KHz).

7. CONCLUSIONES.

La industria de hoy en día ha crecido a pasos agigantados, a causa de la unión de la automatización y la capacidad de almacenar e intercambiar información mediante el internet de las cosas. De modo que, con el propósito de dar el primer paso

para incorporar a la plataforma HT-PLC dentro del internet de las cosas y de la Cuarta Revolución Industrial, mejor conocida como la Industria 4.0, se ha realizado una aplicación capaz de recibir información y monitorear en tiempo real el estado del HT-PLC, en dispositivos móviles que funcionen con los sistemas operativos de Android y iOS.

A futuro se pretende integrar un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) para dispositivos móviles que sea compatible con el controlador y la intercomunicación inalámbrica de múltiples controladores como el del presente trabajo.

8. REFERENCIAS

- [1] Inzunza Villagomez Héctor Iván, diseño e implementación de un entorno de desarrollo de diagramas en escalera para Arduino, Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica Electro 2018, Vol. 40, pp. 26-31, ISSN 1405-2172.
- [2] Inzunza Hector, Pérez Beatrice, Hernández Sergio, López José, Design and implementation of a development environment on ladder diagram (HT-PLC) for Arduino with Ethernet connection, ICA-ACCA 2018, October 17-19, Greater Concepción Chile, 978-1-5386-5586-3, pp. 1-6.
- [3] <https://www.arduino.cc/>
- [4] Hernández R. Sergio, Sistema Distribuido con Arduino, wifi y LabView, utilizando el protocolo UDP, congreso Internacional en Ingeniería Electrónica Electro 2017, Vol. 39, pp. 22-26, ISSN 1405-2172.
- [5] https://books.google.com.mx/books/about/Programmable_Logic_Controllers.html?id=aVNIMwEACAAJ&redir_esc=y.
- [6] <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/?view=vs-2019#pivot=languages>
- [7] <https://www.idec.com/caen/products/Catalogs/Software/AO/overview.html>
- [8] <https://www.visualstudio.com/?rr=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- [9] <https://ab.rockwellautomation.com/>
- [10] <https://www.lua.org/about.html>
- [11] Enrique Mandado Pérez, "Autómatas programables y sistemas de automatización" Ed. Marcobo, 2009, ISBN-13: 978-84267-1575-3.
- [12] López Corella José, Automatización del proceso de moldeo por inyección de plásticos de la maquina BOY 25D, Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica Electro 2017, Vol. 39, pp. 11-16, ISSN 1405-2172.
- [13] Hernández R. Sergio, Sistema Distribuido con Arduino y LabView, utilizando el protocolo UDP, congreso Internacional en Ingeniería Electrónica Electro 2014, Vol. 36, pp. 352-355, ISSN 1405-2172.