

Raspberry Pi for Implementation of Web Technology in an Automation Process

Fabrizio López, Felipe J. Torres, Víctor A. Ramírez,
Diego A. Núñez, Rodrigo Corona
Departamento de Mecánica
Universidad de Guanajuato, DICIS
Salamanca, Guanajuato, México
Correspondencia: fdj.torres@ugto.mx

Adolfo R. López
Laboratorio de Electrónica de Potencia
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Guanajuato, México

Abstract—This paper presents a novel implementation of web technology to automate a hydraulic process by means of a commercial development board, Raspberry Pi. A web page was designed and the Ethernet standard has been used to establish the local connection with the input and output ports of the Raspberry board. A program was coded in Python language to receive signals from the limit switch sensors and control the electro valve through a relay module. The valve has two solenoids and requires 24 V DC to commute its position. This valve acts on the hydraulic cylinder to automate the process, which can be understood like an implementation of Industry 4.0. The hydraulic process was simulated and the implementation with Raspberry Pi has shown successful results.

Keywords—web technology; industry 4.0; python; raspberry pi; automated hydraulic process

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, a nivel mundial el avance de la tecnología ha crecido de manera vertiginosa. Particularmente, el acceso a internet ha aumentado significativamente. Por ejemplo, en México, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la información generada por la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de Información en los Hogares, ENDUTIH 2017, el 63.9% de la población de seis años o más, tienen acceso a internet [1].

El uso de internet no es limitado a oficinas, escuelas y hogares. Así, recientes investigaciones se han focalizado en el uso de internet en los procesos industriales, lo cual se ha denominado el Internet de las Cosas Industrial (IIoT, Industrial Internet of Things, por sus siglas en inglés) y se refiere cuando el internet es usado para obtener, acceder y controlar datos provistos por sensores y dispositivos de máquinas en un ambiente industrial. Por su parte, el concepto de Industria 4.0 se ha adjudicado a la cuarta generación de la industria manufacturera en particular, por lo cual se le ha considerado como un subconjunto del IIoT [2].

Los procesos industriales de manufactura que requieren de una automatización, comúnmente se realiza a través de elementos que utilizan energía hidráulica y/o neumática en conjunto con equipo eléctrico y un elemento de control. En este sentido, un circuito hidráulico requiere básicamente de tres tipos de dispositivos: elementos que suministran la potencia al

sistema (bomba, filtro, válvula reguladora de presión, entre otros), elementos de control (válvulas de vías) y elementos de salida de potencia (actuadores, llamados coloquialmente como cilindros).

El control de los sistemas hidráulicos se lleva a cabo por medio de dispositivos que permiten manipular señales eléctricas. En el mejor de los casos, dichas señales de control son procesadas por un Controlador Lógico Programable (PLC), o bien se llevan a cabo mediante el uso de dispositivos relevadores (Relays) que haciendo uso de sus contactos hace la implementación en el mundo real del diseño lógico del control eléctrico. Así, las válvulas de vías (llamadas electroválvulas o servo-válvulas) se activan por medio de solenoides, los cuales son excitados, en un escenario industrial, por voltajes de 24 V de CD o 120 V de CA.

En la literatura consultada acerca de la implementación de tecnología web en procesos de automatización hidráulicos, se ha encontrado que [3] reporta el control de posición de un cilindro hidráulico usando una servo-válvula, el control lo implementan experimentalmente a través de Matlab/Simulink. En [4] ha sido controlado un sistema hidráulico/neumático desde Matlab, en el cual se establece una comunicación serial donde incorporan un microcontrolador Arduino como mediador entre la computadora y el sistema hidráulico/neumático. En los trabajos anteriormente mencionados se hace uso de un equipo de cómputo de gran capacidad de hardware para soportar Matlab, lo cual incrementa el costo de la implementación de una automatización industrial.

El objetivo de este artículo consiste en controlar un cilindro hidráulico de doble efecto a través de una electroválvula 4/3 vías de doble solenoide, que será activada por medio de una tarjeta de desarrollo comercial Raspberry Pi (RPI) en conexión local a internet mediante una página web. De tal manera que esta minicomputadora de bajo costo, envíe la señal de arranque y paro del sistema hidráulico automatizado usando conexión Ethernet. Para lo cual se requiere del manejo del puerto de entradas y salidas de la RPI para conectar el módulo de relevadores como señales de salida y los sensores de inicio y fin de carrera como señales de entrada.

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección II se describe el desarrollo de la conectividad a internet

de la placa RPi usando conexión Ethernet; en la sección III se detalla la conectividad de la RPi con el exterior mediante el manejo del módulo de relevadores, así como la creación de la interfaz de usuario; en la sección IV se muestran los resultados de la experimentación del trabajo realizado en un circuito hidráulico y su comparación con el desempeño en simulación; por último, en la sección V se dan las conclusiones del trabajo realizado.

II. CONEXIÓN A INTERNET DE LA RASPBERRY PI

A. Descripción de la Raspberry Pi.

La Raspberry Pi (RPI) es un ordenador de placa reducida, conocida también como minicomputadora, placa única o de placa simple (SBC). Desde el año 2012 que empezó su distribución a nivel mundial, las RPI han sido bien recibidas tanto para uso escolar como particular. El modelo Raspberry Pi 2 B es mostrado en la Fig. 1.

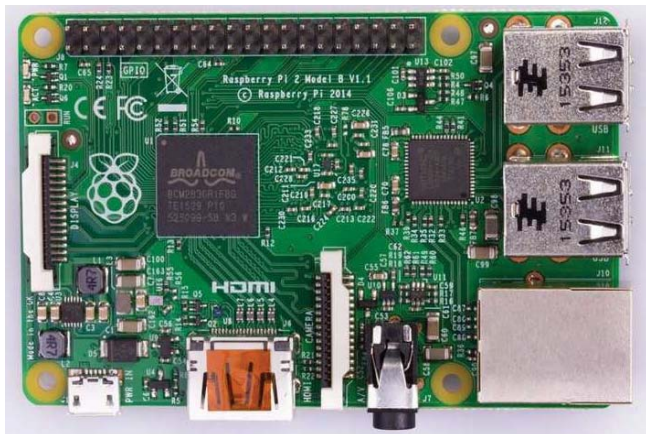


Fig. 1. Raspberry Pi 2, modelo B.

La RPi contiene un procesador BCM2836 de tipo “System on a Chip” (SoC), el cual incluye cuatro núcleos Cortex-A7 a 800 MHz que puede llegar a 900 MHz, haciendo overclock y una GPU VideoCore IV. La minicomputadora soporta el sistema operativo Raspbian (derivado de Debian) distribuido por fabricación, sin embargo, puede aceptar sistemas operativos en base Linux e incluso Windows®¹⁰. Acepta diferentes lenguajes de programación (Python, Java, etc.). La programación se realiza desde un entorno de desarrollo (Geany) o desde la misma consola del sistema para el uso de los puertos GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General).

B. Conexión Ethernet.

La Rpi cuenta con un módulo de conexión Ethernet para conectarse a internet. De esta manera, la conectividad se realizó a través del servidor Apache2. El procedimiento empleado se detalla a continuación con sus respectivas líneas de comando desde una consola:

1. Instalar el servidor Apache2:

- ```
$ sudo apt-get install apache2 -y
```
2. Verificar la correcta instalación del servidor mediante dirección IP. La identificación de la dirección IP:  

```
$ hostname -I
```
3. Ejecutar scripts .cgi desde el servidor apache2, los cuales ocupan de los siguientes pasos:
  - a. Instalación del lenguaje de programación (en este caso Python):  

```
$ sudo apt-get install python -y
```
  - b. Habilitar el módulo cgi:  

```
$ a2enmod cgi
```
  - c. Reiniciar el servidor apache2:  

```
$ systemctl restart apache2
```
  - d. Crear un script de configuración de la dirección por defecto de los scripts .cgi:  

```
$ sudo su
```

```
$ nano /etc/apache2/conf-available/cgi-enabled.conf
```

```
<Directory "/var/www/html/cgi-enabled">
```

```
Options +ExecCGI
```

```
AddHandler cgi-script .cgi .py
```

```
</Directory>
```
  - e. Crear la carpeta cgi-enabled:  

```
$ mkdir /var/www/html/cgi-enabled
```
  - f. Habilitar el archivo de configuración:  

```
$ a2enconf cgi-enabled
```
  - g. Reiniciar el servidor apache2:  

```
$ systemctl restart apache2
```
4. Crear scripts HTML para llamarlos mediante la dirección IP de la Raspberry.

### III. CONECTIVIDAD CON EL EXTERIOR

La RPi funciona como un enlace de comunicación entre el usuario que envía señales de activación del proceso, a través de una interfaz de usuario, y el mundo exterior, por medio de un módulo de relevadores para manipular los dispositivos que permitan llevar las acciones del circuito hidráulico automatizado.

#### A. Interfaz de usuario.

Se ha diseñado una interfaz web mediante lenguaje HTML con los permisos de super usuario:

\$ sudo su

```
$ nano /var/www/html/Prueba2.html
```

El código HTML tiene la siguiente estructura:

- Enviar a ejecutar el código Python.
- Instrucciones al usuario para selección de los pines que servirán para enviar y recibir datos en la RPi.

La interfaz es mostrada en la Fig. 2.

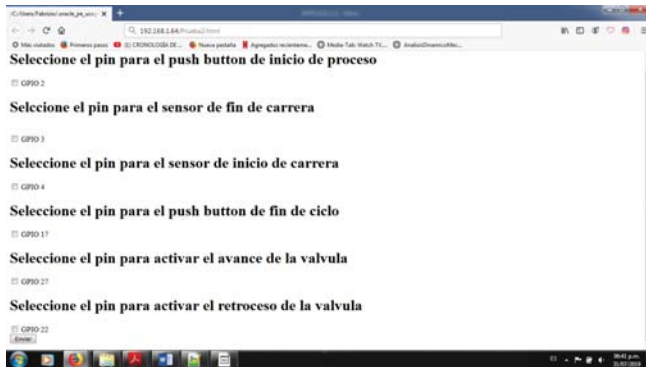


Fig. 2. Interfaz web de la aplicación.

#### B. Módulo de relevadores.

El módulo de relés mostrado en la Fig. 3, consta de 4 relevadores, los cuales son excitados con el mismo voltaje de alimentación que proporciona la RPi, es decir, no necesitan una fuente de voltaje externa para funcionar. Cada relevador contiene un solo conmutador de dos vías que soporta voltajes de 250 V CA o bien 30 V CD y una corriente de hasta 5 A. La designación de los pines es: “COM” para el pin común, “NA” para el pin del contacto normalmente abierto y “NC” para el contacto normalmente cerrado.

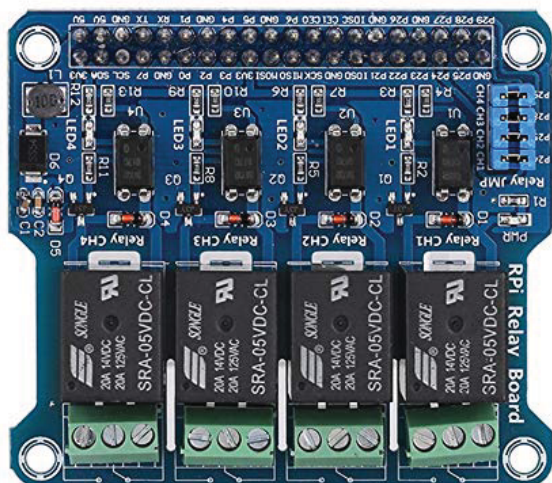


Fig. 3. Módulo de 4 relevadores para Raspberry Pi.

El nivel lógico de activación de cada relevador es mediante un pulso lógico bajo (0) y se desactiva con un pulso lógico alto (1).

#### IV. RESULTADOS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO HIDRÁULICO

Un circuito hidráulico básicamente consta de elementos de suministro de potencia, elementos de control y elementos de salida. En la implementación de la automatización, se ha establecido que, a través de la conexión a internet, por medio de una interfaz de usuario, se activen los pines de la RPi en los cuales están conectados los solenoides que activan a la válvula de vías, así como los sensores de límite de carrera con la finalidad de accionar un cilindro de doble efecto. El código de programación ejecutado sobre la RPi realiza el proceso de automatización y envía de retorno un mensaje al usuario cuando el proceso haya sido detenido.

##### A. Descripción del proceso hidráulico.

El proceso hidráulico deberá realizar lo siguiente:

- Al oprimir un push-button de INICIO, se envía una señal a la electroválvula 1V1 de vías para que actúe sobre el cilindro 1A, el cual avanzará hasta llegar a su fin de carrera.
- Cuando el cilindro sea detectado por el sensor de fin de carrera 1S2, la electroválvula 1V1 conmutará para que el cilindro 1A regrese a su posición de inicio de carrera.
- En el trayecto de regreso, el cilindro 1A es detectado por el sensor de inicio de carrera 1S1 para enviar señal a la electroválvula 1V1, haciendo que ésta conmute nuevamente y el cilindro 1A vuelva a avanzar.
- El proceso hidráulico es cíclico y se detiene hasta que se oprima un push-button de PARO.

El circuito hidráulico y su correspondiente diagrama de pasos son mostrados en la Fig. 4.

##### B. Características de los dispositivos utilizados en el circuito hidráulico.

El actuador es un cilindro hidráulico de doble efecto,  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, 8" de carrera, con cabeza en vástago para detección por sensor de rodillo.

Se utiliza una válvula 4/3 vías, activada por doble electroimán, restituida por resorte, con posición central bloqueada. Este tipo de válvula cuenta con dos solenoides o electroimanes que deben energizarse para que el cilindro de doble efecto avance o retroceda, según corresponda la ubicación del solenoide. Remarcar en las siguientes características a considerar en la automatización:

- La restitución por resorte, con posición central bloqueada, obliga a mantener señal de activación sobre el solenoide en uso hasta que se alcance el fin o inicio de carrera, según corresponda.
- La primera señal que recibe la electroválvula (en el solenoide de avance o retroceso) es la que permanece aun cuando reciba señal en el otro solenoide. Por tanto, es necesario des-energizar el solenoide en función



antes de energizar el otro solenoide para que pueda tener efecto sobre la posición de la válvula.

- Los solenoides se activan por medio de un voltaje de 24 V de CD.

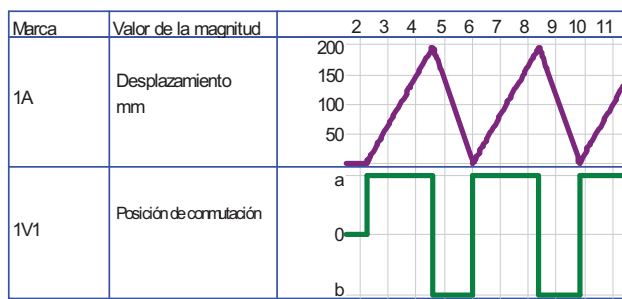
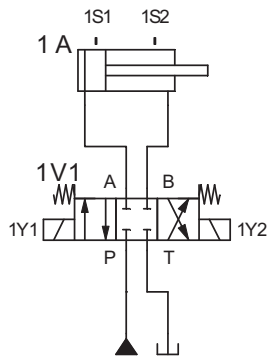


Fig.4. Circuito hidráulico y diagrama de pasos del proceso de automatización.

Los sensores de posición de carrera, son interruptores de rodillo, activos en ambas direcciones solo durante una distancia de 12 mm, con un conmutador de dos vías (NA ó NC) que puede soportar voltaje de CD o CA. Así, es imperativo que el control de automatización sea de tipo indirecto y con enclavamiento.

Este circuito hidráulico se automatizó en el software de simulación *FluidSIM®* para tener una referencia del comportamiento del circuito, además de mostrar la relativa complejidad de la implementación de la lógica de control a través de elementos eléctricos como relevadores, contactos normalmente abiertos, cerrados, etc. El esquema eléctrico se muestra en la Fig. 5.

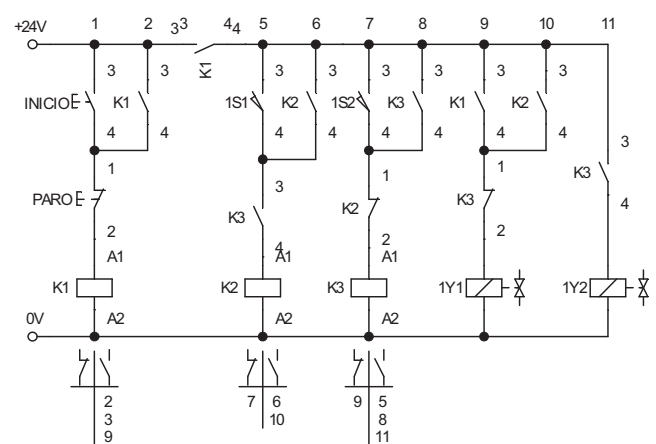


Fig. 5. Esquema eléctrico que automatiza el proceso hidráulico.

### C. Programación de la automatización en la RPi.

Se crea un script en lenguaje Python con los permisos de super usuario que controla las entradas y salidas de datos de los puertos de la RPi. Este código tiene la siguiente estructura:

1. Llamar a las librerías que permiten manejar la entrada y salida de datos de los pines de la RPi así como la impresión de texto.
2. Asignar los pines de la RPi que sean usados como datos de entrada o salida, según corresponda.
3. Declarar variables que guardan la información de los pines programados en el paso 2.
4. Declarar variables que guardan el nivel lógico de los pines programados en el paso 2.
5. Mandar escribir por el puerto de salida que por defecto los relevadores se encuentren no activados.
6. Programar un ciclo *while* para leer continuamente el dato de entrada del pin2, en donde está conectado el push-button de INICIO.
7. Una vez que se sale del ciclo, se envía un dato de salida para activar un relevador, en el cual se conecta el solenoide de avance 1Y1 de la electroválvula.
8. El proceso de automatización del circuito hidráulico se implementa mediante la codificación de un nuevo ciclo *while* padre con dos ciclos *while* hijos, para detectar un cambio de nivel lógico en las entradas de los pines 3 y 4 que están conectados a los sensores de posición de carrera 1S1 y 1S2, respectivamente.

De acuerdo al diagrama de pasos de la Fig. 4 y a la lógica de control de la Fig. 5, se hace la programación de los datos de salida de la RPi en función de los valores de los pines de entrada (señales de los sensores), para activar los relevadores conectados a los solenoides 1Y1 y 1Y2 de la electroválvula.

El ciclo while padre termina hasta ser presionado el push-button de PARO. El código es mostrado en la Fig. 6.

```

48 while (int(state4) == 0):
49 while (int(state2) == 1):
50 subprocess.call(["gpio", "-g", "mode", "3", "in"])
51 p2 = Popen(["gpio", "-g", "read", "3"], stdout = PIPE)
52 state2 = p2.communicate()[0]
53 subprocess.call(["gpio", "-g", "write", "19", "1"])
54 subprocess.call(["gpio", "-g", "write", "26", "0"])
55 while (int(state3) == 1):
56 subprocess.call(["gpio", "-g", "mode", "4", "in"])
57 p3 = Popen(["gpio", "-g", "read", "4"], stdout = PIPE)
58 state3 = p3.communicate()[0]
59 subprocess.call(["gpio", "-g", "write", "26", "1"])
60 subprocess.call(["gpio", "-g", "write", "19", "0"])
61 subprocess.call(["gpio", "-g", "mode", "3", "in"])
62 p2 = Popen(["gpio", "-g", "read", "3"], stdout = PIPE)
63 state2 = p2.communicate()[0]
64 subprocess.call(["gpio", "-g", "mode", "4", "in"])
65 p3 = Popen(["gpio", "-g", "read", "4"], stdout = PIPE)
66 state3 = p3.communicate()[0]
67 subprocess.call(["gpio", "-g", "mode", "17", "in"])
68 p4 = Popen(["gpio", "-g", "read", "17"], stdout = PIPE)
69 state4 = p4.communicate()[0]

```

Fig. 6. Código principal en Python de la automatización del proceso hidráulico.

9. Una vez que sale del ciclo padre, se asegura que los relevadores estén desactivados.
10. Imprimir una nueva página Web para indicar que el proceso se ha completado satisfactoriamente, como se muestra en la Fig. 7.



Fig. 7. Página web que indica que el proceso hidráulico automatizado se ha terminado.

#### D. Etapa experimental de la implementación del proceso hidráulico automatizado en la RPi.

La implementación de la automatización del proceso hidráulico se llevó a cabo en el Laboratorio de Manufactura de la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato, utilizando el siguiente equipo:

- 1 Conjunto motor-bomba, filtro, regulador de presión, regulador de caudal y tanque de almacenamiento.
- 1 válvula 4/3 vías, activada por 2 electroimanes, restituida por resorte y posición central bloqueada.
- 1 cilindro de doble efecto.

- 2 mangueras largas.
- 2 mangueras cortas.
- 2 sensores de límite de carrera de rodillo, activos en ambas direcciones.
- 1 fuente de voltaje de 24 V DC.
- 1 módulo de relevadores.
- 1 minicomputadora Raspberry Pi.
- 1 monitor, teclado y mouse.

Un fotograma que muestra la automatización del proceso hidráulico es presentado en la Fig. 8. El video completo sin edición puede ser encontrado para su descarga en la liga: [https://drive.google.com/file/d/124-2yGthuVxMzspABs\\_ZNHxkSgEFg1Py/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/124-2yGthuVxMzspABs_ZNHxkSgEFg1Py/view?usp=sharing)



Fig. 8. Fotograma de la automatización del proceso hidráulico a través de la Raspberry Pi.

#### V. CONCLUSIONES

Se logró obtener de manera satisfactoria la automatización de un proceso hidráulico a través de conectividad a internet, por medio de una minicomputadora Raspberry Pi. Por tanto, es posible y viable la introducción de tecnologías web en procesos industriales, en los cuales actualmente, los equipos de cómputo requeridos son costosos por su alta capacidad de hardware para soportar software especializado como Matlab.

El uso de una minicomputadora de bajo costo, como la Raspberry Pi, además de utilizar software de licencia libre como Python para la programación de las acciones de control

de automatización, hacen que se minimicen los gastos para introducir la industria 4.0 en una etapa inicial.

Más aún, los resultados obtenidos permiten tener una plataforma de implementación del control de automatización de manera sencilla a través de codificación, respecto a la realizada por medio del uso relevadores, contactos normalmente cerrados, abiertos, entre otros.

Los trabajos futuros serán dirigidos al monitoreo de las variables del proceso para atender acciones que deriven en una alerta en caso de falla o cualquier situación que afecte el buen funcionamiento del proceso hidráulico.

#### AGRADECIMIENTOS

Felipe J. Torres, agradece a la Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrado de la Universidad de Guanajuato por el apoyo al proyecto 103/2019 CIIC-2019.

#### REFERENCIAS

- [1] INEGI. "Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares." *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Historia*, 2017.
- [2] M. Aazam, S. Zeadally y K. Harras. "Deploying fog computing in industrial internet of things and industry 4.0." *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 10, pp. 4674-4682, 2018.
- [3] T. Ngoc Hai, et al. "Modeling of Position Control for Hydraulic Cylinder Using Servo Valve." *Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*. Springer, Cham, 2018.
- [4] P. Parikh, N. Modi y R. Prajapati. "Control of Industrial Pneumatic & Hydraulic Systems using Serial Communication Technology & Matlab." *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 3, no. 10, pp. 2321-0613, 2015.