



# MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL BAJO PLATAFORMA ARDUINO.

ERIK CABRERA CALDERÓN

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA  
NEIVA, COLOMBIA  
2020

# MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL BAJO PLATAFORMA ARDUINO

ERIK CABRERA CALDERÓN

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Directora de tesis:

JENNY DURAN TORREJANO

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA

NEIVA, HUILA

2020

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

## **Dedicatoria**

*A mi Padre y Madre Celestial*

*Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiando mi camino.*

*A mis Padres*

*El esfuerzo y las metas alcanzadas hasta el momento, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres son quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a Juan Carlos Cabrera Valencia y Yudys Calderón Zambrano, mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con una de mis grandes metas.*

*A mi Esposa e Hijo*

*En el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, de su amor, y paciencia me ayudo a concluir esta meta.*

*A mi Hermano*

*Por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.*

## **Agradecimientos**

En primer lugar, Agradezco a mi Padre y Madre Celestial por bendecirnos la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Juan Carlos y Yudys por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Gracias a mi esposa Katheryn y mi hijo Juan Emiliano, por comprenderme y entenderme en todo momento crucial que tuve que pasar para poder cumplir este logro.

Mi agradecimiento infinito a mi Anderson Cabrera, quien supo apoyarme en todo momento para que pueda terminar esta carrera

De manera especial a mi Directora de Proyecto Jenny Duran, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

A todos mis amigos, compañeros y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

## Resumen

Este proyecto de grado tiene como objetivo la construcción de un módulo didáctico para prácticas de automatización industrial del programa de Ingeniería Electromecánica adscrito a Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva, teniendo en cuenta que el desarrollo de las clases se presenta en forma incompleta ya que el componente práctico no se puede realizar de manera adecuada dado que los equipos no son los suficientes para ser empleados por los estudiantes. La metodología de investigación utilizada es explicativa ya que busca establecer un problema de acuerdo a las necesidades, en este caso de los docentes para con sus clases de Electrónica industrial y obtener un equipamiento adecuado para el desarrollo de las prácticas de dicha asignatura. Se espera construir un módulo didáctico tipo maleta que tiene incorporado una tarjeta Arduino conectada a diferentes componentes con los que se pueden ejecutar diversas rutinas concernientes a temas vistos en clase. Se espera poder abordar varias temáticas como circuitos, programación de micro controladores, electrónica básica, entre otros.

**Palabras clave:** Módulo, electrónica industrial, electromecánica, didáctico, prácticas.

## **Abstract**

The objective of this degree project is the construction of a didactic module for industrial automation practices of the Electromechanical Engineering program attached to Mechanical Engineering of the University Antonio Nariño campus Neiva, taking into account that the development of the classes is incompletely presented that the practical component cannot be adequately performed since the equipment is not suitable for the employees by the students. The research methodology used is explanatory and seeks to establish a problem according to the needs, in this case of the teachers for their Industrial Electronics classes and obtain adequate equipment for the development of the practices of said subject. It is hoped to build a suitcase-type didactic module that has an Arduino board connected to different components that can be used to activate various routines concerning topics seen in class. It is expected to be able to address various topics such as circuits, programming of micro controls, basic electronics, among others.

**Keywords:** Module, industrial electronics, electromechanical, didactic, practical.



# Contenido

	<b>Pág.</b>
Contenido	
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Planteamiento del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
<b>5. ALCANCE.....</b>	<b>5</b>
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>6</b>
<b>7. Módulos didácticos Existentes. ....</b>	<b>8</b>
7.1 Sistema de prueba de Neumática serie 6081 .....	8
7.2 Equipo modular para la enseñanza de máquinas eléctricas EQ 980 .....	9
7.3 Banco de prueba aceite hidráulico. ....	10
7.4 Módulos didácticos en universidades colombianas .....	11
7.4.1 Módulo didáctico Automatización Industrial Universidad Santo Tomás	
Bucaramanga 11	
7.4.2 Bancos de pruebas de Electro-neumática SENA NEIVA.....	12

7.5	Investigaciones Relacionadas.....	12
<b>8.</b>	<b>Descripción de actividades. ....</b>	<b>15</b>
8.1	Revisión de syllabus de electrónica industrial para la selección de las competencias a trabajar en los contenidos. ....	15
8.2	Identificar los equipos básicos de los módulos existentes para la asignatura, caracterizando técnicamente dichos equipos. ....	17
8.3	Identificación de la webgrafía, algoritmos y ejercicios utilizados en Arduino para electrónica industrial. ....	17
8.4	Características del módulo .....	21
8.4.1	Componentes del módulo. ....	22
8.4.2	Programación de la tarjeta .....	25
8.4.3	Publicación de imágenes propias en servidor Local.....	26
<b>9.</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>28</b>
9.1	Pruebas para verificación de funcionamiento. ....	28
9.2	Ubicación dentro de las líneas de trabajo del programa.....	33
9.3	Usuarios directos y formas de utilización de los resultados del proyecto. ....	33
9.4	Cronograma de actividades. ....	35
<b>10.</b>	<b>Presupuesto.....</b>	<b>37</b>
<b>11.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>39</b>
11.1	Conclusiones.....	39
11.2	Recomendaciones .....	40
<b>12.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>42</b>
12.1	Recomendaciones generales de uso y de seguridad. ....	43
12.1.1	Configuración del computador para prácticas con el módulo .....	45
12.1.2	Descarga e instalación de XAMPP .....	45
12.1.3	Configuración del computador para prácticas con el módulo .....	54
12.1.4	Prueba básica y prueba de Hardware .....	61
12.1.5	Interfaz de prueba y verificación .....	64

12.1.6 Descripción de conectores de salidas del módulo.....	67
12.1.7 Conexión para arranque de motor.....	71
12.1.8 Conexión para inversión de giro motor .....	73
12.1.9 Conexión para variación de velocidad motor .....	75
12.1.10 ..... Planos de tarjetas PCB de Conexiones de entrada y salida.	76

## Lista de figuras

Figura 1. Sistema de Pruebas Neumáticas 6081 .....	9
Figura 2. Equipo modular EQ 980.....	10
Figura 3. Banco de prueba oleo hidráulico .....	10
Figura 4. Banco Automatización USTA Bucaramanga.....	11
Figura 5. Banco de Prueba Electro - neumática.....	12
Figura 6. Esquema general de banco para práctica de control de motores .....	16
Figura 7. Módulo para prácticas de electrónica .....	17
Figura 8. Tarjeta para conversión Arduino uno a PLC .....	19
Figura 9. SPARTAN PLC .....	20
Figura 10. Diagrama con PLC Arduino para etiquetado industrial. ....	20
Figura 11. Componentes del módulo .....	23
Figura 12. Arduino Uno + Shiel Ethernet.....	24
Figura 13. Arduino Mega + Shiel Ethernet.....	24
Figura 14. Segmento de código tomado de programación de prueba de comunicaciones.....	25
Figura 15. Programa de servicios WEB.....	26
Figura 16. Interfaz Gráfica del módulo.....	29

Figura 17. Módulo .....	30
Figura 18. Conexión interfaz con el módulo. ....	31
Figura 19. Pruebas Conexión interfaz con el módulo 1.....	32
Figura 20. Conexión del módulo al router Wifi.....	33
Figura 21. Descarga de programa .....	46
Figura 22. Selección de software de acuerdo al sistema operativo.....	47
Figura 23.Descarga de programa. ....	47
Figura 24.Aviso.....	48
Figura 25. Instalación.....	49
Figura 26. Paso 1.....	50
Figura 27. Paso 2.....	51
Figura 28. Paso 3.....	51
Figura 29. Paso 4.....	52
Figura 30. Paso 4.....	52
Figura 31. Finaliza instalación.....	53
Figura 32. Permitiendo acceso.....	54
Figura 33.Ruta.....	55
Figura 34.Copia de archivos uno .....	55
Figura 35. Carpeta.....	56
Figura 36. Descarga de Arduino .....	57
Figura 37. Selección de versión Arduino.....	57
Figura 38. Ubicación.....	58

Figura 39. Programa Instalado .....	59
Figura 40. Programa Arduino .....	60
Figura 41. Selección de puerto y placa .....	60
Figura 42. Archivos Arduino .....	61
Figura 43. Verificar.....	62
Figura 44. Pines Arduino .....	62
Figura 45. Código .....	63
Figura 46. Verificación interruptores.....	63
Figura 47. Archivo Arduino.....	64
Figura 48. Líneas de código.....	65
Figura 49. Interfaz de verificación de interruptores.....	66
Figura 50. Conectores terminales de salida .....	67
Figura 51. Conexiones comunes salidas .....	68
Figura 52. Alimentación de conexión común. ....	68
Figura 53. Relés de control de motor.....	69
Figura 54. Numeración de relés .....	70
Figura 55. Conexiones para prueba de arranque.....	72
Figura 56. Interfaz control arranque de motor .....	72
Figura 57. Conexión prueba control motor con inversión de giro.....	73
Figura 58. Interfaz control de giro (giro motor derecha). ....	74
Figura 59. Interfaz control de giro (giro motor izquierda).....	74
Figura 60. Conexión Prueba de control de velocidad de motor.....	75

Figura 61. Esquema de conexión de salidas. .... 76

Figura 62. Esquema conexión de entradas digitales y analógicas. .... 77

## Lista de tablas

Tabla 1. Tabla de especificación de cronograma de actividades .....	35
Tabla 2. Presupuesto Global .....	37
Tabla 3. Presupuesto de talento humano.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4. Presupuesto Materiales y equipos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 6. Presupuesto de gastos varios.....	38

# 1. Introducción

En el contexto actual, las tendencias tecnológicas incluyen a la electrónica como área de conocimiento fundamental en los distintos procesos de la ingeniería moderna. Por ello es de gran importancia que profesionales en carreras como la ingeniería electromecánica y la tecnología electromecánica conozcan los principales y más comunes dispositivos, así como sus aplicaciones y configuraciones básicas guiados a propuestas fundamentadas en la optimización de procesos y automatización de los mismos.

A lo largo de muchos años, las universidades tienen como estrategia de adquisición de equipos didácticos, el desarrollo de trabajos de grado con este fin; a continuación, algunos ejemplos de ello.

## 2. Planteamiento del problema

En el ámbito de la educación superior en nuestro país, existen diversas universidades como la Universidad Antonio Nariño, CORHUILA, USCO, Universidad Javeriana, Manuela Beltrán entre otras que forman profesionales en el área de la ingeniería donde incluyen en sus procesos de aprendizajes la práctica de los conceptos impartidos por partes de los docentes como herramienta de apoyo, con el fin de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje con los estudiantes; para ellos usan módulos didácticos donde el estudiante se enfrenta a situaciones que puedan encontrar en los procesos productivos de las industrias de la región.

Dentro de ejercicio académico del programa de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño existen asignaturas como electrónica industrial y otras afines que requieren módulos didácticos para aterrizar los conocimientos impartidos en las clases teóricas.

En la actualidad y a pesar de que existen algunos módulos didácticos para colocar en prácticas los conocimientos teóricos, no son los suficientes para los estudiantes inscritos en los programas de la facultad de ingeniería mecánica de la UAN NEIVA. Igualmente, un módulo didáctico tiene costos altos con los grandes fabricantes de estos equipamientos que, con la coyuntura de la sede de la universidad, se hacen de difícil adquisición.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente la institución se encuentra en proceso de renovación de registros calificados y acreditación institucional. Dentro de los estándares que el CNA o el mismo ministerio de educación revisan en cada uno de los programas de las universidades, está el de recursos físicos, con los cuales se brinda a los estudiantes las herramientas necesarias para desarrollar los contenidos de sus asignaturas.

Según el acuerdo 48 en su artículo primero (1°) referencia que: “los temas para realizar los trabajos de grado se proyectarán de acuerdo con los siguientes criterios:”; uno de ellos está claramente estipulado para el desarrollo de módulo didácticos; “Proyectos de ayudas educativas o de diseño y construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud” [9].

Teniendo en cuenta estos lineamientos y con base en la necesidad planteada anteriormente, este proyecto apunta a entregar una herramienta didáctica que fortalezca los procesos académicos dentro del programa de Ingeniería Electromecánica y todos aquellos que impacten dentro de la institución.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir un módulo didáctico para prácticas de Electrónica Industrial bajo plataforma Arduino.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los criterios de diseño del banco de prueba teniendo en cuenta los contenidos programáticos de las asignaturas relacionadas con electrónica industrial y los módulos existentes en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica.
- Diseñar el módulo didáctico teniendo en cuenta los criterios seleccionados y considerando las especificaciones técnicas, físicas, legales, etc., de los equipos a utilizar para su respectiva elaboración.
- Validar mediante la ejecución de las prácticas diseñadas, el funcionamiento del módulo didáctico.

## **5. ALCANCE**

Este trabajo tiene como alcance, entregar un módulo didáctico que permita la práctica de conocimientos trabajados en la asignatura Electrónica Industrial del programa de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva

## 6. METODOLOGIA

Este proyecto presentará un tipo de estudio explicativo por cuanto se cuenta con suficiente información de equipamientos didáctico en otras instituciones.

El diseño de la investigación está fundamentado en el apoyo documental y el trabajo de campo que permitirá establecer todos los lineamientos para el diseño del módulo, teniendo en cuenta las temáticas que se imparten en la asignatura electrónica industrial. El enfoque del estudio será de tipo cuantitativo por cuanto se requieren realizar diferentes tipos de mediciones que permitan cuantificar las variables físicas de los sistemas electrónicos.

Las fases de este trabajo se plantean en sus tres objetivos teniendo en cuenta la taxonomía de Bloom donde establece que en primera instancia se requiere CONOCER cuáles son los contenidos a tratar según el syllabus de Electrónica Industrial y a partir de allí, seleccionar los criterios de diseño que permitan direccionar los elementos y equipos que debe tener el módulo.

En segunda instancia para ENTENDER el diseño de la maleta y teniendo en cuenta los criterios identificados, la selección de materiales, controlador, actuadores y otros elementos electrónicos se hacen mediante algunos cálculos y revisión de bibliografía adecuada para el ensamble del módulo.

Como tercera fase y según BLOOM, es necesario el APLICAR mediante la construcción del módulo e implementación de prácticas asociadas a la electrónica industrial. Se validará este trabajo mediante la implementación de 4 prácticas diseñadas para el módulo y en coherencia con el syllabus de electrónica industrial.

Las técnicas de recolección de datos están fundamentadas en el tipo de enfoque que se le da al estudio. Al ser de tipo cuantitativo, se hace necesario utilizar observación estructurada,

mediciones con equipos o instrumentos especializados, listas de chequeo y matrices que permitan el registro adecuado de todos los datos necesarios para el desarrollo del proyecto.

## **7. Módulos didácticos Existentes.**

### **7.1 Sistema de prueba de Neumática serie 6081**

El Sistema didáctico en neumática, modelo 6081 de Lab-Volt, “es un programa modular para la capacitación en neumática y sus aplicaciones. El sistema está dividido en seis subsistemas: Fundamentos de neumática, Control eléctrico de los sistemas neumáticos, Aplicaciones de neumática –PLC (controladores lógicos programables), Servocontrol de sistemas neumáticos, Detección de fallas en los circuitos neumáticos y Sensores” [1]

Por otro lado, según VenDomótica, los estudiantes con este tipo de banco de pruebas:

“Se familiarizan con los principios y componentes básicos de la neumática. Este módulo también está disponible en formato electrónico que permite el Aprendizaje basado en la computadora (CBL, por las siglas en inglés de Computer-Based Learning). En Control eléctrico de los sistemas neumáticos se utilizan diagramas en escalera para realizar el control de dichos sistemas.

El subsistema Aplicaciones de neumática – PLC complementa los dos primeros con aplicaciones neumáticas controladas con PLC. El módulo Servocontrol de sistemas neumáticos permite que los estudiantes se familiaricen con esos sistemas servocontrolados y los circuitos asociados. En el módulo Detección de fallas en los sistemas neumáticos, los estudiantes desarrollan habilidades para poder reparar esos sistemas. En Sensores, los estudiantes estudian las características de operación de seis tipos de sensores fotoeléctricos y de proximidad” [1]

Figura 1. Sistema de Pruebas Neumáticas 6081



Fuente: [www.labvolt.com/downloads/dse6081.pdf](http://www.labvolt.com/downloads/dse6081.pdf)

## 7.2 Equipo modular para la enseñanza de máquinas eléctricas EQ 980

Este equipo, basado en la tradicional y muy difundida línea bim EQ 980, conserva las mejores características de ella –tales como su robustez y sencillez de manejo– e incorpora importantes mejoras ofreciendo la posibilidad de efectuar mediciones a través de un sistema computarizado de adquisición de datos.

De acuerdo a técnica didáctica:

“Los módulos que lo integran son fabricados bajo estrictas normas de calidad y han sido concebidos para su aplicación en la enseñanza de las características de las Máquinas Eléctricas, su operación, funcionamiento y ensayos dinámicos en vacío y carga, mediciones de parámetros eléctricos y mecánicos y demás requerimientos teórico prácticos de los cursos de electrotecnia.

El importante conjunto de apoyos didácticos que forma parte del equipo incluye guías con la secuencia de desarrollo de cada experiencia, el circuito teórico correspondiente, la síntesis de fórmulas y principios teóricos que se aplican en cada caso, el circuito práctico esquematizado

sobre los componentes reales que intervienen, y las consignas de trabajo para cada paso acompañadas de tablas listas para que los alumnos anoten en forma ordenada los datos que extraen de la experiencia. A los fines de ayuda o referencia para el docente cada experiencia incluye cuestionario y conclusiones sobre las actividades desarrolladas” [2]

Figura 2. Equipo modular EQ 980



Fuente: [http://www.tecnicadidactica.com.ar/educacion\\_tecnica/EQ980.html](http://www.tecnicadidactica.com.ar/educacion_tecnica/EQ980.html)

### 7.3 Banco de prueba aceite hidráulico.

Este banco de prueba “Permite simular circuitos oleo-hidráulicos mediante el uso de componentes como válvulas manuales, electroválvulas, cilindros y motores, además de incorporar transductores de presión en una pantalla HMI, las variables oleo-hidráulicas del proceso como velocidad, rpm, presión y torque [3]

Figura 3. Banco de prueba oleo hidráulico



Fuente: [http://74.115.212.250/~vignola2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1330&Itemid=](http://74.115.212.250/~vignola2/index.php?option=com_content&view=article&id=1330&Itemid=)

## 7.4 Módulos didácticos en universidades colombianas

Como se comentó al comienzo de esta introducción, los estudiantes mediante proyectos de grado realizan módulos didácticos para el apoyo de las asignaturas y las carreras a las que pertenecen; a continuación, una relación de algunos de ellos.

### 7.4.1 Módulo didáctico Automatización Industrial Universidad Santo Tomás Bucaramanga

En la universidad Santo Tomas existen “Bancos para pruebas y prácticas para los laboratorios de accionamientos, protecciones eléctricas, instrumentación y automatización industrial” [4]

Figura 4. Banco Automatización USTA Bucaramanga



Fuente: Universidad Santo Tomás Bucaramanga

### 7.4.2 Bancos de pruebas de Electro-neumática SENA NEIVA

El Sena regional Neiva “cuenta con una gama de bancos de prueba en automatización que le permite al aprendiz practicar los conocimientos teóricos en el transcurso de su formación” [5]

Figura 5. Banco de Prueba Electro - neumática



Fuente: <http://automatizacionsena09.blogspot.com.co/>

Entre los equipos con los cuales cuenta el laboratorio se tienen:

- Sensores
- Actuadores
- Sistemas SCADA

## 7.5 Investigaciones Relacionadas

Los señores “Minotta y Rodríguez, realizaron un proyecto de grado titulado DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES DC DE BAJA POTENCIA en la Universidad de San Buenaventura en Bogotá D.C, donde el objetivo principal del proyecto fue diseñar y construir un banco de prueba que permitiera medir las características técnicas de motores DC de

baja potencia, así mismo el enfoque utilizado en la investigación fue empírico-analítico, en el cual se investigó acerca de cada elemento que se usó y hace parte de los componentes del banco de prueba. Con esta investigación se demuestra la importancia de tener bancos de pruebas para motores DC de baja potencia en el laboratorio de la universidad San Buenaventura porque brinda al usuario conocer las principales características del motor, y así mismo el usuario puede realizar determinadas aplicaciones” [6]

De igual manera Cabezas y Lozano con su proyecto de grado titulado MONTAJE DE UN BANCO DE PRUEBA PARA ARRAQUE DE MOTORES para la corporación universitaria minuto de Dios sede Soacha, desarrollaron este proyecto con el fin de demostrar lo significativo de tener este banco en el laboratorio de la universidad, debido a que es una herramienta fundamental para los estudiantes ya que les permite profundizar los conocimientos adquiridos en diferentes áreas y así poder llevar lo teórico a lo práctico; el objetivo principal del proyecto fue la elaboración de un banco de prueba para arranque de motores en la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Soacha, para el servicios y beneficios de los estudiantes de la tecnología en electrónica y automatización industrial, que permitió la apropiación de competencias y desarrollo en áreas de potencia mediante prácticas de laboratorios y talleres. Dicho proyecto tiene como principal función desarrollar prácticas en el laboratorio que pueda ayudar al estudiante en su formación como tecnólogo esta metodología se aplicará en la docencia de la carrera tecnológica. El método a seguir se compone de varios motores, entre los cuales se encuentran la introducción teórica de los motores AC y de imanes permanentes, el modelado y las ecuaciones del motor, descripción y análisis de la plataforma de trabajo con la que se realizará. El resultado obtenido se basa en la creación de un banco de pruebas para motores que a su vez permita medir la corriente,

temperatura y revoluciones del motor designado, así como la elaboración de unos informes que permitan a cualquier usuario y al profesorado seguir paso a paso el funcionamiento del motor. Las conclusiones determinan una técnica en desarrollo con infinitas aplicaciones importantes en el campo de motores y presumibles de ser introducidas en la docencia con el mayor rigor posible” [7]

Por otro lado, los señores Parra y Velasco desarrollaron su proyecto de grado titulado **DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN UN SISTEMA DE TUBERÍAS** para la Universidad Autónoma de Occidente de Santiago de Cali, que tuvo como objetivo principal laborar un diseño para construcción de un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de tuberías. El banco y su aplicación permitirán verificar las pérdidas a través de longitudes de tubería de diferente material y diámetros internos, al igual que las pérdidas ocasionadas por los accesorios instalados en dichas tuberías teniendo en cuenta que con la realización de esta práctica y las actividades que se plantearon en la guía del laboratorio, el estudiante tendrá la capacidad de afianzar los conocimientos teóricos que fueron vistos en la asignatura y adquiridos en las aulas de clase para ponerlos en práctica, tales como diferenciación de tipos de materiales de tuberías, medición de diámetros de las mismas, diferenciación de elementos de sistemas hidráulicos tales como válvulas, codos, tee's y equipos de medición piezométricos; siendo para el docente de gran utilidad a la hora de elaborar la metodología del curso y evaluar los temas vistos" [8]

## **8. Descripción de actividades.**

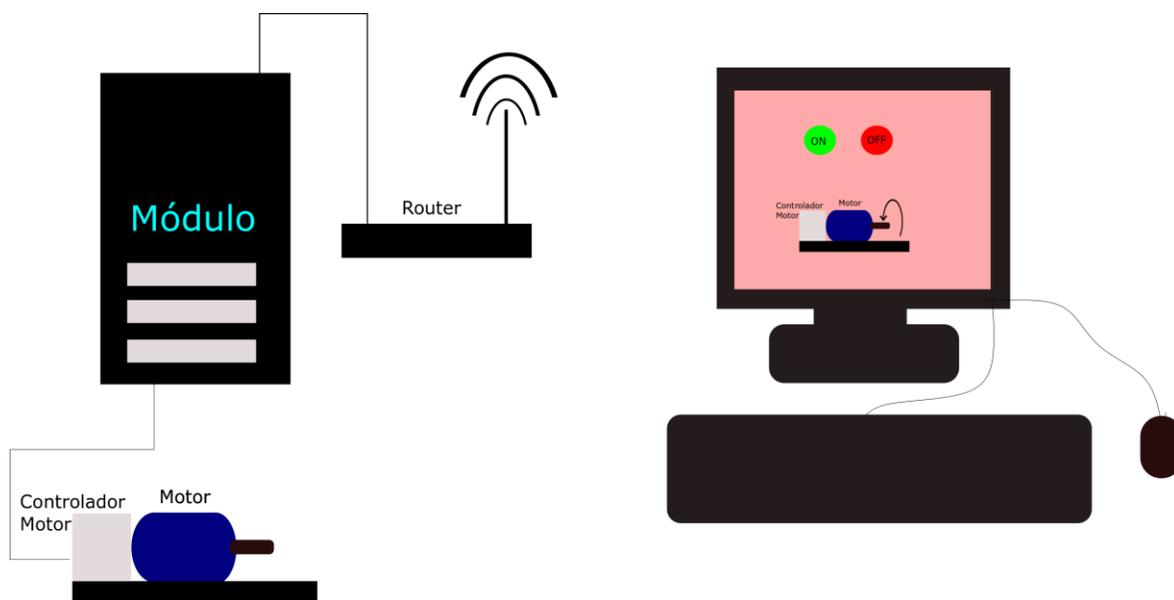
### **8.1 Revisión de syllabus de electrónica industrial para la selección de las competencias a trabajar en los contenidos.**

La revisión del documento base de la asignatura de electrónica industrial (Syllabus) da como resultado la selección del ítem correspondiente al control de **SISTEMAS DE CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES ELECTRICOS**; mediante el banco propuesto, será posible dar órdenes de arranque y parada a motores AC Monofásicos y motores DC, se incorpora la posibilidad de manipular la velocidad del motor aunque de manera escalonada y además dar inversión de giro mediante la lógica de relés comandados por las salidas del módulo de control.

Las practicas se realizan de manera inalámbrica, gracias a la incorporación de la comunicación por red a través de un módulo Ethernet y una red WIFI proporcionada por un router, las ordenes de arranque paro, inversión y demás pueden ser dadas de manera manual, o automática desde la aplicación, dependiendo de los puntos a tocar en las prácticas.

Las prácticas se verán así, entonces enriquecidas por la posibilidad del control remoto de las operaciones y las interfaces hombre máquina.

Figura 6. Esquema general de banco para práctica de control de motores



Fuente: Autoría propia

En general los controladores de motor, están compuestos por un circuito controlador, este puede ir desde bastante simple hasta bastante complejo, existiendo controladores que se basan en elementos electromecánicos, hasta sistemas electrónicos con una gran cantidad de funciones de control, monitoreo e incluso protección.

Otro tipo de componente es el correspondiente al módulo de entradas y salidas, el cual recibe señales de comandos, sensores, entre otros, para que sean interpretadas por el sistema de control, las salidas envían las señales correspondientes a los actuadores para la ejecución de las tareas de arranque. En algunos sistemas el control y los bloques de entrada y salida pertenecen a un mismo bloque y por lo general operan en tensiones del orden hasta 24 VDC o 110 VDC a 220 VAC. En este caso particular las señales vienen en formatos de 12 VDC, por lo que para encender motores monofásicos es necesario contar con circuitos llamados etapas de potencia,

que suministren las tensiones y corrientes necesarias, para que los motores puedan alimentarse de acuerdo a sus valores nominales, estos circuitos también pueden ser tan sofisticados y o tan simples, esto depende del motor, de las necesidades de operación y en general del proceso.

Figura 7. Módulo para prácticas de electrónica



Fuente: Autoría Propia

## **8.2 Identificar los equipos básicos de los módulos existentes para la asignatura, caracterizando técnicamente dichos equipos.**

En el capítulo 5 de este libro se abordaron algunos de los bancos existentes para práctica en general; sin embargo en el presente capítulo se abordará específicamente los temas relacionados a la construcción del módulo de electrónica industrial y los elementos necesarios para la integración de un banco de pruebas de este tipo.

## **8.3 Identificación de la webgrafía, algoritmos y ejercicios utilizados en Arduino para electrónica industrial.**

En la investigación acerca de bancos de práctica para electrónica, se verificó a nivel general su utilidad académica y la necesidad de contar con estos equipos para el aprendizaje y la

apropiación del conocimiento y manejo de habilidades prácticas. En este capítulo se abordará el tema específico del uso de Arduino para la creación de equipos didácticos, el cual es usado en diversos proyectos actualmente debido a la gran cantidad de información que se encuentra y a la relativa facilidad con la que se puede interactuar con el sistema.

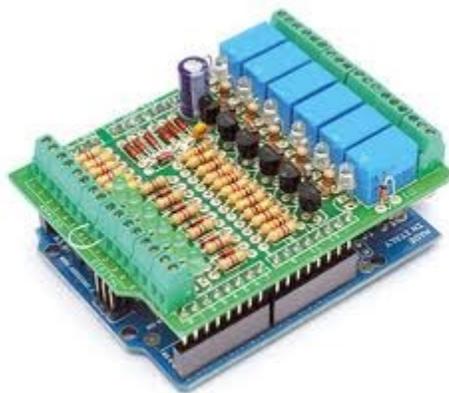
Existe en la web, referencias que pudieran verse como informales cuando se habla de proyectos con Arduino, la tarjeta se ha convertido en una de las herramientas de uso quizás más común en las aulas, para la enseñanza de la electrónica. La tarjeta Arduino está basada en un microcontrolador de la marca Atmel, y gracias a un firmware instalado en ese micro, es posible programarlo en la tarjeta a través de un cable USB y un programa de descarga libre, proveniente directamente de los mismos creadores de la tarjeta; a pesar de que en el mercado es posible encontrar gran cantidad de copias de estas tarjetas, la página de Arduino se ha mantenido, continuando con la innovación, la actualización y desarrollo de software de uso compatible y también tarjetas electrónicas que potencian las aplicaciones y extienden las posibilidades, algunas de ellas, gracias a su gran compatibilidad en dimensiones y formas similares en conexión son llamadas shield; sin embargo, básicamente, son tarjetas para ampliación de funciones, entre ellas se destacan las de comunicación bluetooth, wifi, ethernet, las de control de motores, manejo de relés, sin embargo existen muchas más.

Dentro de las grandes ventajas del trabajo con Arduino además de la facilidad de programación, se puede mencionar la gran comunidad que apoya los proyectos, encontrándose información en la WEB, desde foros, páginas informativas e incluso tiendas que comercian con las tarjetas y componentes también generan información más que todo práctica, combinando información existente con desarrollos de software propios, más comúnmente en lenguajes de

programación principalmente Java y Python, pero en general muchos otros, se destacan los vídeos principalmente desde plataformas como YouTube y trabajos de grado. Entre los autores de las fuentes mencionadas, se encuentra que van desde principiantes hasta profesionales en aplicaciones variadas, entre las cuales se tienen control de motor, control de temperatura, comunicación en diferentes protocolos y muchas otras, por lo que las posibilidades en cuanto aplicaciones también son abundantes.

Una de las aplicaciones que se encuentra de Arduino en las páginas Web con incluso proyectos comerciales formales, son aquellas en donde se menciona a Arduino como PLC, integrándolo a tarjetas específicamente construidas para darle la robustez propia de estos dispositivos y adecuarlos para los niveles de entrada y salidas de voltajes requeridos en aplicaciones prácticas.

Figura 8. Tarjeta para conversión Arduino uno a PLC



Fuente: <https://hacedores.com/arduino-como-controlador-logico-programable-plc/>

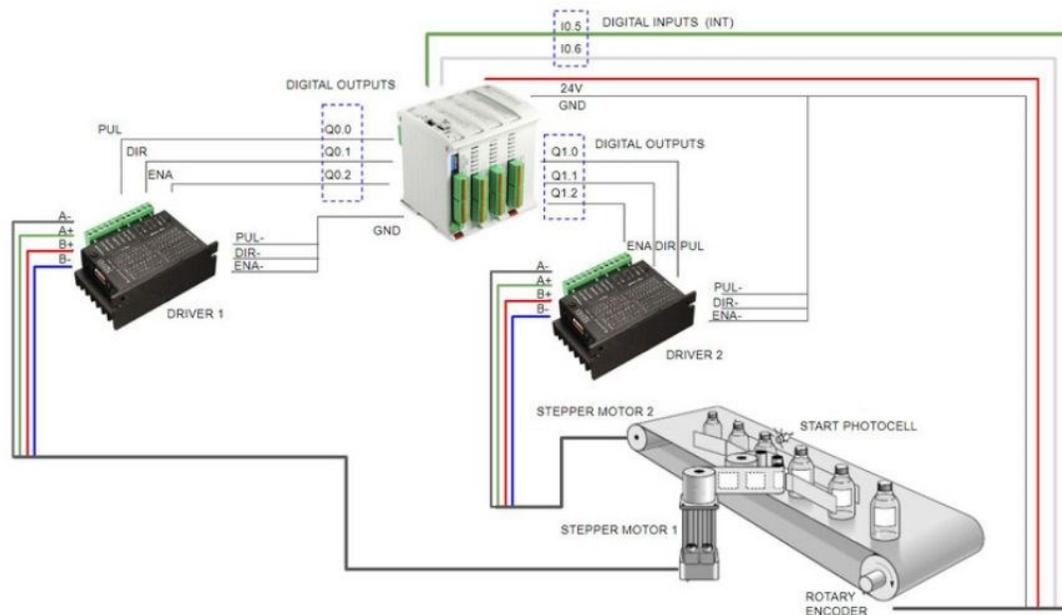
Datos interesantes encontrados durante la búsqueda de información, es ver la construcción de controladores lógicos basados en tarjetas Arduino y además que existen ya empresas ofreciéndolos como a cualquier PLC.

Figura 9. SPARTAN PLC



Fuente: [https://www.industrialshields.com/es\\_ES/](https://www.industrialshields.com/es_ES/)

Figura 10. Diagrama con PLC Arduino para etiquetado industrial.



Fuente: [https://www.industrialshields.com/es\\_ES/case-study-automation-of-a-labelling-conveyor-system-industrial-arduino](https://www.industrialshields.com/es_ES/case-study-automation-of-a-labelling-conveyor-system-industrial-arduino)

## 8.4 Características del módulo

La tarjeta principal para el control de funciones en Arduino Mega, la cual contiene una gran cantidad de pines, con funciones principalmente de entradas y salidas digitales de propósito general; sin embargo algunos de estos pines tienen funciones específicas, cuenta con 15 entrada analógicas y 15 salidas PWM, las cuales solventan el no contar con salidas analógicas, ya que PWM o modulación por ancho de pulsos puede entregar valores proporcionales dependiendo del ancho de la onda de tensión cuadrada, para controlar dispositivos que así lo requieran.

La decisión de emplear la tarjeta se basa en la gran cantidad de puertos, lo cual sirve para distribuir las conexiones de manera más adecuada y además sirve para dejar disponibles el espacio de conexión de la Shield Ethernet empleada para las comunicaciones del proyecto. Esta tarjeta es usada y construida a la medida para la tarjeta Arduino UNO de menor cantidad de pines de la Arduino Mega, pero la gran compatibilidad que existe entre tarjetas de la familia Arduino, es tal, que funciona y se conecta perfectamente a esta, ocupando la mitad de la tarjeta y dejando la posibilidad de usar incluso pines de la misma shield como salidas y entradas, ya que no todos los pines de la shield tienen un uso en la comunicación con la tarjeta Arduino, sino que algunos son solo puentes para llevar las conexiones a la tarjeta superior (Shield) en el caso de la Arduino UNO ya que la cubre completamente; aplicando esto de igual manera para la tarjeta Arduino Mega, pero únicamente en la parte ocupada por la Shield, lo demás se conecta directamente en la tarjeta Arduino Mega.

La tarjeta electrónica de entradas digitales está constituida por circuitos que convierten los 12 VDC, provenientes de una fuente de alimentación instalada en el banco y que llega a la tarjeta a través de interruptores instalados en la parte frontal del módulo. Los circuitos de la

tarjeta, convierten las señales de tensión entre 0 y 12 V, a 0 y 5 V para operar en los rangos de trabajo de la tarjeta Arduino.

La tarjeta de salidas, está constituida por circuitos independientes que reciben las señales provenientes de la tarjeta Arduino para accionar respectivamente relés con bobinas de 12 V DC, cuyos contactos normalmente abiertos son organizados para servir como salidas de contacto seco (se llama contacto seco ya que no tiene una tensión asociada, esta se suministra mediante conexión externa), tal como suele usarse en los PLC.

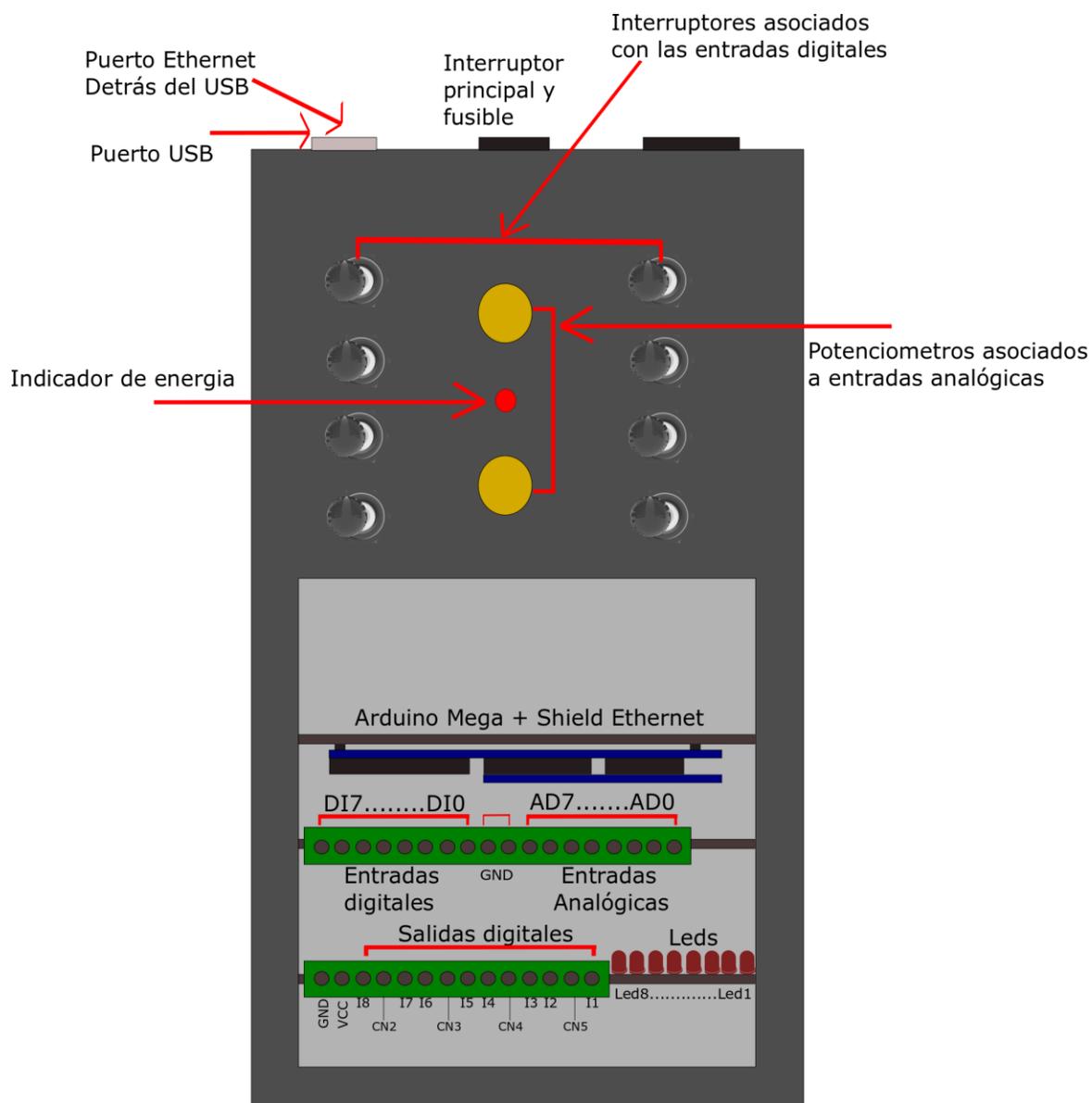
Para permitir la comunicación inalámbrica el módulo, se conecta desde el puerto Ethernet de la shield Ethernet a cualquiera de los puertos físicos de un router con capacidad de conexión inalámbrica.

#### **8.4.1 Componentes del módulo.**

- Una caja plástica. Diseñada para alojar componentes y tarjetas.
- Un Arduino Mega.
- Tarjeta Ethernet compatible con Arduino Mega.
- Cables para conexión interna
- Ocho interruptores tipo palanca.
- Dos potenciómetros.
- Una tarjeta de entradas digitales y analógicas
- Una tarjeta de salidas digitales con 8 relés de 12 VDC.
- 8 leds indicadores.
- Fuente de 12 VDC (Adaptador)
- Conector 120 VAC tipo fuente ATX
- Conector hembra RJ45

- Patchcord (Cable UTP con terminales RJ45)

Figura 11. Componentes del módulo

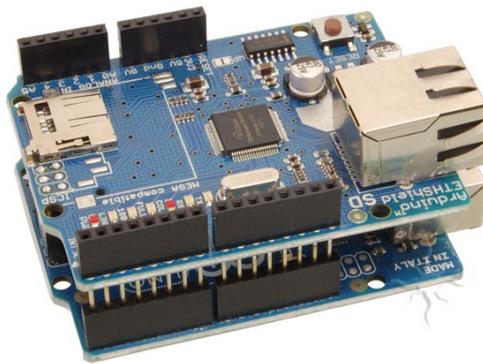


Fuente: Autoría Propia

La programación de la tarjeta Arduino, se basa en el ejemplo Arduino Server que se encuentra en el mismo software de programación de la tarjeta y desde ahí se va creando un

programa que permita incluso la construcción de una interfaz gráfica como páginas Web alojadas en un servidor y que se pueden visualizar a través de un navegador de internet.

Figura 12.Arduino Uno + Shiel Ethernet



Fuente: <https://www.trossenrobotics.com/p/arduino-ethernet-shield.aspx>

Figura 13.Arduino Mega + Shiel Ethernet



Fuente: <https://remotegth.com/wiki/index.php?page=Arduino+MEGA+63+relay+Web+switch>

## 8.4.2 Programación de la tarjeta

Uno de los retos principales en la creación de las prácticas es el desconocimiento de la programación en HTML; sin embargo, con ayuda de tutoriales y personas que conocen del tema es posible ir desarrollando la programación, la cual combina los comandos propios de programación de Arduino con los comandos del lenguaje de marcado HTML.

La complejidad del manejo de HTML se ve amplificada, por la necesidad de rodear cualquiera de las etiquetas o elementos de la página con la instrucción `client.println()`, como se ve a continuación `client.println()` (“código HTML”); sin embargo, vale la pena por todo lo que se aprende en el proceso y por contar con el banco de prácticas.

Figura 14. Segmento de código tomado de programación de prueba de comunicaciones.

```

client.println("<header style='padding-left:50px; margin-left:20px; margin-right:400px; background:gray;'> <h1> Página de prueba mc
client.println("<body>");

client.println("<div style='background:gray; position:absolute; left:100px'>");
client.println("<img src=http://localhost/img/imagenesP/modulo.png width=200px style='margin-left:50px'>");

client.println("<div style ='position:relative; top:-160px; left:-170px; right:300px; display:inline-block'>");
if (digitalRead(38)==HIGH)
{
  client.println("<img src=http://localhost/img/imagenesP/interruptorPos1.png width=20px style='display:block'>");
  digitalWrite(22,HIGH);
}
else
{
  client.println("<img src=http://localhost/img/imagenesP/interruptorPos2.png width=20px style='display:block'>");
  digitalWrite(22,LOW);
}
client.println("<br>");

```

Fuente: Autoría propia

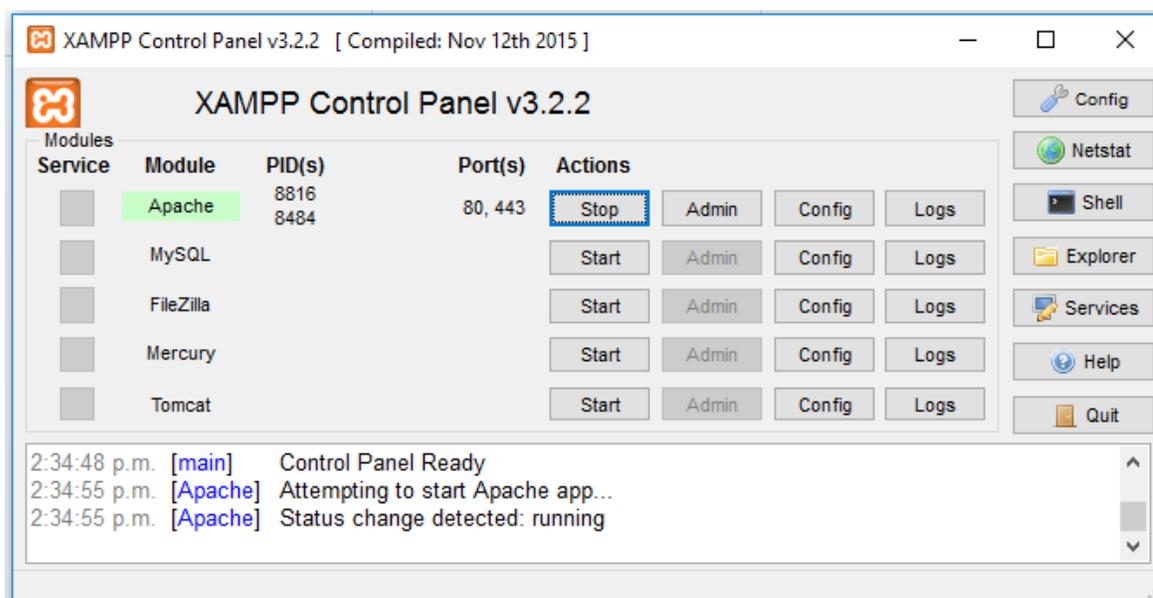
En la imagen anterior, la cual es tan solo una pequeña parte de una hecha para prueba de entradas y salidas, se puede observar cómo dentro de la programación de Arduino se mezclan instrucciones que pudiéramos llamar propias de Arduino y otras que son para dar contenido a la página Web, por ejemplo, en el caso de la instrucción `client.print()`, el contenido entre

comillas, le da forma a la página Web, mientras que por ejemplo, digitalWrite o digitalWrite, sirven para escribir y leer en puertos respectivamente.

### 8.4.3 Publicación de imágenes propias en servidor Local

Una manera de poder observar las imágenes es alojarlas en un programa que permita tener acceso a ellas mediante servicio web. En el caso del proyecto, usaremos el programa XAMPP, es cual se instala en el equipo y da la posibilidad mediante un servicio local de tener acceso a imágenes y archivos. Por lo tanto, para usar el dispositivo es necesario configurar algunas acciones previas en un equipo de cómputo (ordenador) o haber destinado un equipo para usarse con el módulo de manera permanente; sin embargo, incluso la configuración de estas características, enriquecen el aprendizaje del futuro profesional y le toman tan solo unos minutos más.

Figura 15. Programa de servicios WEB



Fuente: Autoría Propia

Al programar la tarjeta, se tiene acceso a una página, la cual puede ser accedida mediante la dirección IP asignada a la tarjeta Wifi en la programación de Arduino. Todos los detalles de uso del módulo se dejan como parte de las guías de usuario.

## **9. RESULTADOS OBTENIDOS**

Como resultado principal de este trabajo se realiza la entrega de un módulo didáctico tipo maleta para prácticas de electrónica industrial bajo la plataforma Arduino. Esto permite tener facilidad de manejar diferentes tipos de programación dependiendo de la aplicación a trabajar en la asignatura. Permitirá utilizarse en otras temáticas.

Se elaboran una serie de prácticas asociadas al módulo y al syllabus de electrónica industrial, facilitando al docente de la asignatura una herramienta que le permita aterrizar conceptos tratados en clases magistrales.

Se entregan planos eléctricos y electrónicos del módulo, manual de operación del mismo y se realizará como evidencia final una práctica con los estudiantes de alguna de las asignaturas que impliquen el uso de este equipo.

### **9.1 Pruebas para verificación de funcionamiento.**

Como parte de las pruebas de puesta en funcionamiento del módulo, se prueban todas las entradas y salidas y se verifican desde una interfaz gráfica específicamente creada para prueba, esta interfaz puede usarse también para probar el módulo cada vez que se desee empezar a usarlo o como la primera parte de la práctica para descartar errores por mal funcionamiento físico, por desconexión o por daño.

Para probar las entradas, se programó que cada vez que una de las entradas físicas cambiara de posición, el botón correspondiente en la imagen lo hiciera también.

Figura 16. Interfaz Gráfica del módulo



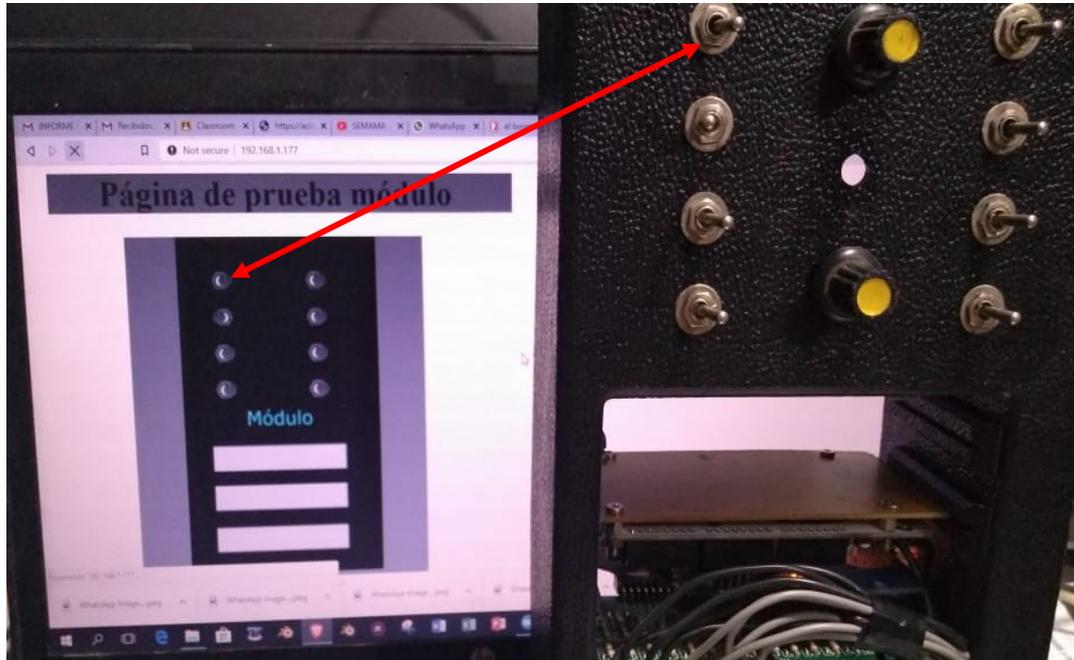
Fuente: Autoría propia

Figura 17. Módulo



Fuente: Autoría propia

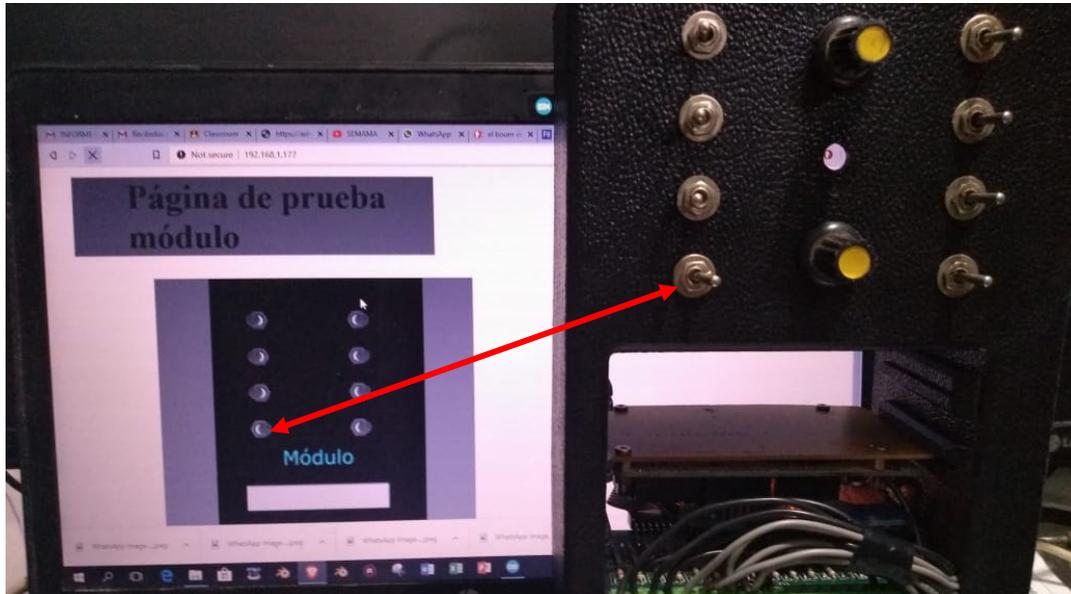
Figura 18. Conexión interfaz con el módulo.



Fuente: Autoría propia

Haciendo un poco de zoom en una siguiente prueba se alcanza a observar en tiempo real que, al mover el interruptor, también se produce un cambio a nivel de interfaz.

Figura 19. Pruebas Conexión interfaz con el módulo 1.



Fuente: Autoría Propia.

Al tomar capturas de pantalla para mejor presentación de este informe, se puede observar cómo se ven los interruptores tomar la posición del interruptor físico.

Gracias a esta prueba es posible dar continuidad a una práctica sin tener dudas acerca de las lecturas de las entradas digitales.

Por el momento el módulo está conectado al router de la red wifi de la casa, por lo que se puede conservar la conexión a internet mientras se trabaja con el módulo, algo diferente a cuando me conecte a un router específico para trabajar con el módulo, ya que este será únicamente para el módulo; o a menos que este a su vez se conecte a internet por medio de alguna conexión física o inalámbrica a otro equipo que si tenga acceso a internet.

Figura 20. Conexión del módulo al router Wifi



Fuente: Autoría propia

## 9.2 Ubicación dentro de las líneas de trabajo del programa

Acorde al acuerdo 48 en su artículo 1°, este trabajo se enmarca como proyecto de ayudas educativas o de diseño y construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud.

## 9.3 Usuarios directos y formas de utilización de los resultados del proyecto

Las personas beneficiadas con este trabajo serán la comunidad universitaria UAN, docentes y estudiantes de los programas de Ingenierías. Así mismo, posibilitará la apertura de

cursos de extensión relacionados a la electrónica industrial y dichos módulos podrán servir de igual manera para la visibilidad de los programas de ingeniería ante la comunidad en general.





## 10. Presupuesto.

El presupuesto económico establecido para el desarrollo de este trabajo es asumido por el autor del mismo. Sin embargo, también habrá recursos ofrecidos por la institución tales como el docente director, los instructores de apoyo de la asignatura entre otros profesionales.

Tabla 2. Presupuesto Global

Recurso	Fuente de Financiación		
	Estudiante	Universidad Antonio Nariño*	Entidad Externa
Materiales, Software, Equipos	\$1'500.00		
Docentes de Apoyo		4 docentes	
Transportes, Impresiones, Varios	\$250.000		
Talento Humano (investigación, mano de obra y programación)	3'000.000		
Valor	<b>\$4.750.000</b>		
<b>Valor Total</b>	<b>\$4.750.000</b>		

Tabla 3. Presupuesto de gastos varios

<b>Descripción de los gastos varios (en miles de pesos)</b>				
<b>Varios</b>	<b>Justificación</b>	<b>Recursos</b>		<b>Total</b>
		<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	
Gastos extras	Gastos adicionales que surjan durante la investigación y elaboración del módulo didáctico	0	\$100.000	\$100.00
Gasto de envíos	Gasto de envíos de materiales	0	\$150.000	\$150.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$250.000</b>

# 11. Conclusiones y recomendaciones

## 11.1 Conclusiones

Mediante el uso de la tarjeta Arduino es posible construir elementos útiles para el desarrollo de prácticas, que aportan tanto al autor del trabajo como a los beneficiarios, conocimientos en diversas áreas, las cuales sirven para ampliar las expectativas y el conocimiento en el área tecnológica en general. Es así como en la industria se requiere el control exacto de las variables de velocidad e inversión de giro de los motores eléctricos de DC y AC, competencia establecida dentro del contenido programático de la asignatura de electrónica industrial; lo cual generó, un análisis a los módulos existentes en los laboratorios de ingeniería electromecánica, disponible para la realización de este tipo de pruebas, encontrando que no se tienen disponibles para la comunidad estudiantil de la UAN.

El módulo didáctico para pruebas de electrónica industrial bajo la plataforma Arduino se diseñó para ejecutar pruebas de control de arranque de motor, de inversión de giro y control de velocidades, que le permitirá al docente promover en el estudiante el aprendizaje autónomo, para idear prácticas propias mediante la programación de Arduino a sistemas de controles electromecánicos, recordando que, para cualquier propuesta, se deben revisar y tener en cuenta los planos eléctricos incluidos en los manuales de prácticas.

Dentro del desarrollo del proyecto, se elaboraron guías para el arranque de un motor, inversión de giro y cambio de velocidad en motores DC y AC monofásicos, demostrando que, por medio de las prácticas, se brinda una forma diferente de evaluar las competencias del estudiante y motivarlo a profundizar en los temas relacionados con el área de electrónica industrial, al final, estas permitieron evidenciar el alcance de los objetivos de aprendizaje propuestos en las guías, logrando potenciar las habilidades, destrezas de los estudiantes y aportar al desarrollo profesional de los futuros ingenieros en los diferentes campos laborales de la industria.

## **11.2 Recomendaciones**

En lo posible quien realice las pruebas deberá iniciar desde la primera práctica propuesta, la cual plantea la instalación y activación del programa de servicios web, su configuración, el alojamiento de las imágenes y la programación del Arduino, esto le permitirá extraer el mayor provecho durante las prácticas.

Es posible conectar cualquier equipo de cómputo al módulo, mediante conexión USB para programar, ya que existen las librerías y programas en la página de Arduino para sistemas operativos aparte de Windows (en este trabajo únicamente se trabajó con Windows 10); sin embargo, es necesario que disponga un equipo para la utilización del

módulo, por ejemplo un equipo portátil en el que se pueda hacer alguna prueba que permita despejar inquietudes en caso de no tener resultados acertados con el equipo que esté usando. Este equipo de prueba debe ser testeado periódicamente para verificar conexión.

## **12. Anexos**

En el presente documento se anexa manual de uso, instalación de programas para su funcionamiento y prácticas con el módulo.

## 12.1 Recomendaciones generales de uso y de seguridad.

El módulo y sus complementos han sido creados pensando lo máximo posible en evitar daños en sus componentes y establecer modos de uso adecuado, realizando las conexiones necesarias para evitar confusiones; pero dejando algunas consideradas indispensables para que el usuario (estudiante) pueda aprender realizándolas. Este hecho también está dado de cierta forma para la seguridad del usuario, ya que dejando ciertas conexiones establecidas, la interacción con el módulo es la necesaria para demostrar y dejar en claro conceptos que no requieren de estas conexiones en específico; no obstante con el equipo desenergizado y teniendo pleno conocimiento de lo que se hace, el usuario pudiera modificar conexiones, sin embargo tal y como están planteadas las guías no es un caso necesario, no brinda muchas más habilidades y conocimientos de lo que ya se logran con las prácticas, por lo tanto en las guías únicamente se abordan las conexiones necesarias para las prácticas de control de motor.

Es necesario que quien conecte el módulo haya estudiado los planos, tenga unas bases en electricidad, sin necesidad de ser electricista experto, pero sí que comprenda mínimamente cuales son las razones que dan pie a un corto circuito o a la generación de sobre corrientes; todas estas de electricidad y lo haga siguiendo las recomendaciones dadas a continuación:

1. Al momento de hacer conexiones desenergizar tanto el módulo, como los circuitos de motor. Recordar que los condensadores almacenan energía, por lo tanto, aunque

puede no ser fatal, si puede generar accidentes por movimientos bruscos luego de tocar las dos terminales.

2. Verificar de acuerdo a planos los circuitos conectados y de acuerdo a la imagen existente.
3. Usar con elementos de protección adecuados, gafas, guantes de cableado, zapatos de cuero.
4. Confirmar la fase y el neutro en las tomas a conectar el módulo y los componentes asociados, en todo momento usar el enchufe de tres terminales entregado para el módulo y circuito de motor.
5. Verificar que los niveles de tensión sean los adecuados, en este momento las redes domésticas pueden llegar a operar incluso hasta 135 VAC, en lo que comúnmente denominamos 110 VAC o 120 VAC. Valores mayores a 140 VAC, deben verificarse usando un voltímetro distinto, ya que básicamente el elemento que se vería afectado, sería el motor, ya que los contactos de los relés y las fuentes (adaptadores), son aptos para operar incluso en voltajes de 220 VAC.
6. Los motores no soportan arranques y paradas simultáneos, así que evitar realizar por ejemplo más de 3 arranques en menos de 1 minuto.

7. Los cambios de dirección pueden afectar al motor, esperar a que este se detenga completamente para dar una orden de arranque en un sentido diferente (el motor de la práctica se detiene en aproximadamente 5 s).

### **12.1.1 Configuración del computador para prácticas con el módulo**

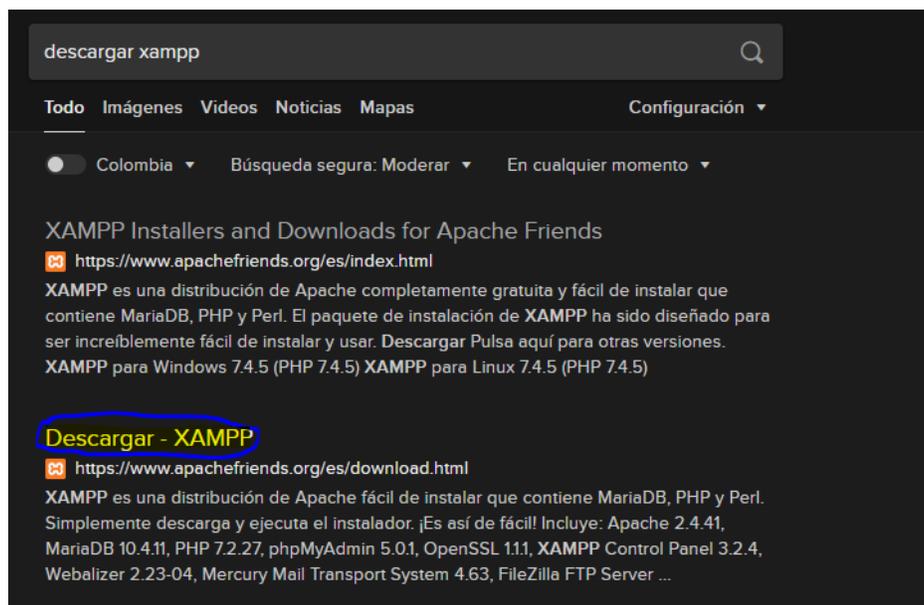
Al usar Arduino como servidor es necesario asignar una dirección adecuada para almacenar información en red que pueda ser accedida por el servidor y mostrarla en la interfaz web, una de las opciones es usar imágenes con links desde internet; sin embargo esto no es recomendable debido a que no serían imágenes propias, otra opción es mediante algún servicio web subirlas a internet y luego usar los links asignados para acceder a ellas; sin embargo a pesar de que estas imágenes sean propias, se dependería de una conexión a internet, lo cual convertiría uno de los valores agregados de esta guía en un factor desfavorable. Por tanto, se toma como opción instalar un programa que actúe como servidor local, pero que deba estar encendido durante la ejecución de las prácticas.

### **12.1.2 Descarga e instalación de XAMPP**

Como programa para servicio de material web, se eligió XAMPP, es gratuito, muy usado y muy fácil de configurar. A continuación, veremos cómo se instala y se configura.

Una simple búsqueda en internet nos lleva a la página oficial.

Figura 21. Descarga de programa



De igual manera se deja entre los archivos de las prácticas el instalador, aunque la búsqueda en la página oficial se puede encontrar la versión más actual y también de acuerdo al sistema operativo que se desee.

Figura 22. Selección de software de acuerdo al sistema operativo

**XAMPP para Windows 7.2.30, 7.3.17 & 7.4.5**

Versión	¿Qué está incluido?.	Suma de comprobación	Tamaño
7.2.30 / PHP 7.2.30	¿Qué está incluido?.	md5 sha1	147 Mb
7.3.17 / PHP 7.3.17	¿Qué está incluido?.	md5 sha1	147 Mb
7.4.5 / PHP 7.4.5	¿Qué está incluido?.	md5 sha1	148 Mb

Requisitos Complementos Más Descargas »

Windows XP or 2003 are not supported. You can download a compatible version of XAMPP for these platforms here.

---

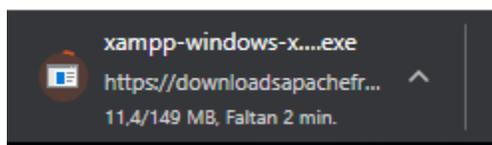
**XAMPP para Linux 7.2.30, 7.3.17 & 7.4.5**

Versión	Suma de comprobación	Tamaño
---------	----------------------	--------

Escogemos una de las versiones para Windows, la más actual y completa, esta es la misma que se incluye en los documentos de la práctica.

Descargar y esperar hasta que se complete la descarga.

Figura 23. Descarga de programa.

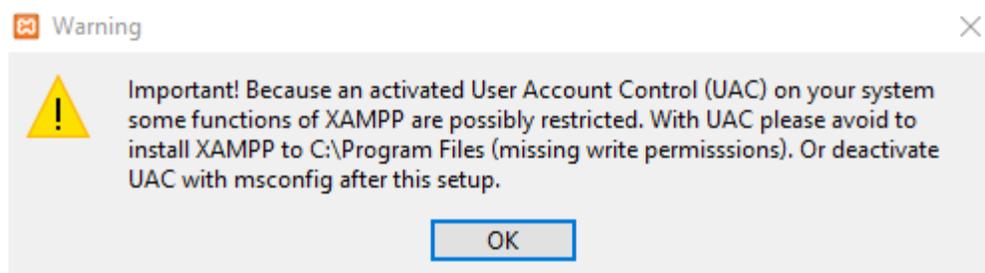


Al terminar la descarga ir a la carpeta o dar clic directamente en el elemento de la descarga, de esta manera se da inicio a la instalación, al igual que con la mayoría de

programas de Windows el procedimiento de aceptar y una serie de botones con rótulo siguiente para ir avanzando hasta terminar.

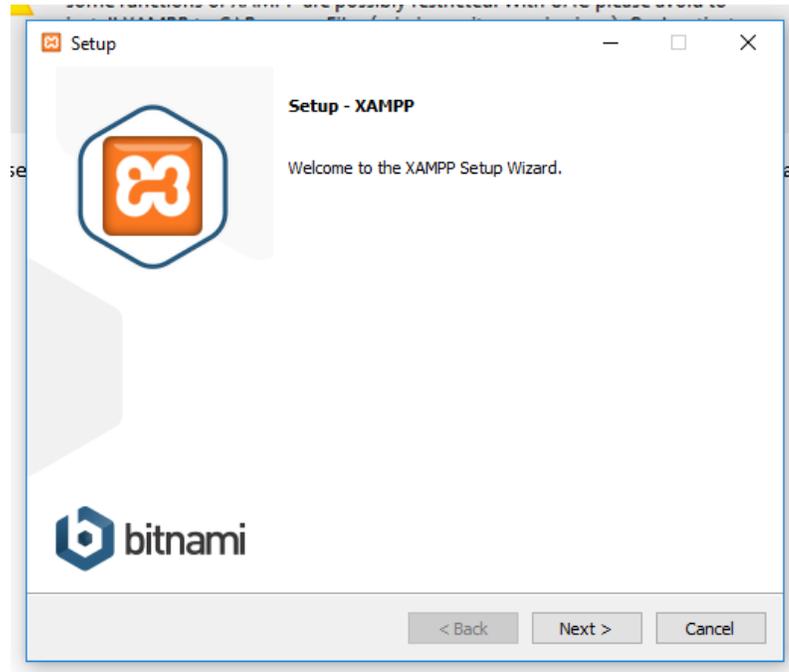
Cuando le aparezca este anuncio, no es necesario que acepte; únicamente ciérrelo usando la X.

Figura 24.Aviso



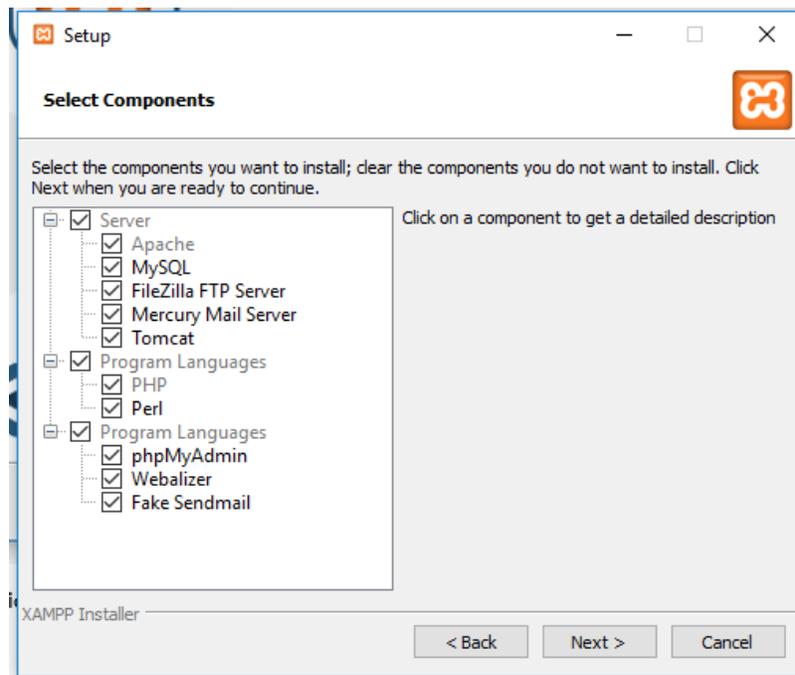
Para lo que se usa XAMPP en esta guía el equipo no genera restricciones que eviten trabajar.

Figura 25. Instalación.



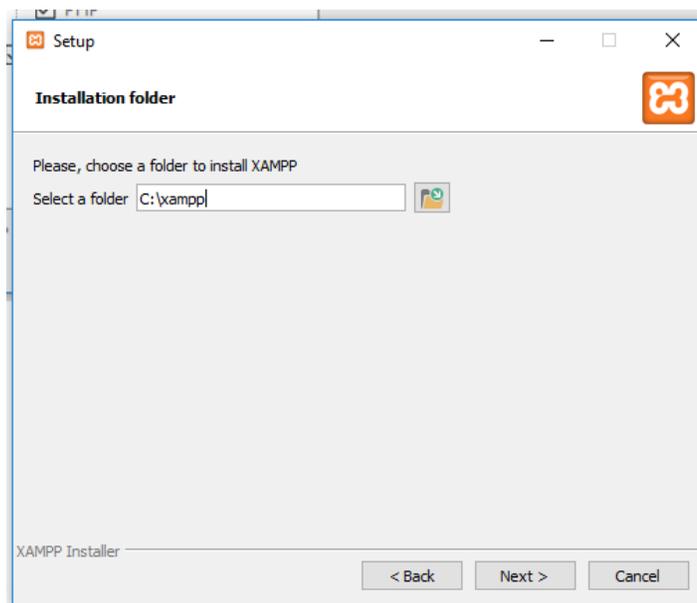
Dejar las opciones por defecto y tal como se dijo anteriormente dar clic al botón “Siguiente” hasta Finalizar.

Figura 26. Paso 1



Dejar la ruta por defecto.

Figura 27. Paso 2



Escoger el lenguaje deseado.

Figura 28. Paso 3

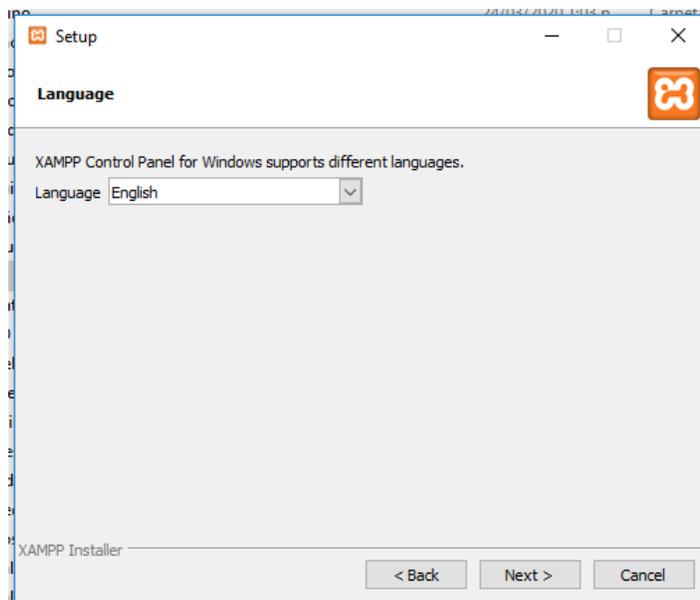


Figura 29. Paso 4

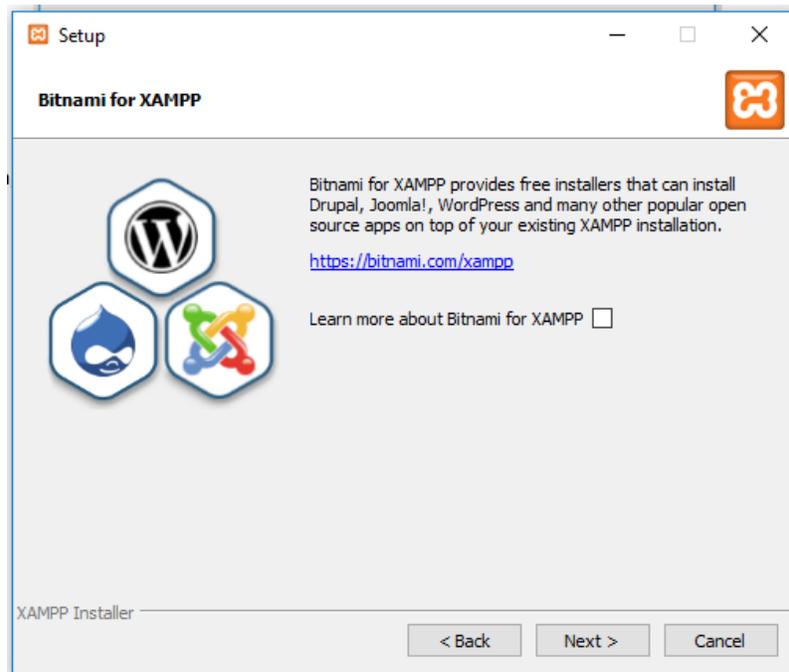
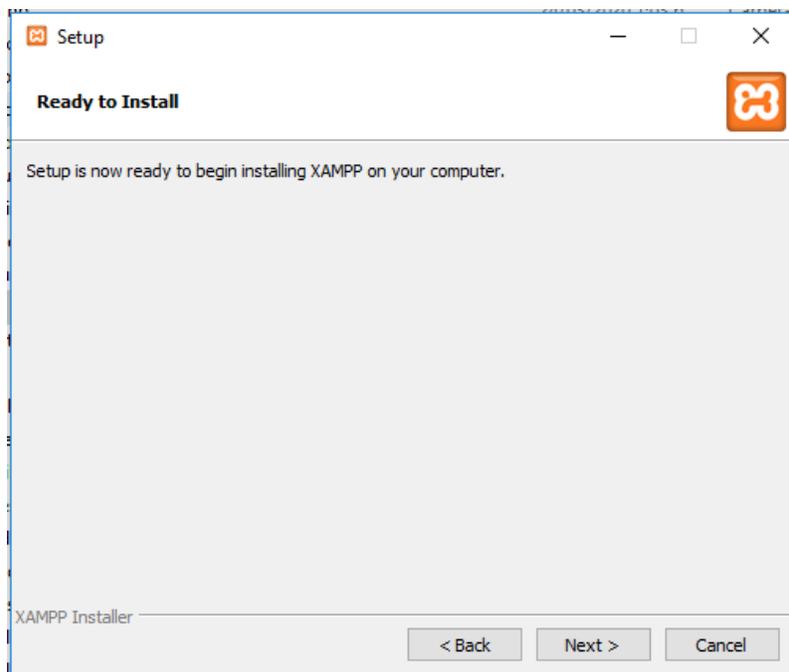


Figura 30. Paso 4



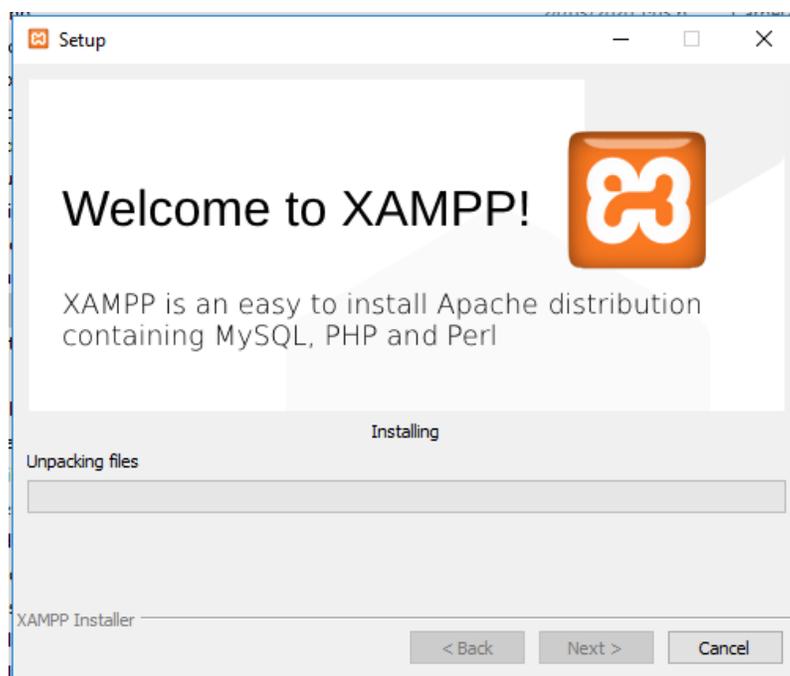
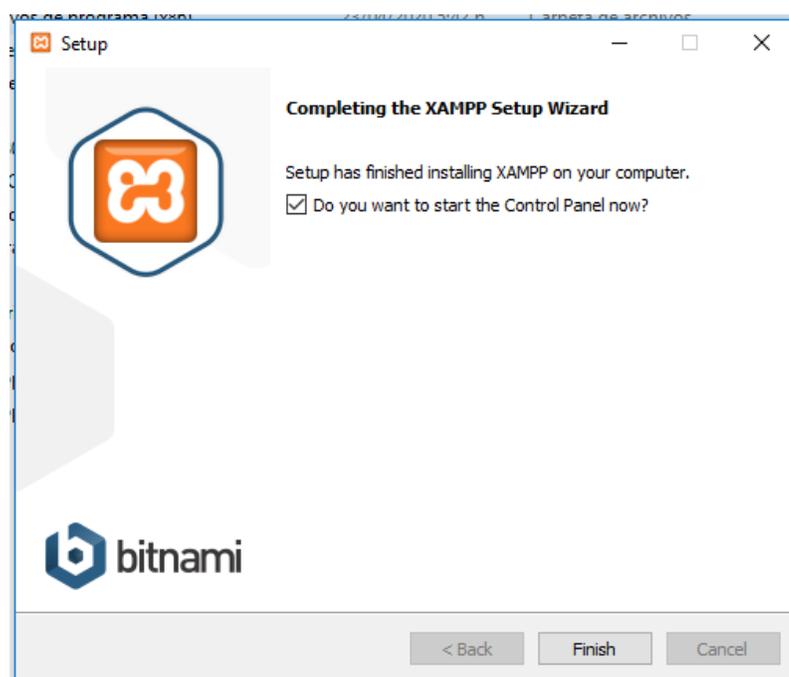
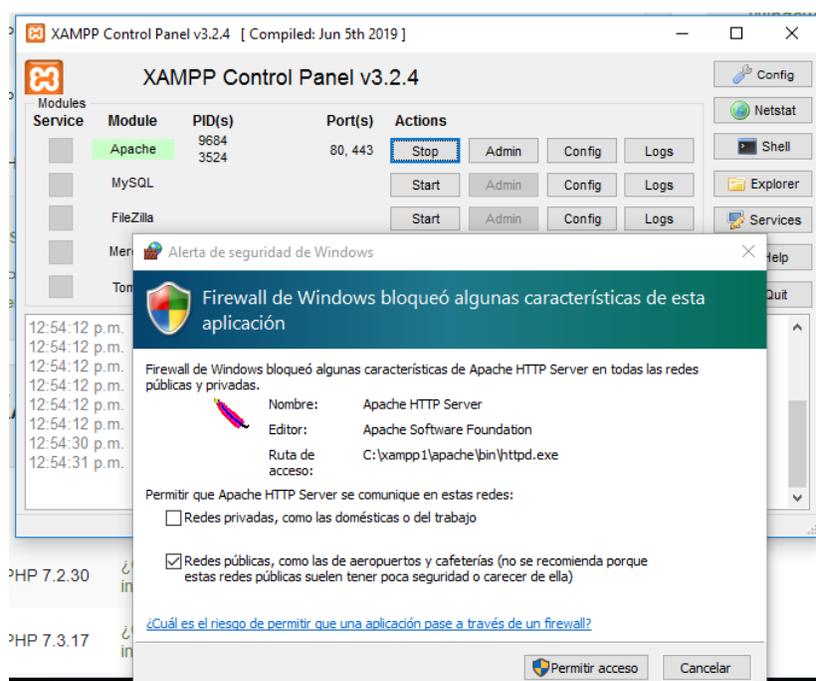


Figura 31. Finaliza instalación



Dar clic en el botón Start (el cual cambiará a Stop) que aparece frente al servicio Apache y permitir el acceso cuando la ventana emergente lo solicite.

Figura 32. Permitiendo acceso

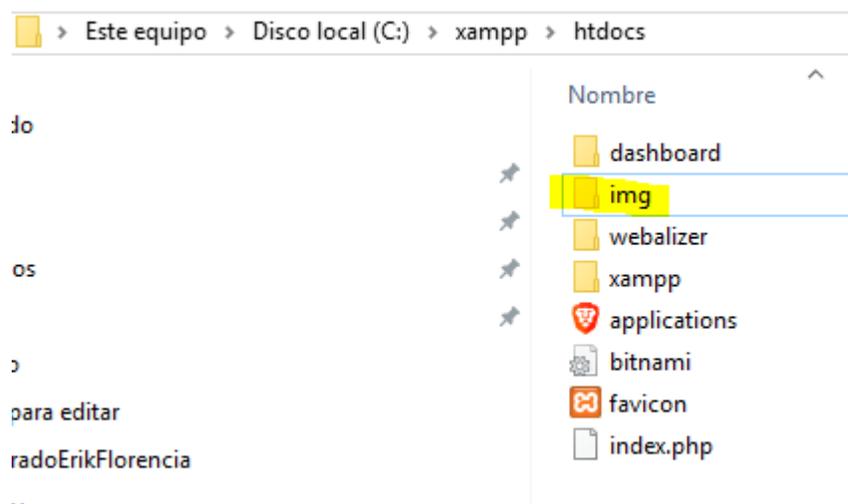


El servicio Apache se torna de color verde.

### 12.1.3 Configuración del computador para prácticas con el módulo

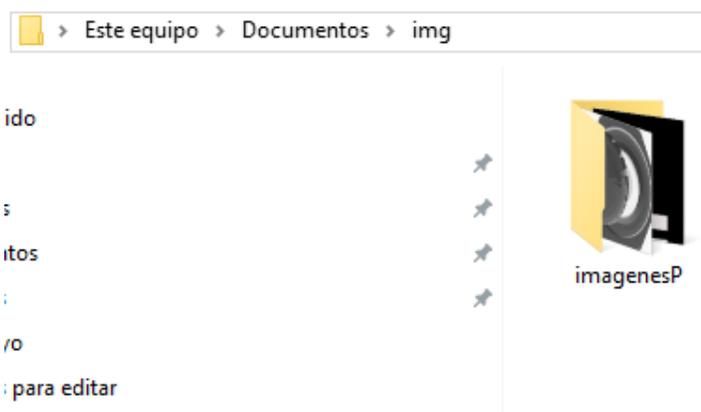
Básicamente lo que hay que pegar en la carpeta del servidor son las imágenes que se mostrarán en las interfaces gráfica por tanto copiar todo el contenido de la carpeta de nombre “img” que hace parte de los anexos de las prácticas de estas guías, en la carpeta de XAMPP del mismo nombre en la siguiente ruta.

Figura 33.Ruta



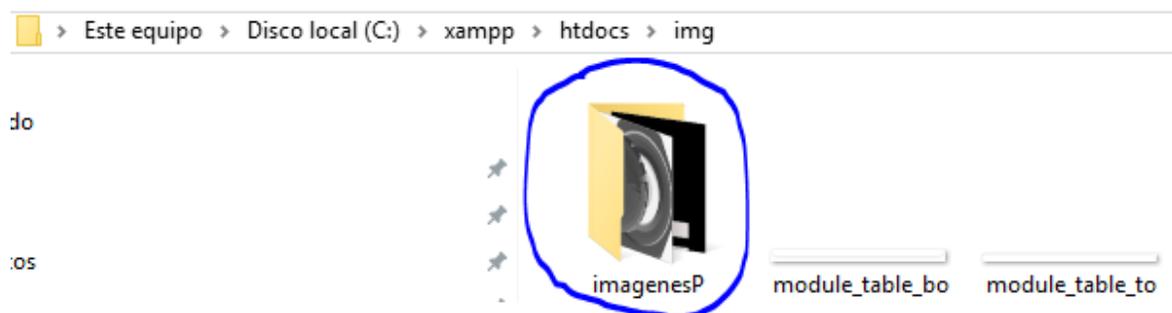
Por ejemplo, ver en la imagen a continuación, para el momento en el que hace la guía estos son los archivos que contiene la carpeta “img”, cópielos y péguelos en la carpeta (en caso de que haya más cópielos todos).

Figura 34.Copia de archivos uno



Listo, ya están los archivos copiados y el programa corriendo.

Figura 35. Carpeta



Estas imágenes son para la práctica de prueba de verificar la activación de las salidas con un pulsador determinado (Todo se ha programado en Arduino, no ocurre por que sí), esta práctica sirve para determinar la lectura de las entradas digitales y el correcto encendido de cada relé de salida.

Descarga y funcionamiento de Arduino

Al igual que XAMPP, Arduino es también un software gratuito y se descarga desde su página oficial sin ningún contratiempo.

Figura 36. Descarga de Arduino

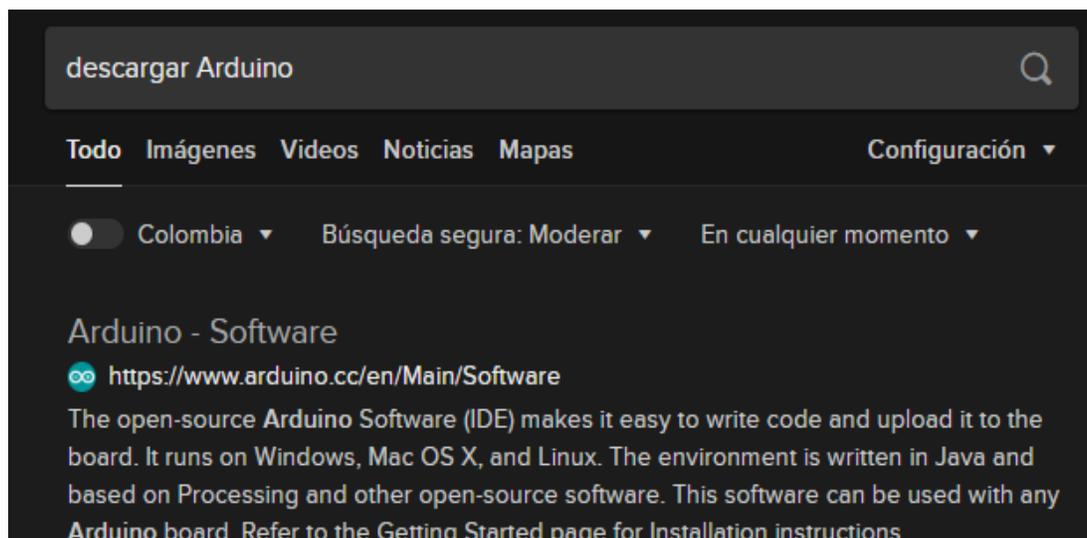


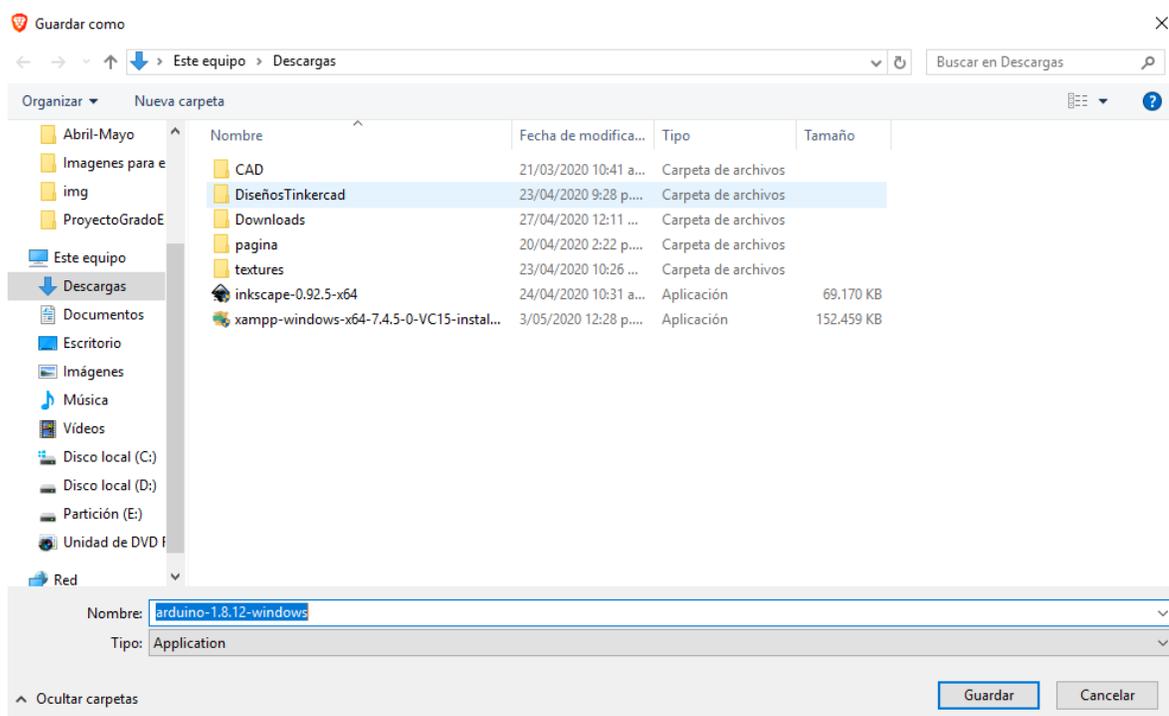
Figura 37. Selección de versión Arduino

## Download the Arduino IDE

The screenshot shows the Arduino IDE download page. On the left, there is the Arduino logo (an infinity symbol with a minus and plus sign) and the text "ARDUINO 1.8.12". Below the logo, it says: "The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open-source software. This software can be used with any Arduino board. Refer to the Getting Started page for Installation instructions." On the right, there are several download options: "Windows installer, for Windows 7 and up" (highlighted with a red circle), "Windows ZIP file for non admin install", "Windows app Requires Win 8.1 or 10" with a "Get" button, "Mac OS X 10.10 or newer", "Linux 32 bits", "Linux 64 bits", "Linux ARM 32 bits", and "Linux ARM 64 bits". At the bottom right, there are links for "Release Notes", "Source Code", and "Checksums (sha512)".

Al dar clic en la versión correspondiente aparece una siguiente ventana, dar clic en Just Down load para descargar o en Contribute and Down load en caso de querer apoyar a los creadores de Arduino. Asignar una ubicación adecuada y esperar a que se ejecute la descarga.

Figura 38. Ubicación.

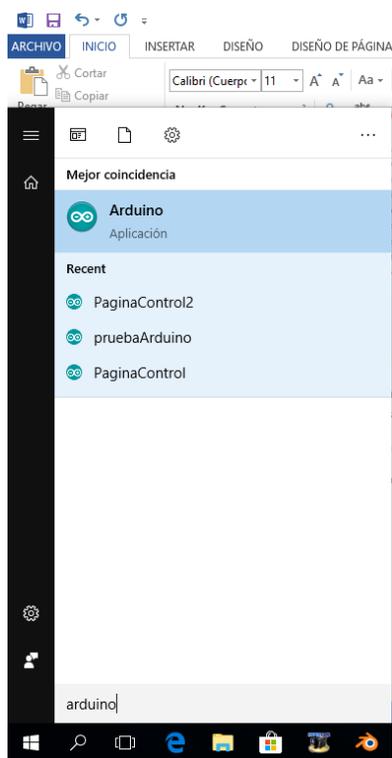


Al terminar dar clic en el programa directamente en la barra de descargas del navegador o ir a la carpeta en la que se descargó y ejecutar.

Al igual que con XAMPP, instalarlo aceptando todas las preguntas que realice.

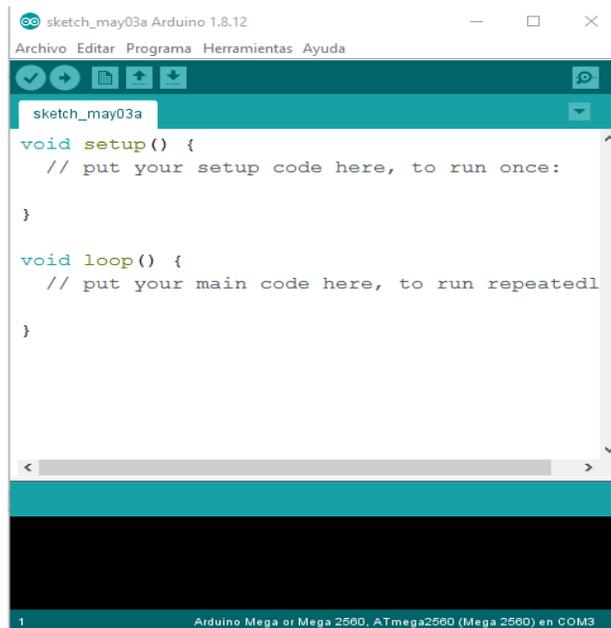
Cuando se haya instalado abrirlo, buscándolo en el menú inicio.

Figura 39. Programa Instalado



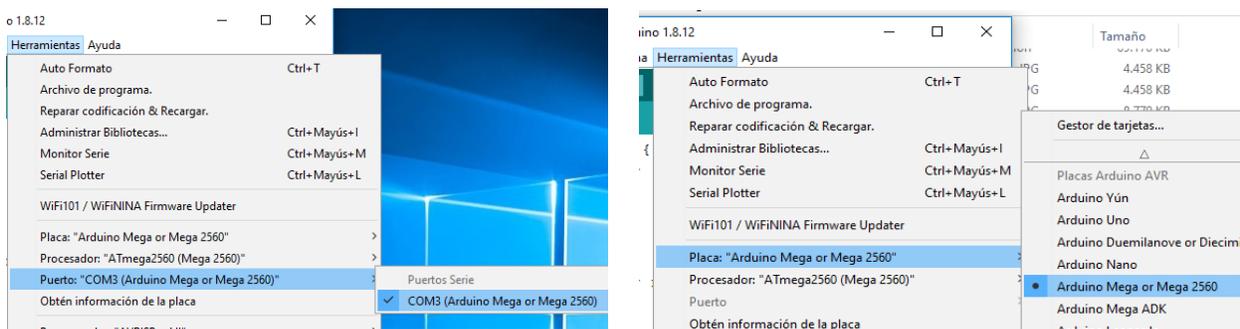
Escribiendo Arduino, aparece más rápido. Abrir el programa. Al abrirlo nos mostrará una ventana en “blanco”, aunque con la estructura básica. Esto es a lo que podemos llamar en “blanco”. Esto es si no se ha abierto el programa anteriormente, si ya se ha abierto aparece el archivo que hayamos estado usando.

Figura 40. Programa Arduino



Seleccionamos la tarjeta y el puerto serial asignado por el sistema a nuestro módulo, para esto último deberemos conectar el módulo al PC mediante el puerto serial. Para la selección de las dos configuraciones ingresamos en el menú herramientas, siguiendo respectivamente las siguientes imágenes.

Figura 41. Selección de puerto y placa

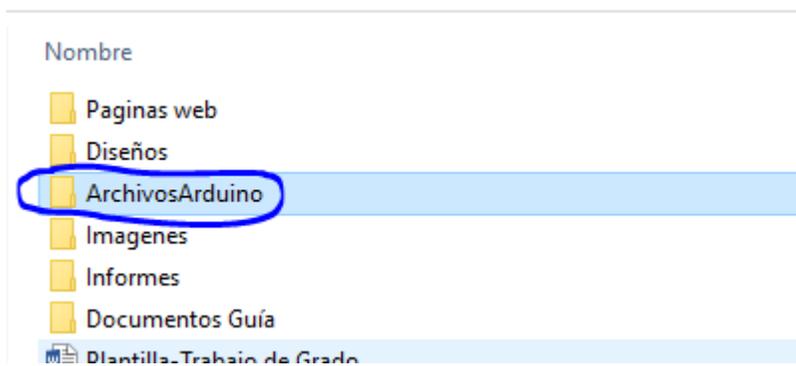


De esta manera se da por concluida la configuración.

### 12.1.4 Prueba básica y prueba de Hardware

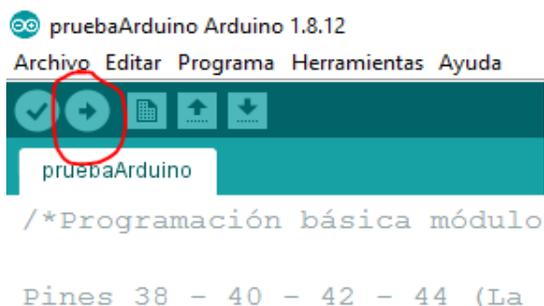
Lo primero que deberemos hacer es la programación de Arduino con la rutina adecuada. Para ello entre los archivos anexos a esta guía, buscamos la carpeta “ArchivosArduino”, esto lo hacemos desde el propio programa con la opción, Archivo abrir o buscándolo directamente en el explorador de Windows, de cualquier manera, es posible llegar al archivo. Ingresar a la carpeta y seleccionar el archivo “PruebaArduino”.

Figura 42. Archivos Arduino



Con el archivo abierto oprimir la opción programar

Figura 43. Verificar



Esta opción no tiene interfaz aún en el navegador, pero nos sirve para verificar la lectura de las entradas y la operación de las salidas, por cada interruptor que se cierre, deberá activarse un Led y un relé (Todo está programado en el Arduino y es un archivo de unas pocas líneas de código).

Los pines asociados al Arduino los siguientes.

Figura 44. Pines Arduino

```

/*Programación básica módulo arduino proyecto grado Eric universidad de Neiva

Pines 38 - 40 - 42 - 44 (La 38 es la primera de la izquierda, arriba)
 46 - 48 - 50 - 52
Asociados a entradas digitales

Pines A8 - A9 - A10 - A11 - A12 - A13 - A14
Asociadas a entradas analógicas.
Las marcadas con *, están relacionadas a los potencionmetros

Pines 22 - 24 - 26 - 28
 30 - 32 - 34 - 36
Asociados a los relés.
*/

```

Está comentados al inicio del código para que quien ingrese en el programa pueda revisarlos.

Figura 45. Código

```

void loop() {

    if(digitalRead(38)==HIGH){digitalWrite(36,HIGH);}else{digitalWrite(36,LOW);}
    if(digitalRead(46)==HIGH){digitalWrite(28,HIGH);}else{digitalWrite(28,LOW);}
    if(digitalRead(40)==HIGH){digitalWrite(34,HIGH);}else{digitalWrite(34,LOW);}
    if(digitalRead(48)==HIGH){digitalWrite(26,HIGH);}else{digitalWrite(26,LOW);}
    if(digitalRead(42)==HIGH){digitalWrite(32,HIGH);}else{digitalWrite(32,LOW);}
    if(digitalRead(50)==HIGH){digitalWrite(24,HIGH);}else{digitalWrite(24,LOW);}
    if(digitalRead(44)==HIGH){digitalWrite(30,HIGH);}else{digitalWrite(30,LOW);}
    if(digitalRead(52)==HIGH){digitalWrite(22,HIGH);}else{digitalWrite(22,LOW);}

}

```

Este código es que condiciona las entradas y las salidas. Habiendo programado la tarjeta es posible incluso desconectar el cable USB, en este caso, la alimentación de 110 VAC, a través del adaptador de 12 V DC asume la alimentación del control, tarjetas y potencia, para estos dos últimos si es completamente necesario.

Mover los interruptores y verificar la operación. Los leds nos ayudan a determinar no solo que el relé está operando, sino que también se está recibiendo la señal desde el interruptor.

Figura 46. Verificación interruptores



Verifique el código e identifique el led que se encienda, cierre los interruptores evitando que suene para distinguir el sonido que hace el relé al activarse.

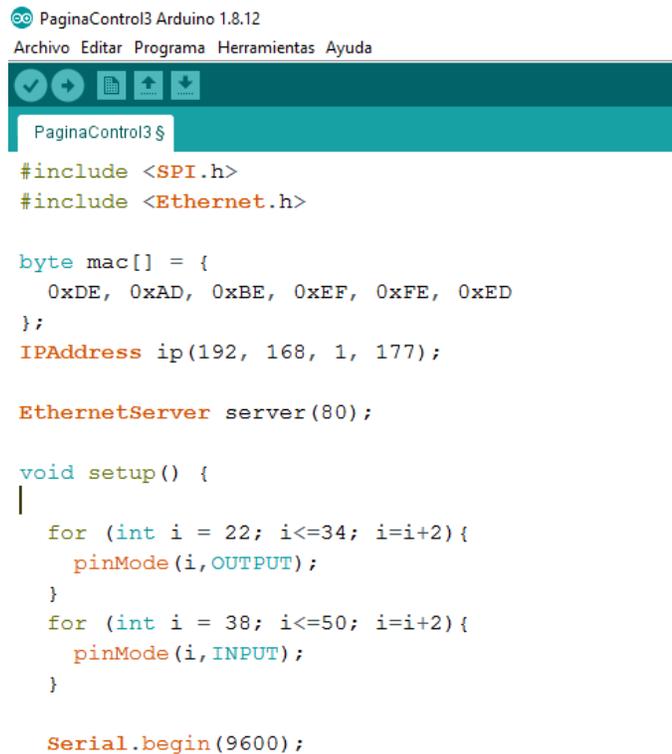
### 12.1.5 Interfaz de prueba y verificación

Busque en la carpeta ArchivosArduino y abra el archivo de Arduino

Figura 47. Archivo Arduino

Nombre	Fecha de modifi
 PaginaControl3	26/04/2020 6:34

Figura 48. Líneas de código



```

PaginaControl3 Arduino 1.8.12
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
PaginaControl3 $
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

byte mac[] = {
  0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED
};
IPAddress ip(192, 168, 1, 177);

EthernetServer server(80);

void setup() {
  for (int i = 22; i<=34; i=i+2){
    pinMode(i,OUTPUT);
  }
  for (int i = 38; i<=50; i=i+2){
    pinMode(i,INPUT);
  }

  Serial.begin(9600);

```

El archivo contiene 203 líneas de código, nuevamente conecte el cable USB si lo tiene desconectado y seleccione la opción programar. Recuerde que debe tener XAMPP corriendo el servidor Apache.

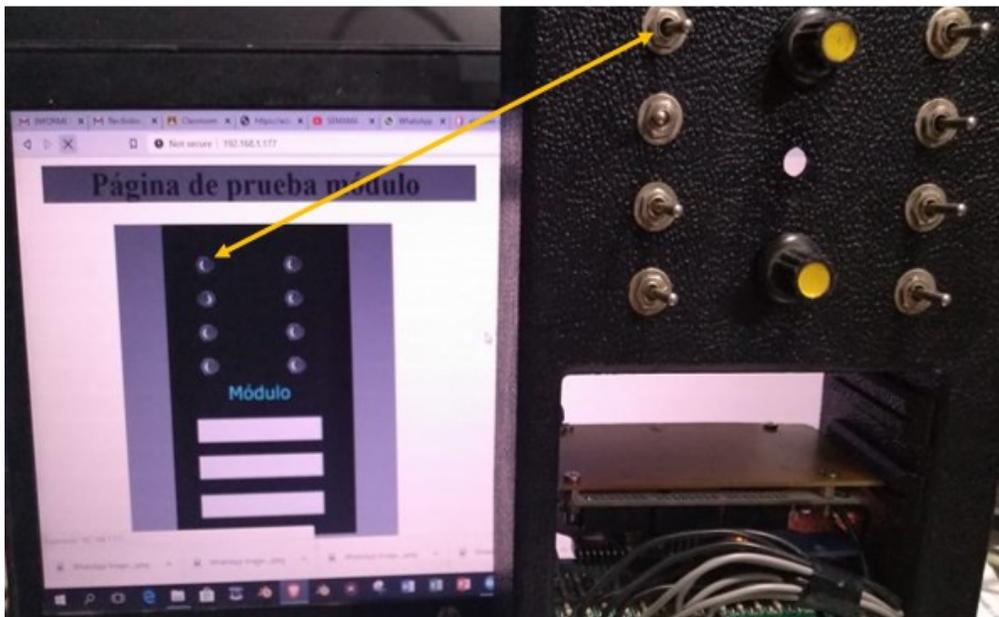
Encienda el Router conéctelo por uno de sus puertos LAN al puerto del módulo y conéctese a la red WIFI proveniente de él.

El usuario o SSID es RedModuloElectronica y la contraseña es RedModulo2020.

Luego de estar conectado vaya al navegador y en el cuadro de direcciones escriba lo siguiente 192.168.0.177 (dirección IP del módulo).

Allí le aparecerá la interfaz de prueba. Verifique al igual que con los Leds, que cuando cambie de posición un interruptor, este también cambie en la interfaz.

Figura 49. Interfaz de verificación de interruptores



### 12.1.6 Descripción de conectores de salidas del módulo.

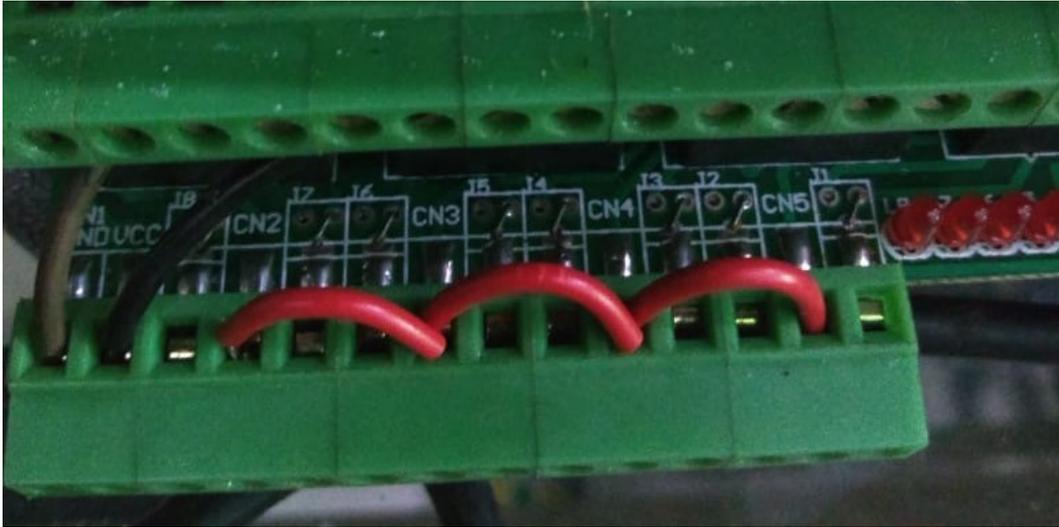
Aunque es posible energizar cargas a 110 VAC directamente desde el módulo, no se conectarán directamente cargas AC, sino que, con el fin de preservar la vida útil del módulo al máximo, se usarán relés externos a 24 VDC para activar el motor.

Figura 50. Conectores terminales de salida



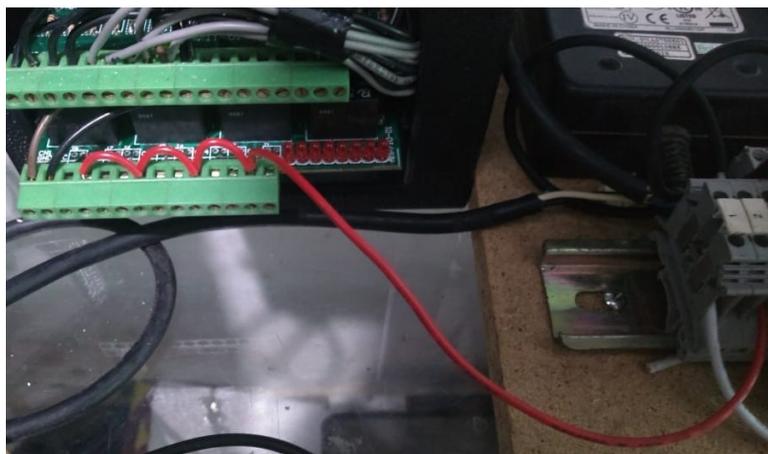
Sosteniendo la tarjeta con las manos, es posible sacarla un poco hacia adelante para observar las marcas y las conexiones. Como todas cargas a energizar son a 24 VDC (relés), es posible hacer un puente entre los comunes de la tarjeta de salidas, en caso de que no fuesen iguales, cada común se debería energizar con una tensión distinta.

Figura 51. Conexiones comunes salidas



Estas conexiones se pueden tomar como permanentes, siempre y cuando el módulo se use siempre con la tarjeta de relés de 24 VDC de la tarjeta para control de motor, diseñado específicamente para trabajar con el módulo.

Figura 52. Alimentación de conexión común.



El punto común se debe energizar con 24VDC, desde un punto con dicha tensión, el circuito de control de motor cuenta con esta tensión gracias a un adaptador. La tensión es distribuida a través de una bornera, esta es marcada con el número 3.

A continuación, se puede ver el circuito de conexión motor.

Figura 53. Relés de control de motor.



Las conexiones mostradas en el módulo son las básicas para hacer las pruebas, en lo posible y como se dijo en el apartado de recomendaciones de uso y seguridad, deberían conservarse de esta manera con el fin de evitar daños tanto en el equipo como en las personas. Los planos especifican claramente a que hacen referencia.

Tratando de en lo posible de usar las normas para los colores de los cables, se usan de la siguiente manera. Cables negro y blanco para fase (110 VAC) y neutro respectivamente. Cables rojo y azul para 24VDC y 0 V respectivamente.

La bornera marcada con el número 1 es para 110 VAC, la marcada con 2 para neutro, con 3 para 24 VDC y la 4 para 0 V. El cable rojo que sale hacia la izquierda en la imagen se dirige hacia la el punto común de la bornera de la tarjeta de salidas.

Figura 54. Numeración de relés



El primer relé tiene la opción de controlar el giro cambiando la posición del neutro en el condensador, lo que hace que el motor gire en uno u otro sentido. Se conmuta entre un contacto normalmente cerrado uno abierto para poder seleccionar a que terminal de condensador conectar, con el relé des energizado el motor gira en sentido horario y cuando se energiza, invierte el giro.

Los otros 5 relés sirven para seleccionar una velocidad específica en el motor, cada uno de ellos usa un contacto normalmente abierto para seleccionar una de las 5 velocidades, siendo la 5, la conexión entre la fase y el cable del motor sin algún otro elemento en medio, por lo que esta es la velocidad máxima del motor.

### **12.1.7 Conexión para arranque de motor**

Primero es identificar en la capeta “ArranqueMotor” el archivo de configuración y programar el Arduino con esta programación.

Para arrancar el motor en cualquiera de las 5 velocidades se debe conectar una salida de la tarjeta de relés a uno de los relés de circuito de control de motor en la terminal A1 del relé y otra de las salidas de la tarjeta a otro de los relés del circuito de control de motor también en la terminal A1, como se ve en la figura.

Suponiendo que se quiera arrancar el motor en su velocidad máxima, por lo que vamos a activar el relé 6. En la figura se ve cómo se extiende un cable de color amarillo desde salida I3 y la terminal A1 del relé 6. Gracias a la programación es posible seleccionar si el comando del motor va a ser desde los interruptores mediante la selección en pantalla de remoto o manual (Rem Man).

Figura 55. Conexiones para prueba de arranque

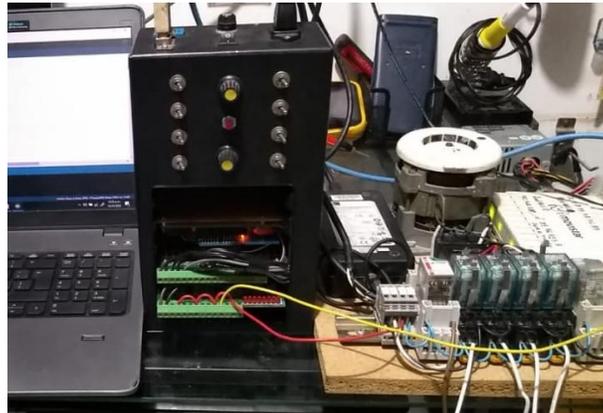
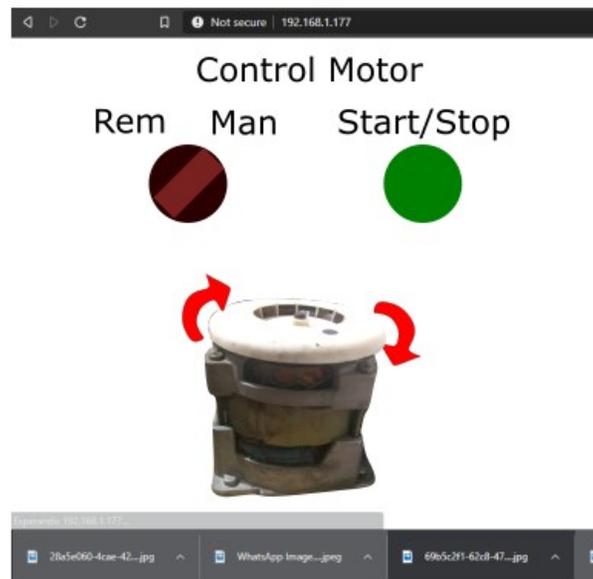


Figura 56. Interfaz control arranque de motor



### 12.1.8 Conexión para inversión de giro motor

Añadiendo un cable y un botón a la gráfica, es posible dar al motor la función de cambio de giro. Para este se elige la salida I8 de la tarjeta de salidas y el relé para esta función en la tabla de motores es específicamente el relé 1. En la imagen se puede observar un cable color café

**Precaución. Es importante saber que el motor no debe cambiar abruptamente de sentido de giro, es necesario asignar un tiempo adecuado para que este se detenga y luego si dar un cambio de giro.**

Figura 57. Conexión prueba control motor con inversión de giro.

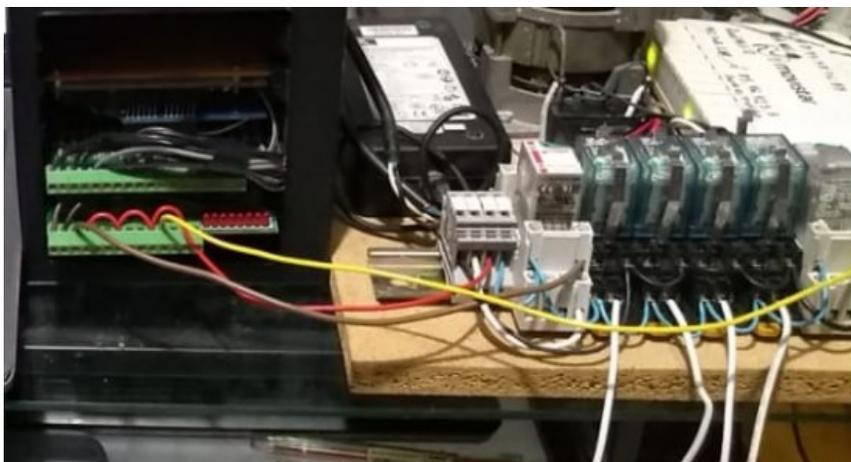


Figura 58. Interfaz control de giro (giro motor derecha).

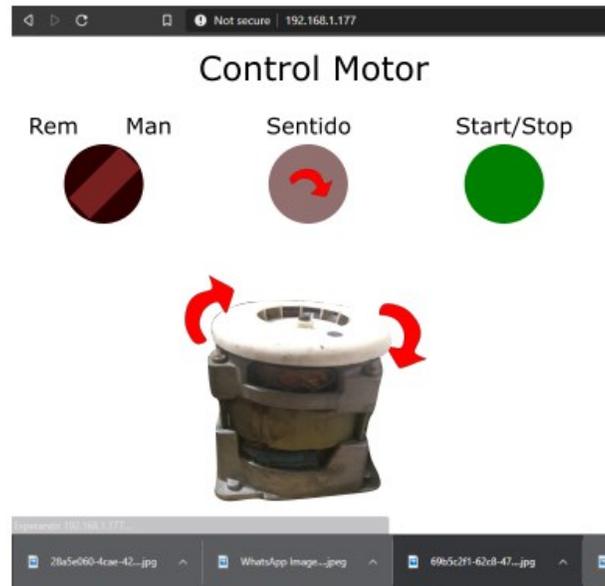


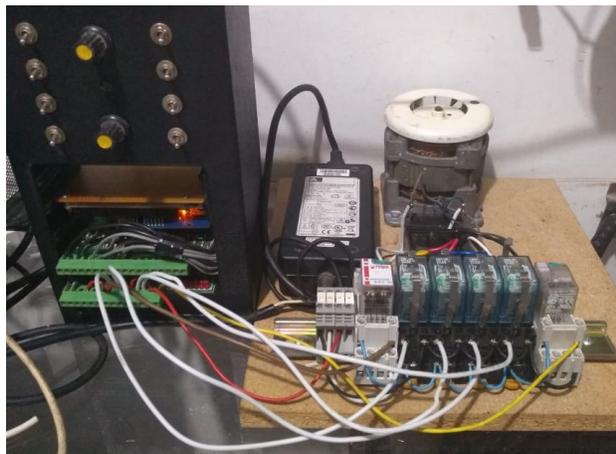
Figura 59. Interfaz control de giro (giro motor izquierda).



### 12.1.9 Conexión para variación de velocidad motor

Para realizar cambios de velocidad en el motor conectamos los terminales A1 de los relés restantes 2 – 5, a 4 salidas consecutivas de la tarjeta de relés (I7 a I4), de esta manera podemos ir variando la velocidad a medida que se da orden de activación desde el relé 2 hasta el 6 (siendo el 2 para la mínima y el seis la máxima).

Figura 60. Conexión Prueba de control de velocidad de motor.



### 12.1.10 Planos de tarjetas PCB de Conexiones de entrada y salida.

Figura 61. Esquema de conexión de salidas.

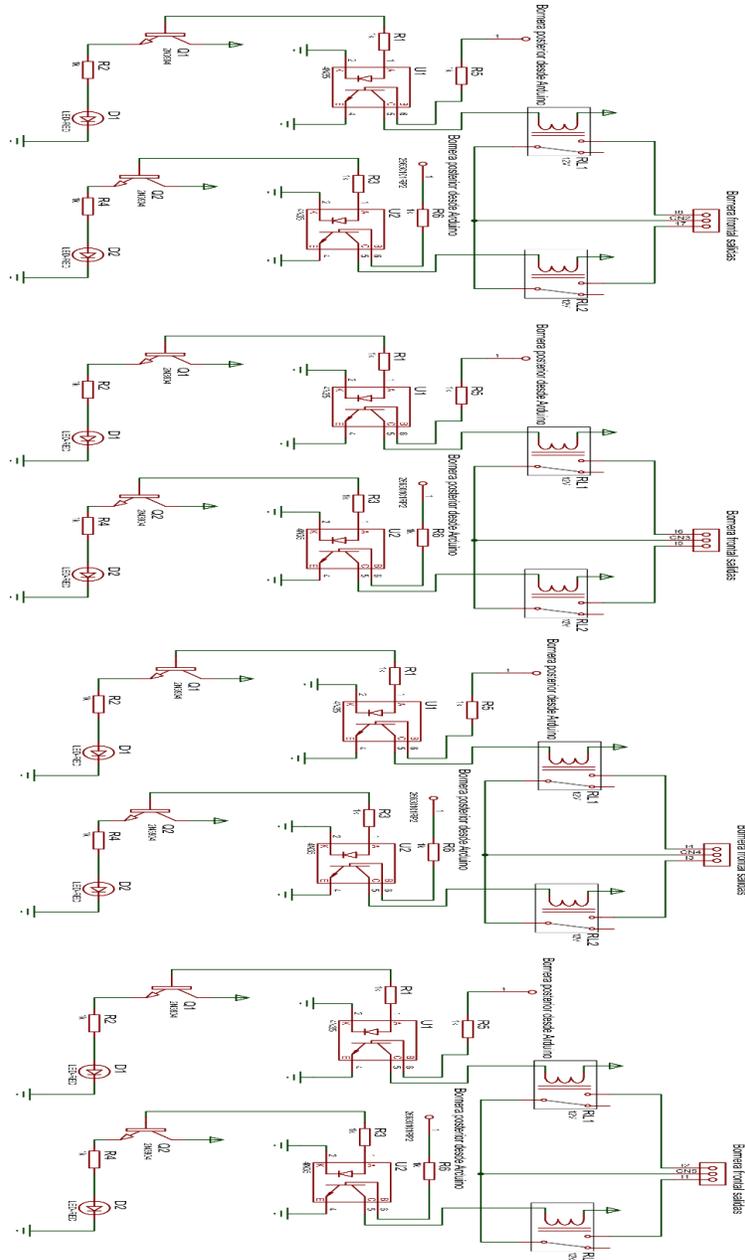
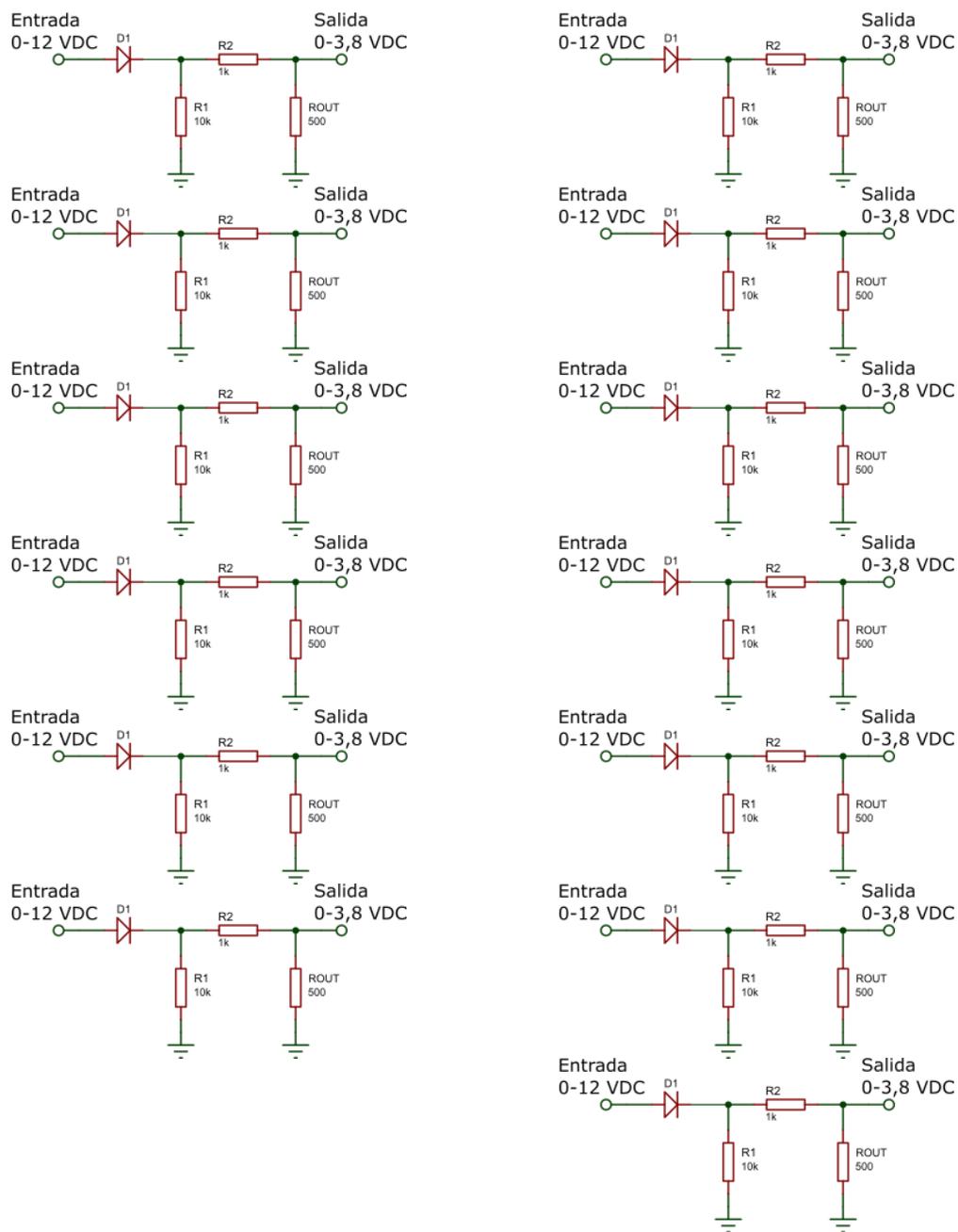
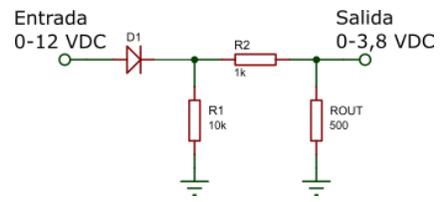
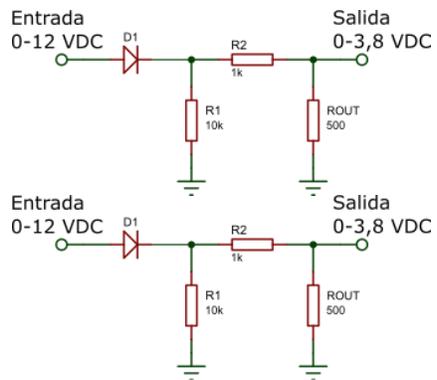


Figura 62. Esquema conexión de entradas digitales y analógicas.





## Bibliografía

- LabVolt Sistema didáctico, «LabVolt,» 10 Noviembre 2015. [En línea]. Available:
- 1] [www.labvolt.com/downloads/dse6081.pdf](http://www.labvolt.com/downloads/dse6081.pdf). [Último acceso: 12 Noviembre 2019].
  - 2] TECNICA DIDACTICA SA., «Equipos Modular para la enseñanza de máquinas eléctricas,» [En línea]. Available: [www.tecnica-didactica.com.ar/educacion\\_tecnica/EQ980.html](http://www.tecnica-didactica.com.ar/educacion_tecnica/EQ980.html). [Último acceso: 21 Noviembre 2019].
  - 3] VIGNOLA, «Bancos didácticos VIGNOLA,» 12 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://74.115.212.250/~vignola2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1330&Itemid=126](http://74.115.212.250/~vignola2/index.php?option=com_content&view=article&id=1330&Itemid=126). [Último acceso: 13 Noviembre 2019].
  - 4] J. M. Bayona Arenas, *Diseño y construcción de un banco didáctico en automatización industrial para el laboratorio de mecatrónica de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga*, Bucaramanga, 2011.
  - 5] SENA - Servicio Nacional de Aprendizaje, «Automatización SENA,» 2009. [En línea]. Available: [automatizaciónsena09.blogspot.com.co](http://automatizaciónsena09.blogspot.com.co). [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
  - 6] C. I. Minotta Peñaloza, «Diseño y construcción de un banco de prueba para motores dc de baja potencia.,» Bogotá, 2007.
  - 7] V. H. Cabezas Castillo, «Montaje para un banco de prueba para arranque,» Soacha, 2013.
  - 8] J. A. Parra Durán, «Diseño para construcción de un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de tuberías,» Santiago de Cali, 2014.
  - 9] Universidad Antonio Nariño, «Acuerdo 48. Por el cual se expide el Reglamento de Trabajo de Grado.,» de *Reglamento de Trabajos de Grado*, Bogotá, 2001, p. 11.