

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE FLUIDOS DIDÁCTICO APLICABLE  
EN LAS ÁREAS DE INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**DIANA STEFANY CORREA USSA  
MARÍA FERNANDA FORERO ROJAS**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2017**

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE FLUIDOS DIDÁCTICO APLICABLE  
EN LAS ÁREAS DE INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**



**DIANA STEFANY CORREA USSA  
MARÍA FERNANDA FORERO ROJAS**

**Director:  
ING. CARLOS ALBERTO CARDONA COY**

**Codirector:  
ING. OSCAR EDUARDO UMAÑA MÉNDEZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2017**

Las ideas expresadas en este libro son responsabilidad exclusiva de los autores, por lo cual no comprometen a la Universidad Santo Tomas ni a la facultad de Ingeniería Electrónica.

*A mi familia le doy gracias por ayudarme y guiarme en la construcción de mis sueños, por apoyarme en cada instante de mi formación como persona y como profesional; también agradezco a todas las personas que con su ánimo nos ayudaron a culminar este proyecto y a Mafe por ser mi compañera de equipo y con quien de principio a fin luchamos juntas para lograr nuestra meta de ser ingenieras.*

*Diana S. Correa U.*

*Agradecida con Dios, por cada anhelo y meta puesta en sus manos. A mi familia, quienes estuvieron presentes en todo momento, siempre muy cerca de mí ofreciéndome su apoyo absoluto, colmando cada instante de vida; También agradezco a Cami por apoyarme en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional. A mis docentes agradezco por acompañarme en mi proceso de formación como profesional, a mis asesores de tesis por sus aportes invaluable y tiempo, y a Dianita por su apoyo, persistencia y compañía en este logro alcanzado.*

*Ma. Fernanda Forero R.*

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	7
INDICE DE TABLAS .....	9
ANEXOS .....	10
GLOSARIO .....	11
RESUMEN .....	15
INTRODUCCIÓN .....	16
JUSTIFICACIÓN .....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
OBJETIVOS .....	20
General.....	20
Específicos.....	20
MARCO TEÓRICO.....	21
Los Sistemas SCADA .....	21
Un concepto muy conocido, pero importante es el de “Sensores” .....	21
Un caso particular de automatización es el PLC Siemens® S7-1200,.....	22
Otro concepto importante es efecto Hall para el cual,.....	24
Por otra parte, los.....	25
La base para algunos análisis de los sistemas dinámicos es la instrumentación, .....	25
Uno de los elementos importantes en la construcción de los módulos fue la bomba peristáltica.....	26
METODOLOGÍA.....	28
RESULTADOS.....	29
CAPITULO 1: Dimensiones y apariencia física de los módulos.....	29
CAPITULO 2: Elaboración de circuitos. ....	32
CAPITULO 3: Conexiones y alimentación. ....	38
CAPITULO 4: Diagrama P&ID, instrumentación de la planta .....	41
CAPITULO 5: Ejemplos.....	42
Arduino.....	42
Tia Portal. ....	46
Labview .....	48
CAPITULO 6: Función de transferencia .....	49
CAPITULO 7: Menú interactivo.....	52

Opción: Menú interactivo.....	53
Opción: Proceso industrial.....	61
Opción: Diagrama P&ID.....	62
Opción: ¿Cómo armar?.....	64
Opción: Conexiones .....	66
Opción: Ejemplos .....	68
Opción: Advertencias .....	69
Opción: Manual técnico.....	69
CAPITULO 8: Dimensión ética.....	70
CAPITULO 9: Costos .....	73
CAPITULO 9: Alcances y limitaciones.....	74
CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES.....	79
Referencias.....	80

## INDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1 CONTROLADOR S7-1200, PLC Y PANEL SIMATIC HMI BASIC</i> .....	22
<i>FIGURA 2 RELACIÓN ENTRE EL MODELO TEÓRICO DE LA PIRÁMIDE CIM Y SU IMPLANTACIÓN REAL EN LA EMPRESA.</i> .....	23
<i>FIGURA 3 UTILIZACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE EN LA PIRÁMIDE CIM</i> .....	24
<i>FIGURA 4 DIAGRAMA DE FUERZAS SOBRE UN CONDUCTOR</i> .....	24
<i>FIGURA 5 BOMBA PERISTÁLTICA</i> .....	26
<i>FIGURA 6 CIRCUITO PROPUESTO PARA EL DETECTOR DE CRUCE POR CERO.</i> .....	27
<i>FIGURA 7. CIRCUITO PARA LA ACTIVACIÓN DE UNA CARGA AC A PARTIR DE UNA SEÑAL DE 5VDC</i> .....	27
<i>FIGURA 8. SEÑAL ESPERADA TRAS EL CRUCE POR CERO, DIMMER</i> .....	27
<i>FIGURA 9 DIMENSIONES DEL MÓDULO EN ACERO INOXIDABLE</i> .....	30
<i>FIGURA 10 APARIENCIA DE LOS TANQUES GRANDES DEL MÓDULO DE FLUIDOS</i> .....	31
<i>FIGURA 11 APARIENCIA DE LOS TANQUES PEQUEÑOS</i> .....	31
<i>FIGURA 12 CIRCUITO AISLAMIENTO DE CONTROL DC</i> .....	32
<i>FIGURA 13 CIRCUITO AISLAMIENTO DE CONTROL DC EN PCB</i> .....	32
<i>FIGURA 14 ACTIVACIÓN ON- OFF DE UNA CARGA AC</i> .....	33
<i>FIGURA 15 CIRCUITO DIMMER</i> .....	34
<i>FIGURA 16 PCB SENSORES DE NIVEL</i> .....	34
<i>FIGURA 17 PCB CONEXIÓN BOMBAS/ CONEXIÓN ELECTROVÁLVULAS</i> .....	35
<i>FIGURA 18 PCB SENSORES\ACTUADORES</i> .....	35
<i>FIGURA 19 PCB CENTRAL</i> .....	36
<i>FIGURA 20 CIRCUITO PULL-DOWN</i> .....	36
<i>FIGURA 21 ACTIVACIÓN ALARMA-LED</i> .....	37
<i>FIGURA 22 CIRCUITOS CENTRALES</i> .....	38
<i>FIGURA 23 CONEXIÓN TANQUES</i> .....	38
<i>FIGURA 24 CONEXIÓN DE ELECTROVÁLVULAS Y BOMBAS A LA PCB</i> .....	38
<i>FIGURA 25 DIAGRAMA CONEXIÓN ELECTROVÁLVULAS/BOMBAS</i> .....	39
<i>FIGURA 26 CONEXIÓN DIMMER RED ELÉCTRICA LOCAL</i> .....	39
<i>FIGURA 27 CONEXIÓN CARGA (RESISTENCIA SUMERGIBLE)</i> .....	39
<i>FIGURA 28 ALIMENTACIÓN MÓDULOS</i> .....	41
<i>FIGURA 29 P&amp;ID DISEÑADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA “MÓDULOS DE FLUIDOS DIDÁCTICOS”</i> .....	41
<i>FIGURA 30 LOGO DE ARDUINO (ARDUINO, S.F.)</i> .....	42
<i>FIGURA 31 MODULO DE 16 RELAYS</i> .....	43
<i>FIGURA 32 APARIENCIA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DALLAS 18B20</i> .....	43
<i>FIGURA 33 APARIENCIA SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DTH22</i> .....	43
<i>FIGURA 34 APARIENCIA SENSOR DE DISTANCIA HCSR04</i> .....	44
<i>FIGURA 35. MÓDULO DE COMUNICACIÓN NRF24L01</i> .....	44
<i>FIGURA 36 APARIENCIA DEL BUZZER EMPLEADO PARA LA ALARMA.</i> .....	45
<i>FIGURA 37 APARIENCIA DEL SENSOR DE FLUYO YF-S201</i> .....	45
<i>FIGURA 38 APARIENCIA Y DIMENSIONES DEL SENSOR DE NIVEL DE LÍQUIDO</i> .....	46
<i>FIGURA 39 ENTORNO CREADO EN TIA PORTAL PARA LA EMULACIÓN DE UN SISTEMA INDUSTRIAL</i> .....	47
<i>FIGURA 40 PORCIÓN DEL LADDER DESARROLLADO EN TIA PORTAL</i> .....	48
<i>FIGURA 41 INTERFAZ DE USUARIO EN LABVIEW</i> .....	48
<i>FIGURA 42. PROGRAMA DESARROLLADO EN LABVIEW PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.</i> .....	49
<i>FIGURA 43 COMPORTAMIENTO PLANTA DE PRIMER ORDEN NIVEL DE UN TANQUE</i> .....	50
<i>FIGURA 44 TIEMPO EN EL QUE SE ALCANZA EL 63%</i> .....	51
<i>FIGURA 45 RETARDO DEL SISTEMA</i> .....	51
<i>FIGURA 46 RESPUESTA DE PRIMER ORDEN EVALUANDO EL LLENADO DE UN TANQUE</i> .....	52

FIGURA 47 MENÚ DE INICIO .....	52
FIGURA 48 PROTOCOLO DE LIMPIEZA .....	53
FIGURA 49 MENÚ INTERACTIVO .....	54
FIGURA 50 INFORMACIÓN TANQUES GRANDES Y PEQUEÑOS .....	54
FIGURA 51 INFORMACIÓN SENSORES DE NIVEL .....	55
FIGURA 52 FICHA TÉCNICA SENSORES DE NIVEL.....	55
FIGURA 53 MAPA DE CONEXIÓN .....	56
FIGURA 54 INFORMACIÓN BOMBAS PERISTÁLTICAS .....	56
FIGURA 55 CONEXIONES BOMBAS .....	57
FIGURA 56 CONEXIONES DE BOMBAS Y ELECTROVÁLVULAS .....	57
FIGURA 57 INFORMACIÓN ELECTROVÁLVULAS .....	58
FIGURA 58 CONEXIONES ELECTROVÁLVULAS .....	58
FIGURA 59 INFORMACIÓN VENTILADOR-MOTOR .....	59
FIGURA 60 INFORMACIÓN ACTUADORES.....	59
FIGURA 61 INFORMACIÓN RESISTENCIA SUMERGIBLE .....	60
FIGURA 62 CIRCUITO DIMMER CONEXIÓN RESISTENCIA SUMERGIBLE.....	60
FIGURA 63 INFORMACIÓN SENSORES.....	61
FIGURA 64 CONEXIÓN SENSORES CON CÓDIGO EN ARDUINO.....	61
FIGURA 65 PROCESO FABRICACIÓN DE SUAVIZANTE DE TELAS .....	62
FIGURA 66 DIAGRAMA P&ID DE LOS MÓDULOS.....	62
FIGURA 67 EQUIVALENCIA EN BOTONES .....	63
FIGURA 68 INFORMACIÓN BUZZER .....	63
FIGURA 69 INFORMACIÓN VOLTÍMETRO .....	64
FIGURA 70 PASOS PARA ARMAR LOS MÓDULOS .....	64
FIGURA 71 PASOS CONEXIÓN TANQUES.....	65
FIGURA 72 PASOS CONEXIÓN MAQUETA- PCB CENTRAL.....	65
FIGURA 73 PASOS ALIMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS .....	66
FIGURA 74 MENÚ CONEXIONES .....	66
FIGURA 75 FUNCIONAMIENTO Y CONEXIONES DIMMER .....	67
FIGURA 76 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN .....	67
FIGURA 77 SEÑAL ANÁLOGA .....	68
FIGURA 78 MENÚ EJEMPLOS.....	68
FIGURA 79 CARPETAS QUE SE DESPLIEGAN AL HACER CLICK EN LOS SÍMBOLOS ARDUINO- LABVIEW- TIA PORTAL ....	69
FIGURA 80 ADVERTENCIAS .....	69

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 ACTIVIDADES REALIZADAS PARA DEFINIR EL PROCESO METODOLÓGICO DEL PROYECTO.....	28
TABLA 2 DIMENSIONES PARA EL TANQUE INFERIOR.....	30
TABLA 3 DIMENSIONES TANQUES GRANDES (AZULES Y AMARILLOS).....	31
TABLA 4 DIMENSIONES TANQUES PEQUEÑOS (BLANCOS) .....	31
TABLA 5 COSTOS GENERALES DEL PROYECTO.....	73

## ANEXOS

### 1. Datasheet de los componentes utilizados:

- ✓ Aquea Tech Solenoid Valves.
- ✓ BTA41.
- ✓ DTH22.
- ✓ DS18B20.
- ✓ HCSR04.
- ✓ MOC3021.
- ✓ Nrf24L01.
- ✓ Sensor nivel de líquido.
- ✓ TIP31.
- ✓ YF-S201.

### 2. Sistemadefluidos.exe

### 3. Manual técnico.

### 4. Ejemplo de automatización en TIA Portal “GRAF CET CON BOTONES TOUCH Y ANALOGO1”.

### 5. Programas de prueba en Arduino.

### 6. Diagrama P&ID.

## GLOSARIO

**Actuador:** Dispositivo electromecánico que actúa sobre el medio exterior, convierten una magnitud eléctrica en otra de otro tipo (mecánica, térmica, etc.), mediante un proceso inverso al de los sensores. Los actuadores pueden mantener niveles de salida continuos o discretos. Entre el controlador y los actuadores están las interfaces, que no son otra cosa que acondicionadores que adaptan la señal a la entrada del actuador. (Romero, Vázquez, & de Castro, 2010)

**Adaptador DC:** Tipo de alimentación externa, a menudo encerrada en lo que aparenta ser una clavija de corriente de gran tamaño, se utilizan normalmente con los dispositivos eléctricos que no contienen su propia fuente de alimentación interna. (Quintero, 2012)

**Arduino:** Plataforma electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. (Arduino, <http://arduino.cl/>, s.f.)

**BTA41:** TRIAC para operaciones de control de fase, switch electrónico bidireccional de corriente alterna útil para interrumpir y/o continuar la corriente de alimentación de un dispositivo. Su versatilidad lo hace ideal para el control de corrientes alternas, esta se puede emplear como interruptor estático ofreciendo muchas ventajas sobre los interruptores mecánicos convencionales y los relés. (Carrod electronica, s.f.)

**Buzzer:** Transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono (generalmente agudo). Sirve como mecanismo de señalización o aviso y se utiliza en múltiples sistemas, como en automóviles o en electrodomésticos, incluidos los despertadores.

**DHT22:** Sensor de temperatura y humedad que cuenta con varias aplicaciones en campos de control automático, equipos de prueba e inspección, aplicaciones en el hogar, estaciones meteorológicas entre otras. Sus características incluyen, potencia ultra baja, calibración totalmente automatizada, su salida es standard digital single-bus, voltaje de funcionamiento: 3,3 V ~ 5,5 V, alta precisión:  $\pm 0,5$  °C típicamente para la temperatura y  $\pm 2$  %RH para humedad, resolución: Temperatura: 0,1 °C típicamente; Humedad: 0,1 %RH, Rangos de operación: Temperatura: -40°C ~ 80°C; Humedad: 0 ~ 99,9 %RH. *Ver datasheet "AM2302-DHT22" presente en los anexos.*

**DS18B20:** Sensor de temperatura digital que proporciona una lectura de temperatura en 9 bits. No requiere componentes externos. Rango de temperaturas: -55°C ~ 125°C (-67°F ~ 257°F), interface: 1 Wire. Interfaz de una línea que requiere solo un pin para comunicarse. Cada dispositivo posee un código

serial único de 64-Bits guardado en ROM, tipo de salida: digital, alimentación de 3 ~ 5,5 voltios (V). *Ver datasheet "DS18B20" presente en los anexos.*

**HCSR04:** Sensor de distancia por ultrasonido, detecta objetos y calcula distancia en un rango de 0,02 a 0,45 m. Voltaje: 5 V DC. Corriente: menor a 2 mA. Ángulo detección: menor a 15 grados. Modo de trabajo: en el pin IO trigger, una señal en alto por al menos 10  $\mu$ s módulo automáticamente envía una onda cuadrada de 40Khz y automáticamente detecta el regreso de la señal. Se calcula la distancia como: Distancia= (tiempo\* velocidad del sonido (340M/s)) /2 en el pin Echo. *Ver datasheet "HCSR04" presente en los anexos.*

**MOC3021:** Optoacoplador, también llamado optoaislador o aislador acoplado ópticamente, dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac de este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un fotoemisor y un fotorreceptor cuya conexión entre ambos es óptica. *Ver datasheet "MOC3021" presente en los anexos.*

**Motores eléctricos:** convierten energía eléctrica en mecánica para generar, de esta forma, un movimiento. Los tipos más comunes de motores son los de corriente continua en los que la variación de tensión controla la velocidad del mismo. Son precisos y de gran rapidez, pero de baja potencia. También se suelen utilizar los de corriente alterna, en ellos la velocidad depende de la frecuencia de la tensión de alimentación. (Romero, Vázquez, & de Castro, 2010)

**nRF24L01:** son una serie de módulos de radio de 2,4 GHz que se basan en el chip de Nordic Semiconductor que integra un completo transceptor RF de 2,4 GHz, un sintetizador de RF y toda la lógica de banda base incluyendo un acelerador de protocolo por hardware Enhanced ShockBurst™ con una interfaz SPI de alta velocidad para el controlador de la aplicación. (Bug, s.f.)

**P&ID:** Diagrama de tuberías e instrumentación (DTI), también conocido por sus siglas en idioma inglés como: piping and instrumentation diagram/drawing (P&ID) y es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental. (Pirobloc, 2014)

**PCB:** (Printed Circuit Board) Superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos. Las pistas son generalmente de cobre mientras que la base se fabrica

generalmente de resinas de fibra de vidrio reforzada, pero también cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita. (Mitzner, 2009)

**PWM:** (Pulse-width modulation) se utiliza como técnica para controlar circuitos analógicos. El periodo y el ciclo de trabajo (duty cycle) del tren de pulsos puede determinar la tensión entregada a un circuito. Por ejemplo, tenemos un voltaje de 5 V y lo modulamos con un duty cycle del 10%, obtenemos 0,5 V de señal analógica de salida. Las señales PWM son comúnmente usadas para el control de velocidad de motores DC, ajustar la intensidad de brillo de un led, etc. (Arduino, <http://playground.arduino.cc/>, 2014)

**Relé:** Se engloba dentro del concepto de actuador, son interruptores que permiten conmutar circuitos de potencia más elevada mediante una señal de baja potencia. Generalmente es un dispositivo electromecánico que basa su funcionamiento en la actuación de un solenoide recorrido por una corriente continua. Al pasar la corriente por la bobina se magnetiza el núcleo de hierro y atrae a la armadura, lo que provoca la apertura y el cierre de contactos eléctricos. (Romero, Vázquez, & de Castro, 2010)

**Resistencia de inmersión:** están diseñadas para el calentamiento en contacto directo con el fluido (agua, aceite, materiales viscosos, disoluciones ácidas o básicas, etc). Dado que todo el calor se genera dentro del líquido, se alcanza un rendimiento energético máximo. Las resistencias de inmersión presentan varias opciones de acoplamiento al depósito o tanque donde se instalan.

**Sensor de nivel de líquido:** (Sensor de Nivel de líquido, con interruptor activado por flotación). El interruptor de flotador es un dispositivo que se usa para detectar el nivel de un líquido dentro de un tanque, y puede accionar una bomba, una alarma, un indicador, u otro dispositivo. *Ver ficha técnica "Sensor de nivel de líquido" presente en los anexos.*

**Sensor:** Dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas (llamadas variables de instrumentación) en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, PH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc. (Quintana, 2016)

**Tip31:** Tipo estándar de transistor NPN, usado para aplicaciones de potencia media. Está empaquetado en un TO-220. *Ver datasheet "TIP31" presente en los anexos.*

**Triac:** o Triodo para Corriente Alterna es un dispositivo semiconductor, de la familia de los tiristores. La diferencia con un tiristor convencional es que éste es unidireccional y el TRIAC es bidireccional, de

forma coloquial podría decirse que el TRIAC es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna. (Boylestad, 2003)

**Válvula solenoide:** medida empleada de ½” y ¾” que es normalmente cerrada. Para el control de paso de agua o líquidos de baja viscosidad, presión de 0 – 0,8 MPa, 4,8 W, 12 V DC. Entre sus características se encuentra una corriente de operación es de 250 mA, potencia: 4,8 W, rango de presión: 0,02-0,8 MPa. Nota: Esto no es una electroválvula de alimentación por gravedad. Esto significa que se debe de tener suficiente presión de agua para abrir completamente la válvula. *Ver datasheet “Aqua Tech Solenoid Valves” presente en los anexos.*

**YF-S201:** sensor de flujo de agua de 1~30 L/min, funciona en un rango de 5 a 24 voltios (V), diámetro externo de 20 mm. Este sensor se acopla muy bien a la tubería de agua y contiene un sensor de molino para medir la cantidad de líquido que ha pasado a través de él. También tiene un sensor magnético de efecto Hall que emite un impulso eléctrico con cada revolución. El sensor de efecto Hall está sellado para permanecer seguro y seco. *Ver datasheet “YF-S201” presente en los anexos.*

## RESUMEN

El estudiante de ingeniería electrónica se ve enfrentado a una serie de retos que lo llevan a fortalecer su desempeño como profesional en diferentes áreas de esta ingeniería, uno de los principales problemas es la escasa interacción con el entorno industrial, por esta razón se generó la búsqueda de un producto que logrará satisfacer esta necesidad; un módulo didáctico sería apropiado para incorporar distintas variables, en especial si se trata de un módulo de fluidos, el cual permite incluir diferentes mediciones como: temperatura, humedad, nivel de los tanques, cantidad de flujo que se puede generar en un tiempo determinado, entre otros; además permite controlar actuadores como válvulas y motores por medio de circuitos que logran una variación de voltaje o aseguran una alimentación adecuada para que todo funcione de manera correcta, esto sin implicar tiempo extra en los estudiantes en la realización de montajes y pruebas de circuitos donde solo serían programados y/o acomodados al problema que estén enfrentando, para esto se brindan unos programas de prueba que le permitirán al estudiante tener las herramientas necesarias para entender de manera más rápida y eficaz los contenidos de diferentes áreas que se desarrollan en el transcurso de la carrera como ingenieros electrónicos, estos módulos son de costo elevado en el mercado, así que su implementación generará un impacto notable en el rendimiento de las clases y el desarrollo de las diferentes temáticas de los cursos que brinda la facultad.

Las dimensiones de estos módulos se acomodan a los espacios que brindan los laboratorios, permitiendo el fácil acceso para los estudiantes y el desarrollo de las prácticas que requiera. Estos están diseñados de forma didáctica, para lograr que los estudiantes a través de colores y números entiendan de manera sencilla las conexiones, contando además con un menú interactivo que sirve como introducción para el conocimiento del manejo adecuado de los módulos, las propiedades y características de los elementos, qué se debe prevenir para evitar daños y las sugerencias para la limpieza y manejo de desechos.

Considerando que la universidad se basa en la formación integral de las personas en el campo de la educación superior mediante procesos de enseñanza aprendizaje e investigación, se cumplirían estos aspectos dando pie a generar e incrementar el gusto hacia la ingeniería electrónica y los proyectos relacionados con esta área del saber respondiendo de manera ética, creativa y crítica a las exigencias del proceso profesional de los estudiantes y a las necesidades de nuestra comunidad académica.

## INTRODUCCIÓN

En el mercado actual se encuentra un sin número de elementos didácticos que pretenden encaminar al estudiante a fortalecer su aprendizaje mediante estrategias que le permitan entender de manera más sencilla y rápida los problemas a los cuales se ve enfrentado; se debe recordar que el objetivo fundamental de la educación es ayudar a desarrollar las capacidades intelectuales, sensitivas, afectivas y físicas de los estudiantes, por esta razón se hace necesario el desarrollo de un par de módulos de fluidos diseñados especialmente para que los estudiantes de primer a decimo semestre puedan hacer provecho de las ventajas que prestan estos módulos, en ellos se puede hacer una serie de pruebas aptas para cualquier nivel de aprendizaje de la ingeniería electrónica, tales como: pruebas ON/OFF, conocimiento del funcionamiento de un sensor, programación en lenguaje C, enlazar comunicaciones en la banda libre (2,4 GHz), identificación de elementos industriales, generación de GRAFCET, entre otras actividades que fortalecen la creatividad de los estudiantes.

Para el desarrollo de presente proyecto se estableció en primer lugar las variables a medir y/o controlar entre ellas la temperatura, la humedad, el flujo, la distancia y el nivel de los tanques, además de actuadores como un motor para realizar la mezcla, un ventilador para disminuir la temperatura en caso que esto se requiera. Todos estos sensores debían contar con unas dimensiones apropiadas que se ajustaran en la base principal del módulo, la cual está fabricada en acero inoxidable, está compuesto por tres tanques pequeños, tres tanques grandes, y un tanque principal en la parte inferior; sus dimensiones son apropiadas para ubicarse fácilmente sobre las mesas del laboratorio “D” de la facultad, ya que en este laboratorio existe el espacio para que los estudiantes lleven a cabo sus proyectos en diferentes áreas como instrumentación, control, automatización y comunicaciones.

Se realizaron diferentes pruebas de circuitos para encontrar el más apropiado respecto al rendimiento y fácil obtención de materiales en caso de requerir un reemplazo, en primer lugar, se realizó la PCB denominada “Aislamiento DC” esta tarjeta contiene ocho conexiones para diferentes cargas según la necesidad, este circuito se compone de un MOC3021 (optoacoplador), el cual recibe la señal del Arduino y da pie para que el transistor conmute y le permita el paso a un voltaje superior (puede ser variado por un ancho de pulso, pwm) para que las cargas funcionen apropiadamente, se realizaron ocho posibles conexiones para cada módulo ya que entre ellas se consideró la variación de las 6 bombas destinadas en los tanques (una en cada uno), un motor, y un ventilador; una vez realizado este circuito se pensó en la variación de una carga en corriente alterna AC, por lo cual se planteó el reto de diseñar un Dimmer compuesto principalmente por un BTA41 que permite realizar el control de fase y al ser un Triac

es posible prender y apagar una carga AC, en intervalos de tiempo, para ello fue importante considerar el cruce por cero y la señal emitida por el microcontrolador para lograr el comportamiento apropiado del circuito.

Una vez logrado el funcionamiento de dichos circuitos y la instalación de las bombas y electroválvulas al sistema, se consideró la disposición de las conexiones para que estas fueran entendibles y sencillas para los estudiantes, por esto basándonos en los diagramas P&ID se hicieron los planos de cada una de las plantas, señalando cada lazo de trabajo y enumerando cada uno de los elementos, asignando de esta forma números y colores para la conexión de los módulos. Adicionalmente se realizó una PCB central a la cual llegan todas las conexiones para ser destinadas al controlador que se requiera, por ejemplo, Arduino o de manera industrial a un PLC programado en Tia Portal: se implementó también un módulo de 16 relés los cuales pueden ser utilizados para diferentes aplicaciones que requieran de pruebas ON/OFF de cargas en AC y DC.

Estos módulos presentan la oportunidad de desarrollar interfaces humano - máquina en diferentes entornos, como lo es Labview o TiaPortal a través de la pantalla touch KTP600; además de programar los sensores y actuadores en diferentes controladores (Arduino, PIC, dsPIC, raspberry, PLC, etc); es importante que el estudiante explore las numerosas ventajas que brindan estos módulos, por esto se les brinda un archivo ejecutable, el cual les da un recorrido a través de todos los elementos usados en el proyecto, los protocolos de seguridad y los cuidados que se deben tener, como se debe armarse, como se han dispuesto las conexiones, el manual técnico respectivo y una serie de ejemplos que se han desarrollado en Arduino, ya que es un código abierto que puede ser modificado fácilmente por los estudiantes; estos ejemplos tienen como objetivo guiar al estudiante ante dudas que pueda presentar en el desarrollo de sus proyectos o como un complemento ante alguna aplicación que esté realizando.

## JUSTIFICACIÓN

La industria a través de los años se ha convertido en un proceso importante para el desarrollo de productos que hoy en día son necesarios y prácticamente esenciales para llevar a cabo nuestras tareas diarias, la inteligencia del proceso está contenida en la unidad de control, lo cual requiere de una investigación previa para abrir paso a un determinado número de personas que se interesen en el desarrollo de un producto en específico; este proyecto busca incorporar competencias de diseño en sistemas de automatización, instrumentación y control implementados a un entorno industrial, con capacidad de comunicación. Hoy en día los fabricantes de diferentes programas, presentan al consumidor distintas y numerosas herramientas, que fomentan el avance constante de la tecnología, por lo cual es necesario que se promueva el interés de los profesionales en áreas como la innovación e incorporación de las herramientas que están surgiendo constantemente.

Es pertinente que las instituciones educativas generen y actualicen, métodos para la enseñanza de la automatización e instrumentación industrial, así como los sistemas dinámicos y control, integrando sistemas de comunicación, ya que durante el pregrado las visitas a sectores industriales tienen un carácter más visual que práctico; de tal manera que no se logra la participación directa en los procesos de automatización y los módulos didácticos que se encuentran en el mercado son de costo muy elevado.

Por tal razón la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja busca promover este tipo de estrategias, que enriquezcan el conocimiento de los ingenieros en formación, a través de la Facultad de Ingeniería Electrónica, la cual cuenta con herramientas necesarias para que el estudiante pueda establecer retos que mejoren su agilidad en el desarrollo de algoritmos y logren brindar a la industria soluciones eficientes; por consiguiente se pretende generar un ambiente industrial a escala a través de dos módulos de fluidos que incorporen comunicaciones, permitan medir y controlar diferentes variables y señales tanto análogas como digitales para ser un apoyo en el cumplimiento de las temáticas que se deben llevar a cabo en áreas como automatización, instrumentación y control; brindándole al docente y a los estudiantes ir de la teoría a la práctica.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a que las prácticas de laboratorio se realizan sobre simulaciones virtuales de los circuitos y la elaboración de montajes requiere de tiempo para lograr los resultados esperados, se hace necesario brindarle al docente material adicional que le permita crear espacios académicos más interactivos para sus estudiantes, lo que traerá como consecuencia el fortalecimiento de las competencias de los estudiantes recién graduados al momento de realizar prácticas laborales o pasantías, permitiéndole desenvolverse en un ambiente industrial; por esto, se pretende responder a la preguntas; ¿cómo construir una herramienta que facilite el desarrollo de temáticas dirigidas a la enseñanza de automatización, instrumentación y control?, ¿Qué variables se podrían controlar por medio de esta herramienta?, y así poder establecer que es de vital importancia contar con un tipo de entorno que le permita al estudiante aplicar sus conocimientos directamente en un prototipo de desarrollo industrial, para este caso emular físicamente un sistema industrial de fluidos, adecuado para los estudiantes de la facultad de Ingeniería electrónica,

La fabricación de suavizante de tela se presta para ser un proceso industrial ideal ya que incorpora tres materiales líquidos para su fabricación, los cuales deben mezclarse entre sí, permitiendo la emulación física de una planta de nivel y fluidos para fines académicos sujetos a ser controlados por un PLC u otro dispositivo de control, incluyendo la didáctica para que el estudiante se sienta motivado a llevar a cabo proyectos mediante conexiones sencillas y organizadas que sean fáciles de entender.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Construir dos módulos de fluidos enfocado a la fabricación de suavizante de telas, que permita realizar prácticas de laboratorio didácticas dirigidas a fortalecer el aprendizaje en instrumentación, automatización, control de variables de nivel, temperatura, humedad y flujo.

### **Específicos**

- Conocer las dimensiones y características eléctricas tanto de los captadores como de los actuadores para las variables de nivel, temperatura, humedad y flujo de acuerdo a las necesidades y prestaciones del laboratorio “D” de ingeniería electrónica y los espacios académicos pertinentes.
- Construir los módulos de fluidos de acuerdo a los parámetros preestablecidos.
- Incorporar a los módulos de fluidos, los captadores y actuadores pertinentes y su programación en diferentes tipos de programadores, en este caso la tarjeta Arduino Mega, y el PLC S7-1200 de Siemens.
- Identificar la función de transferencia para el sistema de nivel del tanque inferior del módulo.
- Aplicar conexiones resistentes y entendibles al estudiante de ingeniería electrónica en el momento de realizar las prácticas de laboratorio.
- Elaborar el protocolo de limpieza y almacenamiento de los módulos cuando estos no se encuentren en utilización.
- Diseñar un menú interactivo para facilitar el manejo del sistema de fluidos didáctico.

## MARCO TEÓRICO

En este capítulo se pretende mostrar algunos de los referentes teóricos más relevantes para el desarrollo del presente proyecto, tales como la automatización, la cual se define como la aplicación de la tecnología para llevar a cabo procesos que se auto comprueban y se autocorrigien, es por lo cual una combinación entre la tecnología mecánica, la teoría de control, la electrónica y los computadores para implementar y controlar los sistemas de producción. (Mandado Pérez, Acevedo, & Quiroga, 2004)

Los Sistemas SCADA se conciben principalmente como una herramienta de supervisión y mando, en su vertiente de herramienta de interface hombre-máquina comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador (Penin, 2012). Se destacan prestaciones como la monitorización, la supervisión, la adquisición de datos de los procesos en observación, la visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos), el mando, grabación de acciones o recetas, seguridad de datos, entre otros.

Los sistemas de Supervisión, control y adquisición de datos SCADA, permiten la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interface gráfica que comunica al usuario con el sistema. (Creus, 2011)

Los dispositivos que permiten alojar un programa que se ejecuta secuencialmente y de forma iterativa utilizando generalmente lenguajes de contactos, un lenguaje grafico basado en representar conexiones físicas eléctricas, se denominan Autómatas programables (o PLC, del inglés Programable Logic Controller). La presencia de los autómatas programables es muy alta en el ámbito industrial; algunas marcas han lanzado productos al mercado (software en la mayoría) perfectamente orientados a tareas de gestión de edificios que facilitan la instalación o mejor dicho, la programación de dichos dispositivos. (Romero, Vázquez, & de Castro, 2010)

Un concepto muy conocido, pero importante es el de “Sensores” los cuales tienen como función convertir magnitudes de una determinada naturaleza a otra, generalmente eléctrica (también se suelen denominar transductores). Estas magnitudes pueden ser físicas, químicas, biológicas, etc. Son los encargados de proporcionar toda la información necesaria para su posterior gestión. Los sensores más habituales son los de temperatura, humedad, presencia, iluminación, etc. (Romero, Vázquez, & de Castro, 2010)

En la mayoría de los casos, los sensores disponen de un encapsulado mediante el cual consiguen un correcto funcionamiento al evitar que no le afecten condiciones externas distintas de la magnitud a medir.

Existen muchos tipos distintos de sensores que se pueden agrupar en función de determinados criterios de clasificación; de acuerdo a su alimentación se dividen en activos y pasivos, los primeros deben ser alimentados eléctricamente a los niveles apropiados (tensión, corriente, etc), mientras los segundos no necesitan alimentación eléctrica. (Romero, Vázquez, & de Castro, 2010)

Un caso particular de automatización es el PLC Siemens® S7-1200, modelo modular y de tamaño reducido para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas. Ofrece una automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1200 y el software de programación TIA Portal proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización en cada caso. El controlador S7-1200 compacto incluye:

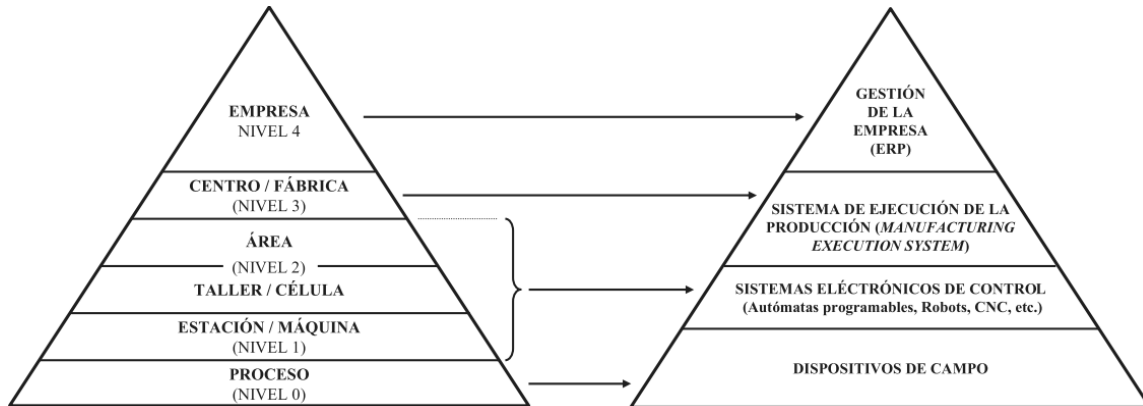
- PROFINET incorporado.
- Entradas y salidas rápidas aptas para el control de movimiento (Motion Control), entradas analógicas integradas para minimizar el espacio requerido y la necesidad de E/S adicionales, 4 generadores de impulsos para aplicaciones de tren de impulsos y de ancho de impulsos, y hasta 6 contadores rápidos.
- E/S integradas en los módulos CPU que ofrecen entre 6 y 14 entradas y entre 4 y 10 salidas. Módulos de señales para DC, relé o E/S analógicas amplían el número de E/S, mientras que las innovadoras Signal Boards integradas en el frontal de la CPU proporcionan entradas y salidas adicionales. Los paneles SIMATIC HMI Basic han sido diseñados específicamente para el S7-1200. (Siemens, Simatic S7-1200 Easy Book, 2015)



*Figura 1 Controlador S7-1200, PLC y panel SIMATIC HMI Basic  
Tomado de: Siemens® Simatic s7-1200 easy book manual del producto año 2015*

Frente a la necesidad de industrializar se ve la necesidad de integrar los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación) con los de gestión de la empresa, lo cual se denominará fabricación

integrada por computador (Pirámide CIM). Se obtiene, así la fabricación integrada por computador, conocida como CIM (Computer Integrated Manufacturing), que forma parte en general de la estrategia de una empresa industrial que integra, en mayor o menor medida mediante la utilización adecuada de los computadores, todas las áreas de la empresa: tales como ordenes de entrada, control de inventarios, planificación de necesidades de material, diseño del producto y del proceso, simulación, planificación de la fabricación, automatización de la producción, control de calidad, etc (Mandado Pérez, Acevedo, & Quiroga, 2004)



*Figura 2 Relación entre el modelo teórico de la pirámide CIM y su implantación real en la empresa. Tomado de Autómatas programables y sistemas de automatización, Mandado Pérez, E., Acevedo, J. M., & Quiroga, J. A. año 2004*

Un autómatas programable es uno de los sistemas electrónicos más utilizados en la automatización de los procesos productivos, como parte integrante de la pirámide CIM de la fabricación integrada por computador, también conocida como TIA (Totally Integrated Automation) en especial a los niveles de control de máquinas, célula y áreas de fabricación, a los cuales se les fueron incorporando, de forma paulatina, las comunicaciones industriales. Para ello se les fue dotando de capacidad de comunicación tanto con los dispositivos de campo como con los demás sistemas electrónicos de control situado en su entorno.

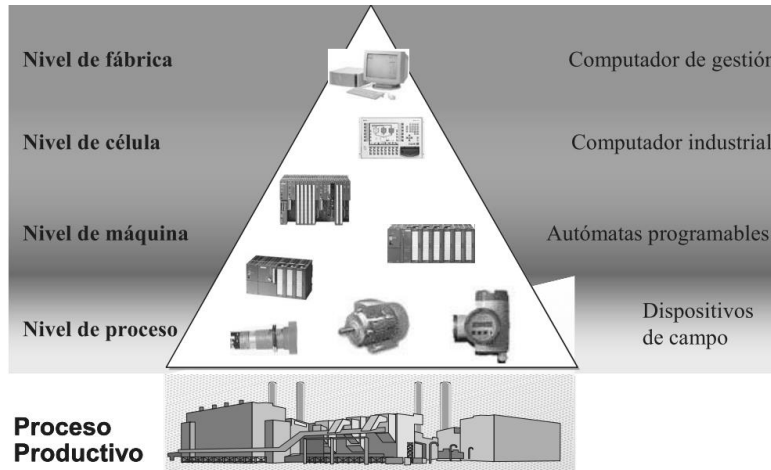


Figura 3 Utilización del autómatas programables en la pirámide CIM

Tomado de *Autómatas programables y sistemas de automatización*, Mandado Pérez, E., Acevedo, J. M., & Quiroga, J. A. año 2004

Otro concepto importante es efecto Hall para el cual, si una corriente eléctrica fluye a través de un conductor situado en un campo magnético, éste campo ejerce una fuerza transversal sobre los portadores de cargas móviles, que tiende a empujarlas hacia un lado del conductor. Esto es más evidente en un conductor plano delgado como el mostrado. La acumulación de cargas en los lados del conductor, equilibrará esta influencia magnética, produciendo un voltaje medible entre los dos lados del conductor. (Nave)

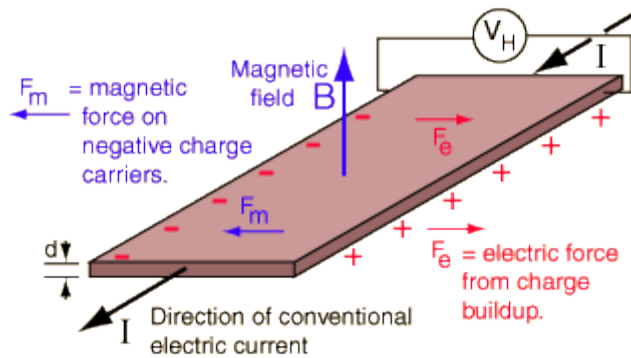


Figura 4 Diagrama de fuerzas sobre un conductor  
Tomado de: *Efecto Hall*. En HyperPhysics.

Algunos sensores de flujo basan su funcionamiento en el efecto Hall, los cuales son muy usados en varias aplicaciones, puesto que el flujo o caudal es un parámetro necesario en varios procesos, a nivel doméstico o industrial, un ejemplo son los sensores de flujo de agua los cuales permiten la medición del consumo del agua; internamente, estos sensores cuentan con un rotor cuyas paletas poseen un imán, la cámara en donde se encuentra dichas paletas es totalmente aislado, lo cual evita fugas de agua. Externamente a la cámara hay un sensor de efecto hall, que detecta el campo magnético del imán de las

paletas y con esto el movimiento del rotor; el sensor de efecto hall envía los pulsos por uno de los cables del sensor, la salida de pulsos es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal. La conversión de frecuencia (Hz) a caudal (L/min) depende del factor de conversión dado por el fabricante y de la presión, densidad e incluso del mismo caudal. (Naylamp, s.f.). Para el caso del sensor usado en los módulos didácticos el factor de conversión promedio proporcionado por el fabricante es 7,5 y la frecuencia estaría dada por la Ecuación 1:

$$f(\text{Hz}) = 7,5 \times Q \left( \frac{\text{L}}{\text{min}} \right), \text{ donde } Q \text{ es caudal} \quad (1)$$

Por otra parte, los sistemas dinámicos cuyos parámetros internos (variables de estado) tienen una serie de reglas temporales, se llaman sistemas porque están descritos por un conjunto de ecuaciones y dinámicos porque sus parámetros varían con respecto a alguna variable que generalmente es el tiempo (Ingeniería de Control, 2006) Su estudio puede dividirse en tres disciplinas:

- Dinámica aplicada: Modelado de procesos por medio de ecuaciones de estado que relacionan estados pasados con estados futuros.
- Matemáticas de la dinámica: Se enfoca en el análisis cualitativo del modelo dinámico
- Dinámica experimental: Experimentos en laboratorio, simulaciones en computadora de modelos dinámicos.

La base para algunos análisis de los sistemas dinámicos es la instrumentación, la cual consiste en un grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.

De lo anterior podemos decir que un sistema de instrumentación es una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o sistema en el que se miden unas conexiones entre estos elementos, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetitividad de las medidas.

En términos abstractos, un instrumento de medición es un dispositivo que transforma una variable física de interés, que se denomina variable medida, en una forma apropiada para registrarla o visualizarla o simplemente detectarla, llamada medición o señal medida.

Una medición es, entonces, un acto de asignar un valor específico a una variable física. Dicha variable física es la variable medida. Un sistema de medición es una herramienta utilizada para cuantificar la variable medida.

La función de un sensor es percibir y convertir la entrada (variable física) percibida por el sensor, en una variable de la señal de salida. El sensor es un elemento físico que emplea algún fenómeno natural por medio del cual censar la variable a ser medida. El transductor, convierte esta información censada en una señal detectable, la cual puede ser eléctrica, mecánica, óptica, u otra. El objetivo es convertir la información censada en una forma que pueda ser fácilmente cuantificada. (Espinosa, s.f.)

Uno de los elementos importantes en la construcción de los módulos fue la bomba peristáltica que es un tipo de bomba hidráulica de desplazamiento positivo usada para bombear una gran variedad de fluidos. El fluido es contenido dentro de un tubo flexible empotrado dentro de una cubierta circular de la bomba (aunque se han hecho bombas peristálticas lineales). Un rotor con un número de 'rodillos', 'zapatas' o 'limpiadores' unidos a la circunferencia externa comprime el tubo flexible. Mientras que el rotor da vuelta, la parte del tubo bajo compresión se cierra (o se ocluye) forzando, de esta manera, el fluido a ser bombeado para moverse a través del tubo. Adicionalmente, mientras el tubo se vuelve a abrir a su estado natural después del paso de la leva ('restitución'), el flujo del fluido es inducido a la bomba. Este proceso es llamado perístasis y es usado en muchos sistemas biológicos como el aparato digestivo.

Las bombas peristálticas son típicamente usadas para bombear fluidos limpios o estériles porque la bomba no puede contaminar el líquido, o para bombear fluidos agresivos porque el fluido puede dañar la bomba. Algunas aplicaciones comunes incluyen bombear productos químicos agresivos, mezclas altas en sólidos y otros materiales donde el aislamiento del producto del ambiente, y el ambiente del producto, son críticos. (Hoffman, s.f.)



*Figura 5 Bomba peristáltica*  
*Fuente: Autor <http://www.calderon.com.mx/>*

Un dispositivo interesante en la construcción de los módulos se denomina control De Fase AC (Dimmer), el cual es un método para controlar la potencia de los circuitos AC, se emplea un TRIAC que permite prender y apagar una carga AC en intervalos de tiempo precisos que están sincronizados con la señal AC. Este método se denomina control de fase AC; con el uso de un microcontrolador y el circuito

mostrado en la Figura 7, es posible monitorear la onda AC para determinar el tiempo apropiado para activar o desactivar el TRIAC y obtener el control completo de la onda AC. (ALF, 2015)

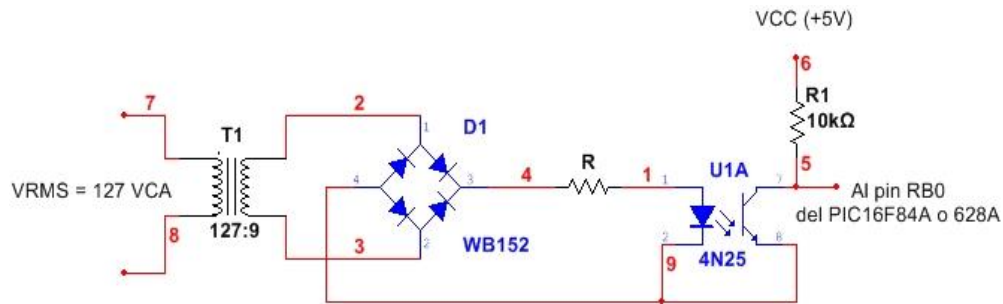


Figura 6 Circuito propuesto para el detector de cruce por cero.

Tomado de: <http://microsysoftware.blogspot.com.co/2015/02/dimmer-digital-de-3-niveles-de.html>, 22/02/2015

El circuito anterior genera una señal o pulso con una amplitud de 5 V DC, cada vez de la onda senoidal pase por el valor mínimo (0 V AC), este le indicará al microcontrolador que la señal AC ha cruzado por cero. (ALF, 2015)

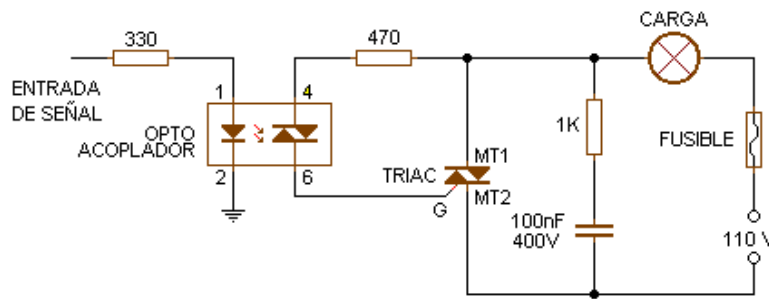


Figura 7. Circuito para la activación de una carga AC a partir de una señal de 5vdc

Tomado de: <http://www.areatecnologia.com/electronica/optoacoplador.html>

Una vez detectado el cruce por cero, el microcontrolador apalanca las interrupciones al tiempo del circuito de disparo. El método de control de potencia se muestra en la Figura 8.

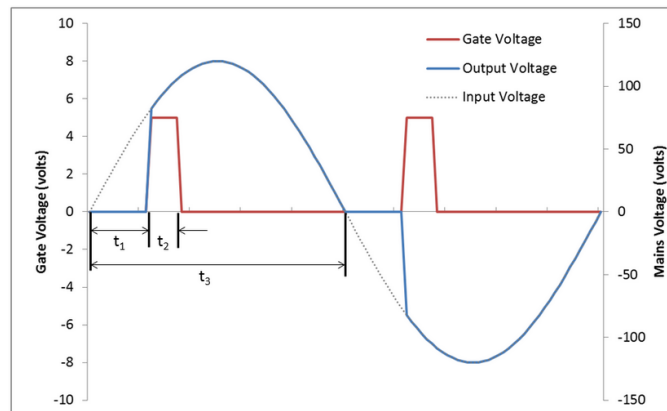


Figura 8. Señal esperada tras el cruce por cero, Dimmer

Tomado de: <http://microsysoftware.blogspot.com.co/2015/02/dimmer-digital-de-3-niveles-de.html>, 22/02/2015

Una vez que se detecta un cruce por cero, el TRIAC permanece apagado durante un tiempo controlado ( $t_1$ ). Cuanto más largo sea este tiempo, menos potencia recibirá el circuito de AC. Una vez que ha transcurrido el "tiempo de desconexión",  $t_1$  ha transcurrido, el microcontrolador enciende el TRIAC aplicando un voltaje a la puerta (mostrado en rojo). Una vez encendido, el TRIAC permanecerá encendido incluso después de que la tensión de la puerta haya sido removida. Se apagará si la tensión de la puerta es cero, es decir la próxima vez que la onda AC cruce a cero. Debido a esto, no necesitamos tener cuidado de apagar el TRIAC cuando la señal de AC cruza de nuevo el cero. Todo lo que necesitamos hacer es asegurar que el TRIAC se apague dentro del medio ( $\frac{1}{2}$ ) periodo de onda ( $t_3$ ). La duración del impulso de compuerta ( $t_2$ ) se determina mediante un requisito mínimo del TRIAC. Si este impulso es demasiado corto, el TRIAC no disparará. Una vez que se produce el segundo cruce a cero, ya que no hay tensión en la compuerta, el TRIAC permanece apagado hasta que se dispara nuevamente en el siguiente  $\frac{1}{2}$  ciclo. Esto es esencialmente cómo se logra el control "PWM" de una onda AC. (Control, s.f.)

## METODOLOGÍA

Este proyecto se describe bajo un tipo de investigación descriptiva exploratoria, ya que se planea dar una visión general, aproximada del proceso de automatización de una industria a escala, donde se les permita a los estudiantes interactuar en un ambiente que relacione de manera general las condiciones de trabajo en las cuales se desenvuelve un ingeniero electrónico, por otra parte se busca asociar y comprender el entorno de una empresa, relacionando los factores que en ella intervienen y a la vez las variables que se pueden medir y ser programadas mediante autómatas programables.

El método planteado en la tabla 1, parte de la observación mediante la cual se ha detectado la necesidad de implementar ambientes de desarrollo de práctica industrial, con el fin de afianzar las capacidades del ingeniero en el proceso de formación, lo cual incorpora un método inductivo que permite al estudiante ir de aspectos particulares a generales.

*Tabla 1 Actividades realizadas para definir el proceso metodológico del proyecto.*

Actividad	Tareas	Producto
Determinar la necesidad	¿Qué le hace falta al estudiante de ingeniería electrónica durante el pregrado?	Escaza interacción con el entorno industrial.
Establecer un producto que logre satisfacer la necesidad planteada	Elegir un módulo didáctico en el cual sea posible incorporar distintas variables	Módulo de fluidos

Establecer variables	A través de un módulo de fluidos ¿Qué variables se pueden medir?	Nivel , caudal, temperatura
Compra de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar características</li> <li>• Buscar puntos de venta</li> <li>• Limitar dimensiones</li> </ul>	Establecer medidas para el diseño de la maqueta (módulo de fluidos)
Ensamble de la maqueta	Considerar la medida de los sensores y actuadores adquiridos	Realización de maqueta con los sensores incorporados
Pruebas de buen funcionamiento.	Verificar mediante ejemplos el correcto funcionamiento de los módulos.	Módulo de fluidos.
Menú interactivo y Protocolo de limpieza.	Elaboración de un menú interactivo que permite al usuario el buen manejo de los módulos.	Archivo ejecutable.

## **RESULTADOS**

### **CAPITULO 1: Dimensiones y apariencia física de los módulos**

Los módulos de fluidos didácticos están soportados sobre una base firme y estable fabricada en acero inoxidable para brindar estabilidad y control adecuado de los líquidos, sin correr riesgos de derrames o derretimientos por calor, en la base inferior de la estructura se encuentra un tanque, el cual es del material mencionado anteriormente, en él se realizará la mezcla final de las sustancias suministradas por los tanques superiores, los cuales son seis en total, tres pequeños y tres grandes, los tanques de menor tamaño cumplirán la función de almacenar fragancias y/o colorantes según se requiera, teniendo la función de ser los aditamentos de la mezcla, los tanques de mayor tamaño se encuentran en la parte superior del módulo y son los encargados de contener los líquidos primordiales para la mezcla, es decir los que van a definir las propiedades de la sustancia que se va a implementar. Es de aclarar que las dimensiones de la estructura principal están acordes a las medidas de las mesas del laboratorio “D” de la facultad de ingeniería electrónica. *Ver Figura 9.*



Figura 9. Dimensiones del módulo en acero inoxidable  
Fuente: Autor

La capacidad del tanque inferior en acero inoxidable es proporcional con la capacidad máxima que podrían llegar a proveer los tanques de la parte superior, para ellos se realizaron ciertos cálculos, para encontrar las medidas adecuadas y responden a los requerimientos del proyecto. Ver tablas 2, 3 y 4

Tabla 2 Dimensiones para el tanque inferior

Tanque inferior	
Altura	150 mm
Radio	114 mm
Área base inferior	$\pi r^2 = \pi(114 \text{ mm})^2 = 40828,13 \text{ mm}^2$
Volumen	<b>6,12 L</b>

Es de mencionar que en este tanque inferior se realizan las mezclas y de ser necesario se pueden calentar las sustancias sin necesidad de intervención externa.

Los tanques que se muestran en la Figura 10 son de dos colores ya que son dos módulos, los de color azul corresponden a la planta número uno (1), y los de color amarillo corresponden a la planta número (2). Estos tanques tienen capacidad para almacenar 1,5 L como se muestra en la tabla 3, estos tanques contienen tres sensores de nivel de líquido y están destinados para las sustancias que marcan las propiedades principales de la sustancia a fabricar.



Figura 10 Apariencia de los tanques grandes del módulo de fluidos.  
Fuente: Autor.

Tabla 3 Dimensiones tanques grandes (azules y amarillos)

Tanque 2	
Altura	170 mm
Radio	53 mm
Área base inferior	$\pi r^2 =$ $\pi(53 \text{ mm})^2 = 8824,73 \text{ mm}^2$
Volumen	<b>1,5 L</b>

En la Figura 11, se muestra la apariencia de los tanques pequeños, los cuales son de color blanco en ambos módulos, sus dimensiones son considerablemente más pequeñas y solo contiene dos sensores de nivel de líquido ya que están destinados para almacenar esencias o colorantes al sistema, su capacidad máxima es de 330 mL. Ver tabla 4



Figura 11 Apariencia de los tanques pequeños.  
Fuente: Autor.

Tabla 4 Dimensiones tanques pequeños (blancos)

Tanque 3	
Altura	150 mm
Radio	26,5 mm
Área base inferior	$\pi r^2 = \pi(26,5 \text{ mm})^2 = 2206 \text{ mm}^2$
Volumen	<b>330 mL</b>

## CAPITULO 2: Elaboración de circuitos.

Inicialmente para el desarrollo y funcionamiento de los módulos de fluido, se establecieron las variables a medir y/o controlar entre ellas la temperatura, la humedad, el flujo, la distancia y el nivel de los tanques, además de actuadores como un motor para realizar la mezcla, un ventilador para disminuir la temperatura en caso que esto se requiera. Por tal razón se vio la necesidad de crear un circuito que permita variar el voltaje DC de 0 a 12 V desde una señal PWM o analógica del Arduino; y obtener una variación en la velocidad, tanto del motor como el ventilador, de igual manera el control de las bombas peristálticas que contiene cada tanque. Logrando desarrollar un circuito acorde con las necesidades del proyecto, en la Figura 12 se muestra la simulación de dicho circuito.

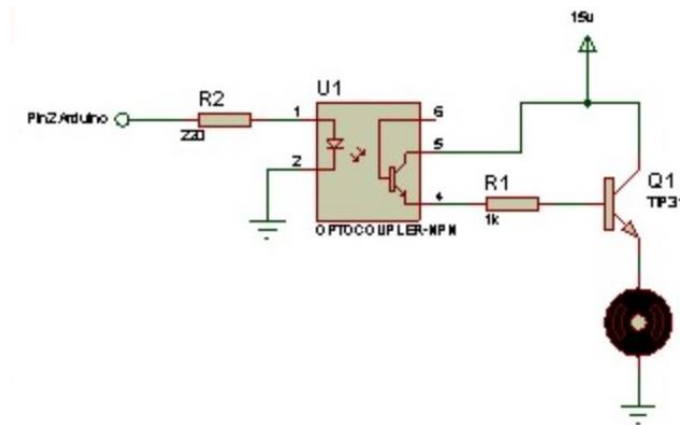


Figura 12 Circuito aislamiento de control dc.  
Fuente: Autor.

De acuerdo a la cantidad de circuitos que se requerían para controlar 6 bombas peristálticas, el motor y el ventilador, se procedió a desarrollar la siguiente PCB (Print Circuit Board):

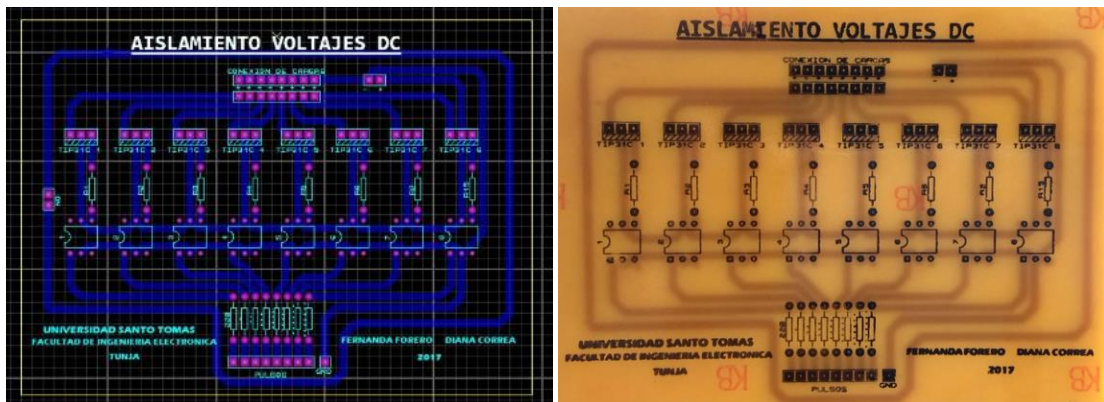
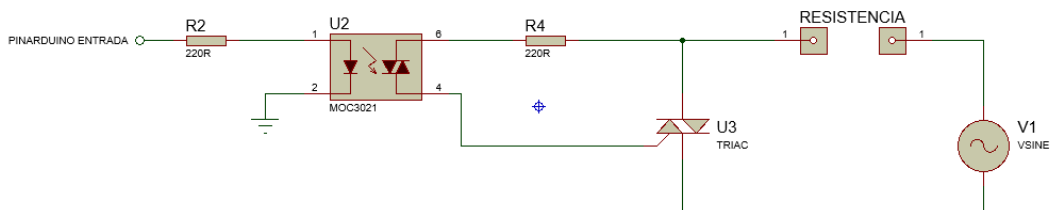


Figura 13 Circuito Aislamiento de control dc en PCB.  
Fuente: Autor.

La Figura 13 consta de 8 entradas para 8 cargas diferentes, controladas desde los pines denominados “pulsos” donde debe ser conectado los pines del Arduino. Respecto a la alimentación del circuito, los pines “+” y “-” son para ingresar 12 V DC al circuito, y el pin GND al pin GND respectivo del Arduino. *Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Arduino/Prueba\_aislamiento\_DC*

Luego del desarrollo de este circuito se propuso como meta desarrollar un circuito que permitiera la variación de voltaje AC; esto con el fin de obtener un control directo de la temperatura y humedad, con la ayuda de una resistencia sumergible. En un principio se planteó el circuito activación ON-OFF. *Ver Figura 14.*



*Figura 14 Activación ON- OFF de una carga AC.  
Fuente: Autor.*

El inconveniente de este circuito es que su función era ON-OFF en la resistencia sumergible, sin obtener ninguna variación de voltaje, por esta razón fue necesario estudiar la señal proveniente de la red eléctrica, esto con el fin de saber en qué instante disparar el Triac. La señal AC (en Colombia) es de 60 Hz. Esto quiere decir que la señal AC cruza por cero, alcanza el pico de voltaje positivo, logra el voltaje negativo máximo y vuelve a cero 60 veces cada segundo. El período es  $1/60$  o 0,01667 segundos (16,67 milisegundos). Un ciclo medio (el tiempo entre dos cruces cero) se produce en 8,33 milisegundos. Esto es  $t_3$  en la Figura 8. (Arduino, <http://playground.arduino.cc/>, 2014)

Con esta información se empleó un Arduino y su reloj que funciona a 16 MHz, es decir 16 millones de ciclos por segundo: un ciclo de reloj toma 0,0625 microsegundos. Medio ciclo de la señal de AC es de 60 Hz y contiene 133,333 ciclos de reloj. Esto es importante porque así se determinó los intervalos de tiempo por recuentos de reloj en el código y no por segundos, tomando los tiempos a partir de un circuito de sobrepaso, que indica al Arduino en que momento la señal AC pasa por 0 V AC. *Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Arduino/ Prueba\_Dimmer.* Partiendo de esto se desarrolló el circuito de sobrepaso por cero y finalmente el circuito del Dimmer. *Ver Figura 15.*

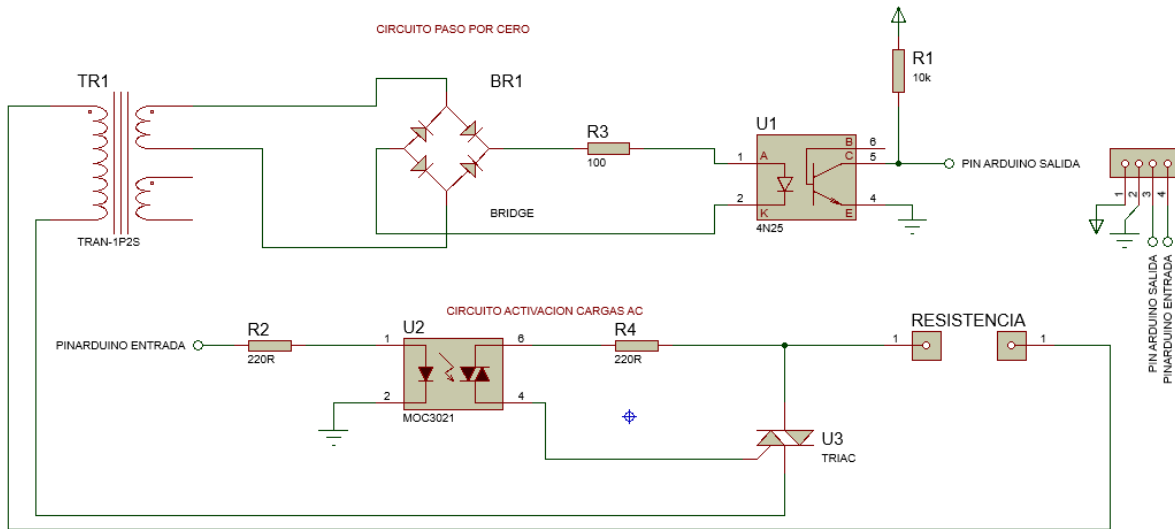


Figura 15 Circuito Dimmer.  
Fuente: Autor.

Adicionalmente se realizaron tres PCB que permitieran una conexión resistente y de fácil acceso, para permitirles a los estudiantes de la facultad adaptar las conexiones según la necesidad de sus proyectos.

1. PCB Sensores de nivel: Se desarrollaron estos PCB con el fin de dar una conexión resistente y fácil a 15 sensores de nivel (según los asignados a cada tanque) y enviar estos datos por medio de un bus a la PCB central.

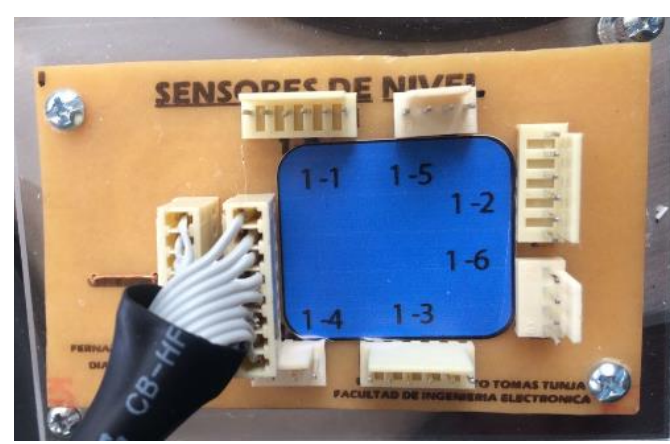


Figura 16 PCB sensores de nivel.  
Fuente: Autor.

2. PCB Conexión bombas/ Conexión electroválvulas: Se desarrolló esta PCB con el fin de dar una conexión resistente, fácil a 6 bombas y 6 electroválvulas (Dispuestas en cada tanque) y enviar estos datos por medio de un bus a la PCB central o ser conectados de manera fácil a un PLC.



Figura 17 PCB Conexión bombas/ Conexión electroválvulas.  
Fuente: Autor.

3. PCB Sensores/actuadores: Se desarrolló este PCB con el fin de dar una conexión resistente y fácil a 4 Sensores y 2 actuadores (Dispuestos en la sección del tanque grande) y enviar estos datos por medio de un bus a la PCB central.

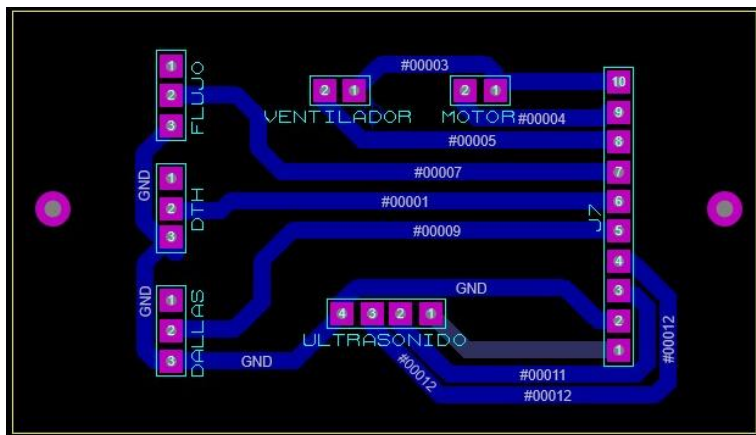


Figura 18 PCB Sensores\actuadores.  
Fuente: Autor.

Finalmente, con el desarrollo de las anteriores PCB se pensó en crear una PCB que recibiera todos estos datos para ser procesados y conectados de manera clara y sencilla para los estudiantes. La PCB que se creó fue la siguiente:

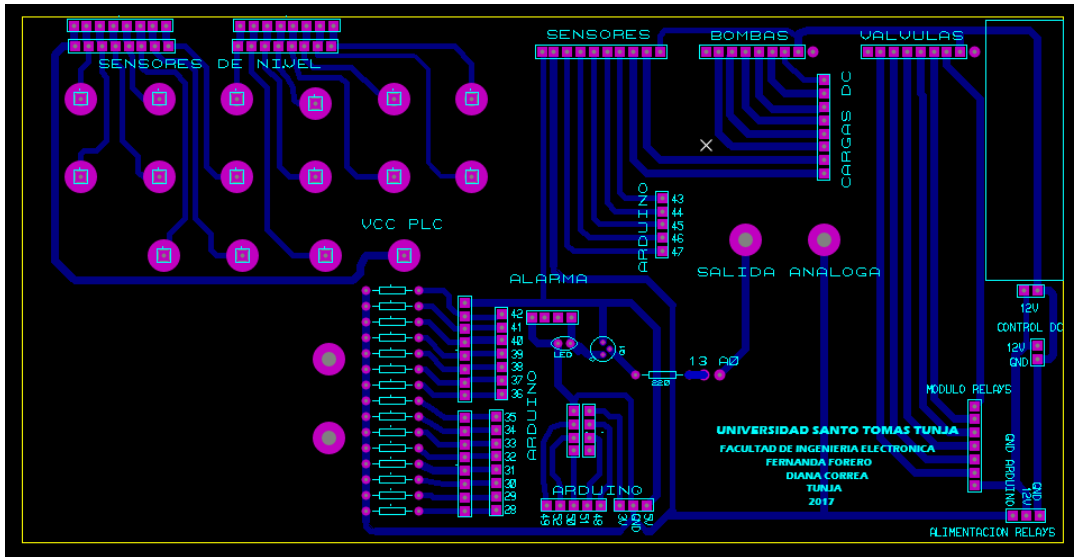


Figura 19 PCB central.  
Fuente: Autor.

Esta PCB contiene las entradas para la conexión de cada bus que llega de la PCB sensores de nivel, PCB Sensores/actuadores y PCB conexión bombas/conexión electroválvulas. En esta PCB se re direccionan los datos que llegan, ordenándolos y haciéndolos entendibles a los estudiantes.

- Sensores de nivel: el bus de los sensores de nivel llega y se reparte en borneras de tal manera que estos puedan ser conectados a un PLC; si se desea conectarlos con el Arduino solo es necesario agregar una extensión que conecta el bus que llega de los sensores de nivel a las entradas que permiten ingresar un pull down a cada sensor de nivel. Quedado internamente el siguiente circuito:

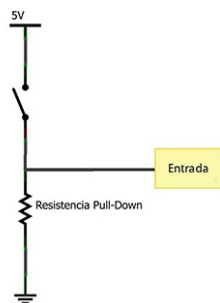


Figura 20 Circuito Pull-Down.  
Tomado de <http://rduinostar.com/documentacion/general/resistencias-pull-up-y-pull-down/>

- Sensores/Actuadores. El bus que llega de los sensores/Actuadores se reparte, de tal manera que el positivo y el negativo de cada sensor van a los pines 5 V y GND, y los pines de control de cada sensor son asignados a un pin del Arduino, en cuanto a los actuadores el positivo de cada uno van

a uno de los pines de cargas DC y el negativo se unen con los negativos de las bombas y electroválvulas ya que su control es de 12 V DC.

- Bombas/electroválvulas. El bus que llega de la PCB conexiones bombas/conexiones electroválvulas se reparte, de tal manera que las bombas van a los pines de control DC junto con el motor y ventilador, y las electroválvulas van a los pines Relay (modulo que permiten un control ON-OFF).
- Módulo de comunicación NRF2401. En esta PCB se encuentra el circuito para la conexión del módulo de comunicación haciéndolo más entendible y fácil de conectar al Arduino.
- LED-Alarma. La PCB central contiene un pequeño circuito, el cual amplifica la corriente del Arduino activando un LED y una alarma.

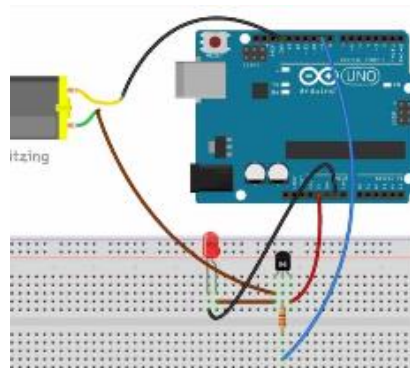


Figura 21 Activación alarma-LED.

Fuente: Autor

- Salida Análoga. En la PCB central se dejaron dos borneras con la frase “salida análoga” las cuales funcionan para enviar datos análogos desde el Arduino al PLC (*Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Tia Portal*) o para recibir un dato análogo en el Arduino.
- Voltímetro. En la PCB central se dejaron dos borneras en la parte inferior izquierda, las cuales son las entradas de un voltímetro que permitirán al estudiante conocer la diferencia de potencial de cualquier punto la PCB.

Una vez realizados los circuitos se ubicaron de manera ordenada en una caja, incluyendo un Arduino Mega y un módulo Relay, el cual activará las electroválvulas de manera ON-OFF; este conjunto de elementos quedan disponibles para que el estudiante pueda realizar las conexiones según los requerimientos del proyecto que se desee llevar a cabo. *Ver Figura 22.*

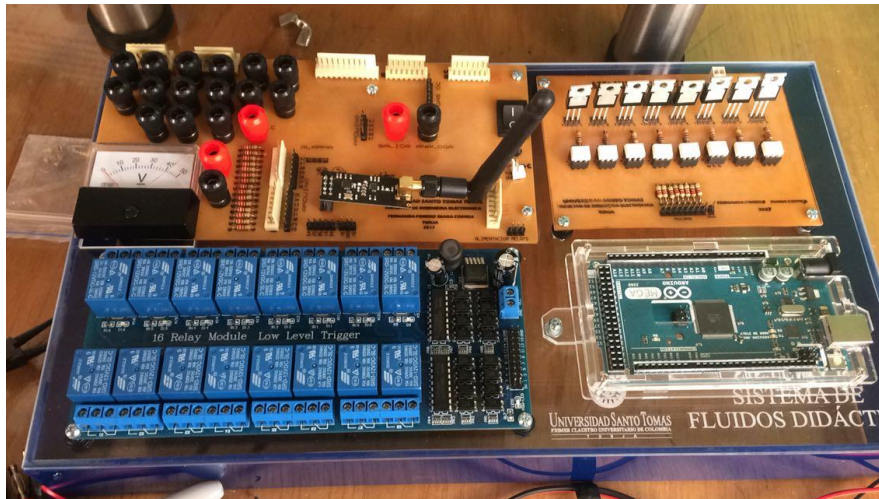


Figura 22 Circuitos centrales.  
Fuente: Autor.

### CAPITULO 3: Conexiones y alimentación.

- Tanques: La conexión de los tanques va a la PCB “sensores de nivel”, esta PCB contiene un bus de 16 pines que deben conectarse a la PCB central de acuerdo a los colores que contiene cada salida como se muestra en la Figura 23.



Figura 23 Conexión tanques  
Fuente: Autor

- Electroválvulas/bombas: Las conexiones de las electroválvulas van de acuerdo a como se indica en la Figura 24, se deben tener en cuenta los cables apropiados para dicha conexión.



Figura 24 Conexión de electroválvulas y bombas a la PCB.  
Fuente: Autor.

Las cuales quedan dispuestas de la siguiente manera:

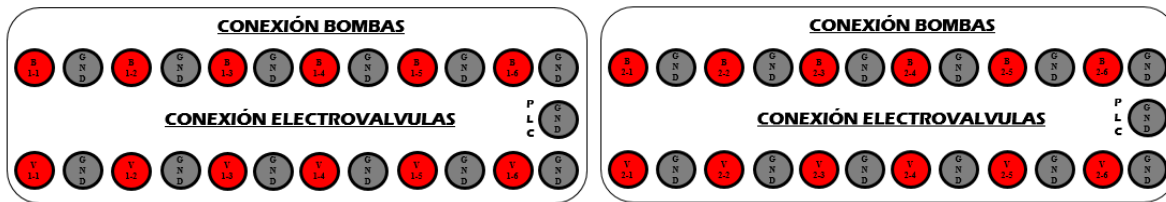


Figura 25 Diagrama Conexión electroválvulas/bombas.  
Fuente: Autor.

La PCB Conexión Bombas/Conexión Electroválvulas contiene 14 pines que salen como bus, estos corresponden a 6 positivos de cada electroválvula, 6 positivos de cada bomba y 2 comunes respectivamente. Este bus llega a la PCB central y debe ser conectado de acuerdo a los colores que contiene cada salida.

- PCB sensores/actuadores: De esta PCB sale un bus de 10 pines los cuales contiene VCC y GND de los sensores, 5 pines de control de cada sensor, GND del ventilador y motor, y por ultimo dos pines para el motor y el ventilador. Este bus debe ser conectado en la PCB central de acuerdo al color que contiene este bus.
- Dimmer: Está dispuesto en una caja independiente (debido a la alta potencia) este cuenta con una entrada AC que va conectada a la red eléctrica local.



Figura 26 Conexión Dimmer red eléctrica local.  
Fuente: Autor.

De igual manera están dispuestos los pines para la carga eléctrica (resistencia sumergible) los cuales deben ser conectados de la siguiente manera. Ver Figura 27



Figura 27 Conexión Carga (resistencia sumergible).  
Fuente: Autor.

Posee cuatro pines para ser conectados al microcontrolador, estos están nombrados como "+,-,S, E<sub>1</sub>" los cuales corresponden a la alimentación del Arduino (5 V), GND, Pin 2 y Pin según la asignación realizada en el programa. (Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Arduino/Dimmer).

- Caja Circuitos principales: En esta caja llegan todos los circuitos, las PCBs conexiones de sensores de nivel, sensores y conexión bombas/válvulas; estos deben ser conectados de acuerdo al color que tiene cada salida, En los sensores de nivel las conexiones llegan y se disponen en las borneras de acuerdo a la *Figura 53*.

Como ya se ha mencionado antes si se desea controlar los sensores de nivel desde el Arduino, es necesario conectar un bus de los pines "sensores de nivel" a los pines de las resistencias para conectar los sensores y generar un circuito pull- down.

Para el funcionamiento de la PCB Aislamiento de control DC en la caja de circuitos es necesario un bus conectado desde "cargas DC" de la PCB central hasta "cargas" en la PCB "Aislamiento de control DC", y estar conectado el VCC y GND de la PCB "Aislamiento de control DC" a la PCB central. Con esto ya es posible controlar las bombas, el motor y el ventilado desde los pines pulso que deben estar conectados al Arduino. (Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Arduino/Aislamiento dc). Para el funcionamiento de las electroválvulas solo se deben enviar ceros (0) o unos (1) a los pines del 11 al 16 de los módulos de realy desde el Arduino.

En la PCB central se encuentran una serie de números los cuales corresponden a los pines del Arduino de acuerdo a los ejemplos realizados. (Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Arduino). Por ejemplo, los pines del 28 al 42 son los dispuestos para los sensores de nivel, (Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Arduino/Prueba sensores de nivel). Los pines del 43 al 47 son el control de los sensores flujo, DTH22, dallas y HCSR04, los pines del 48 al 52 están dispuestos para los módulos de comunicación, el pin 13 control de la alarma y led, el pin A0 para la entrada análoga.

Los módulos didácticos tienen dos sistemas de alimentación, el primero es el cable USB que va desde el Arduino al computador, y el segundo que es un cargador de 12 V a 5 A que va desde los módulos a la red eléctrica local de la siguiente manera:

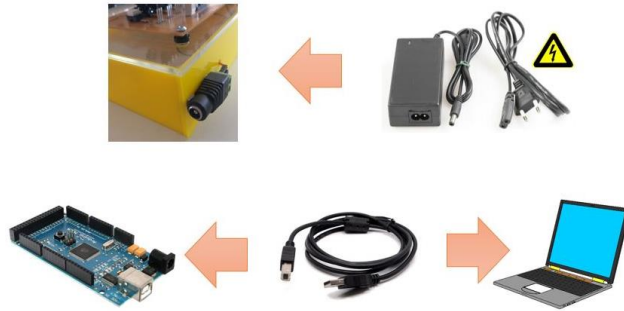


Figura 28 Alimentación módulos  
Fuente: Autor

## CAPITULO 4: Diagrama P&ID, instrumentación de la planta

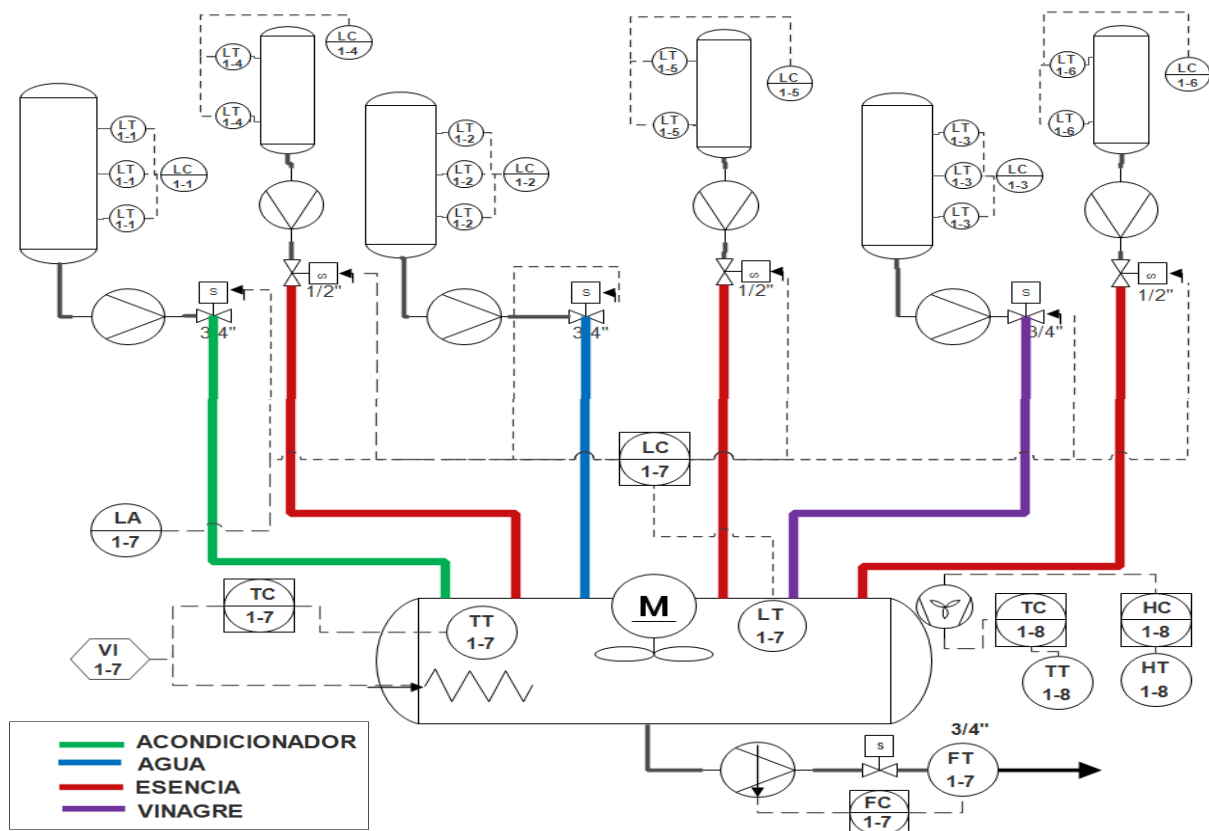


Figura 29 P&ID diseñado para la identificación de la planta "Módulos de fluidos didácticos".  
Fuente: Autor

En instrumentación es muy importante considerar ciertas normas que llevan a la industria a aplicar un lenguaje universal sobre diversos elementos y su utilidad por medio de diagramas P&ID, los cuales están compuestos por una serie de símbolos que nos permitirán identificar los componentes implicados un proceso, sus dimensiones, controles, transmisores, alarmas, equipos, niveles, bombas, válvulas, etc.

El diagrama P&ID que se muestra en la Figura 15 (Ver anexos Diagramas P&ID) se puede ver la estructura completa de la planta “Modulo de fluidos didáctico”, en dicho diagrama se evidencia la ubicación de cada elemento, y su función como controlador o trasmisor, ya que se han diseñado dos plantas iguales, se determinaron los lazos 1 y 2 exactamente con las mismas propiedades, en la parte inferior izquierda se puede observar un cuadro de convenciones en cual indica que el proceso a trabajar es para lograr como producto final la fabricación de suavizante de telas, el tanque uno suministrará acondicionador, el dos agua, el tres vinagre, y los tanques pequeños (4, 5 y 6) tendrán asignada una esencia.

## CAPITULO 5: Ejemplos

### Arduino

Los ejemplos de funcionamiento de los sensores del módulo de fluidos didáctico fueron realizados en esta plataforma, ya que ofrece algunas ventajas frente a otro tipo de microcontroladores, entre dichas ventajas encontramos que son relativamente más económicas comparadas con otras plataformas, el software puede ser ejecutado en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux; por otra parte, el entorno de programación es simple y claro, lo cual sirve de gran ayuda para los principiantes, y la principal ventaja es que su código es abierto, lo cual permite que los programas se puedan modificar según los requerimientos del programa que se esté realizando.



Figura 30 Logo de Arduino (Arduino, <http://arduino.cl/>, s.f.).  
Tomado de: <https://www.arduino.cc/>.

1. **\_16\_relay\_module:** Envía datos digitales ceros (0) y unos (1) a la pcb "16 relay module" esto con el fin de activar los relés de esta PCB, para la activación de los relays el Arduino debe enviar el valor digital cero (0) y para desactivar el relay, el Arduino debe enviar el valor digital uno (1), este programa envía el dato digital cero(0) por cinco segundos y luego envía el dato digital uno (1) por un segundo esto con el fin de activar un relay del módulo por 5 segundos y desactivarlo por 1 segundo. Su conexión es del pin 13 del Arduino a los pines del 11 al 16 de la PCB "16 relay module". Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino.

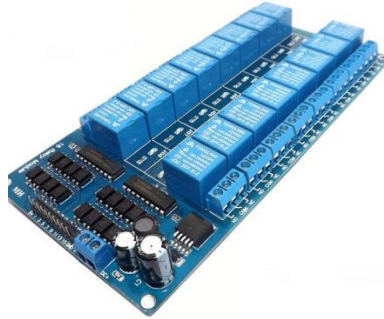


Figura 31 Modulo de 16 relays.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

- Dallas\_18B20:** Toma la lectura digital de la temperatura, la cual es procesada con la ayuda de dos librerías y es convertida en datos ya visibles en el monitor serial. Su conexión es del pin 45 de la PCB central al pin 45 del Arduino. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*



Figura 32 Apariencia del sensor de temperatura Dallas 18B20.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

- DTH22:** Toma la lectura digital de la temperatura, la cual es procesada con la ayuda de dos librerías y es convertida en datos ya visibles en el monitor serial. Su conexión es del pin 44 de la PCB central al pin 44 del Arduino. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*



Figura 33 Apariencia sensor de temperatura y humedad DTH22.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

- HC\_SR04\_Distancia:** Toma la lectura del nivel del agua del tanque. Es un sensor de distancias por ultrasonido capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm. Envía el pulso de arranque y mide la anchura del pulso de retorno. Su conexión es del pin 46

de la PCB central al pin 46 del Arduino y del pin 47 de PCB central al pin 47 del Arduino. Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino



Figura 34 Apariencia sensor de distancia HCSR04.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

- 5. NRF2401:** Este programa requiere de dos microcontroladores para realizar la comunicación, por ello mostramos los ejemplos respectivos para el emisor y el receptor.

Emisor: Se envían mensajes letra a letra hacia el otro modulo por medio del monitor serial, después de programar el Arduino y abrir el monitor serial es posible enviar mensajes hacia el módulo de comunicación “receptor” que estará a la espera de dichos mensajes. Su conexión se realiza en los pines 48, 49, 50, 51, y 52 de la PCB central a los pines 48, 49, 50 y 51 sucesivamente del Arduino si la conexión del módulo va directamente al Arduino ver la imagen "conexión de módulos de comunicación nrf2401" que se encuentra en el menú interactivo. Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino/NRF2401

Receptor: Se reciben mensajes letra a letra desde el otro modulo, los mensajes que se reciben y se muestran en el monitor serial, después de haber programado el Arduino y abrir el monitor serial es posible ver los mensajes recibidos que son enviados por el módulo de comunicación “emisor” su conexión va de los pines 48, 49 50, 51, y 52 de la PCB central a los pines 48, 49, 50 y 51 sucesivamente del Arduino, si la conexión del módulo va directamente al Arduino ver la imagen "conexión de módulos de comunicación nrf2401" que se encuentra en el menú interactivo. Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino/NRF2401



Figura 35. Módulo de comunicación nRF24L01.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

- 6. Prueba\_aislamientoDC:** Envía una señal PWM en una escala de 0 a 255, los cuales se verán reflejados de 0 a 12 voltios en la PCB aislamiento de voltajes DC. El modo de uso después de ser programado en el Arduino es abrir el monitor serial y enviar valores de 0 a 5. Su conexión es del pin

3 del Arduino a cualquier pin del "B2-1 a B2-6" de la PCB mencionada anteriormente, esto para la prueba de las bombas. Si se desea probar el motor (Mot.) y el ventilador (Vent.) la conexión del pin 3 del Arduino ira a los respectivos pines asignados en la PCB. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*

- 7. Prueba\_dimmer:** Detecta el sobrepaso por cero de la señal proveniente de la red eléctrica local, esto con el fin de disparar el TRIAC en el momento apropiado y obtener el voltaje AC deseado. El modo de uso es después de ser programado el Arduino es abrir el monitor serial y enviar valores de 0 a 5, observando el aumento y disminución del voltaje en la carga; para su prueba es necesario tener la carga conectada en el dimmer. Su conexión es del pin más (+) del dimmer al pin 5 V del Arduino, el pin menos (-) del dimmer al pin GND del Arduino, el pin ese (S) del dimmer al pin 2 del Arduino (señal sobrepaso por cero) y el pin E1 del dimmer al pin 9 del Arduino. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*
- 8. Prueba\_LED.Alarma:** Enciende el LED y el buzzer del sistema de fluidos didáctico durante un segundo y después son apagados durante un segundo, repetidamente. Su conexión se realiza del pin "13" de la PCB central al pin 7 del Arduino. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*



*Figura 36 Apariencia del buzzer empleado para la alarma.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>*

- 9. Sensor\_Flujo:** Es un sensor que internamente tiene un rotor cuyas paletas tienen un imán, externamente al rotor tiene un sensor de efecto hall que detecta el campo magnético del imán de las paletas y con esto el movimiento del rotor, el sensor de efecto hall envía los pulsos por uno de los cables del sensor, los pulsos son convertidos posteriormente a flujo. Su conexión es del pin 43 de la PCB central al pin 2 del Arduino. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*



*Figura 37 Apariencia del sensor de flujo YF-S201.*

Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

**10. Sensores digitales de nivel:** Cada sensor al ser activo (debido al nivel de un líquido) envía un pulso al Arduino, el cual lo toma y envía información del sensor al monitor serial si ningún sensor está activo enviará un mensaje ("no hay sensores activos"). Las conexiones de estos sensores van de los pines 28 al 42 de la PCB central a los pines del 28 al 42 del Arduino y así sucesivamente. *Ver ejemplo en Anexos/Ejemplos/Arduino*

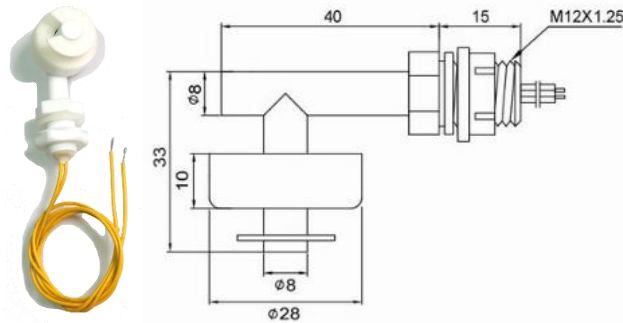


Figura 38 Apariencia y dimensiones del sensor de nivel de líquido.  
Tomado de: <http://www.didacticaselectronicas.com/>

## Tia Portal.

A continuación, se presenta un programa realizado en Tia Portal, el cual fue desarrollado con el fin de mostrarle a los estudiantes un ejemplo de las diferentes herramientas que se pueden utilizar para crear una interfaz humano-maquina, teniendo en cuenta diferentes menús que se han denominado “recetas”.

Para este ejemplo se consideró en primer lugar los tres tanques grandes y los tres tanques pequeños, los cuales se han denominado respectivamente A, B, C y 1, 2, 3 estos tanques suministran la cantidad de líquido asignado para la realización del producto hacia el tanque ubicado en la parte inferior, cada uno de los tanques superiores llenarán el ya mencionado tanque a las medidas determinadas para la realización del producto, mediante el sensor ultrasónico HCSR04 y se indicaran en la interfaz realizada para la pantalla Touch KTP600. *Ver Figura 39*

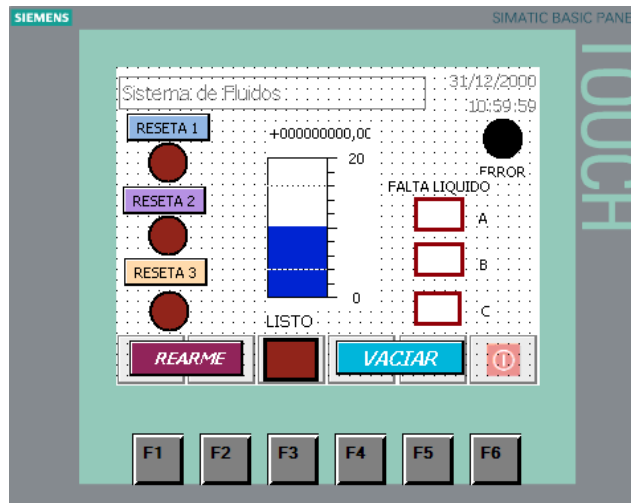


Figura 39 Entorno creado en Tia Portal para la emulación de un sistema industrial.  
Fuente: Autor.

Cada uno de los tanques (A, B, C, 1, 2, 3) cuentan con un sensor digital de nivel, los cuales se han denominado de la siguiente forma:

- Tanque A: Sensores A1, A2, A3.
- Tanque B: Sensores B1, B2, B3.
- Tanque C: Sensores C1, C2, C3.
- Tanque 1: Sensores 1.1, 1.2.
- Tanque 2: Sensores 2.1, 2.2.
- Tanque 3: Sensores 3.1, 3.2.

Una vez alcanzado el nivel deseado del tanque, el motor DC es activado y comienza a realizar la mezcla de las anteriores sustancias (según la receta escogida por medio de la pantalla Touch KTP600), como se puede observar en el menú principal de la Figura 25, se encuentra un botón de “rearme” reinicio del proceso, el cual debe oprimirse para escoger una nueva receta, un botón de vaciado cuando se decida desocupar el tanque inferior y unos Leds indicadores de falta de líquido y de error en caso dar la orden de dos recetas a la misma vez. A este programa se le pueden adicionar algunos factores adicionales como la resistencia sumergible para incrementar la temperatura de la mezcla y/o un ventilador para disipar dicho calor en caso de que la aplicación que se esté trabajando lo requiera. *Ver ejemplo completo en Anexos/Ejemplos/Tia Portal/ GRAFCET CON BOTONES TOUCH Y ANALOGO1*

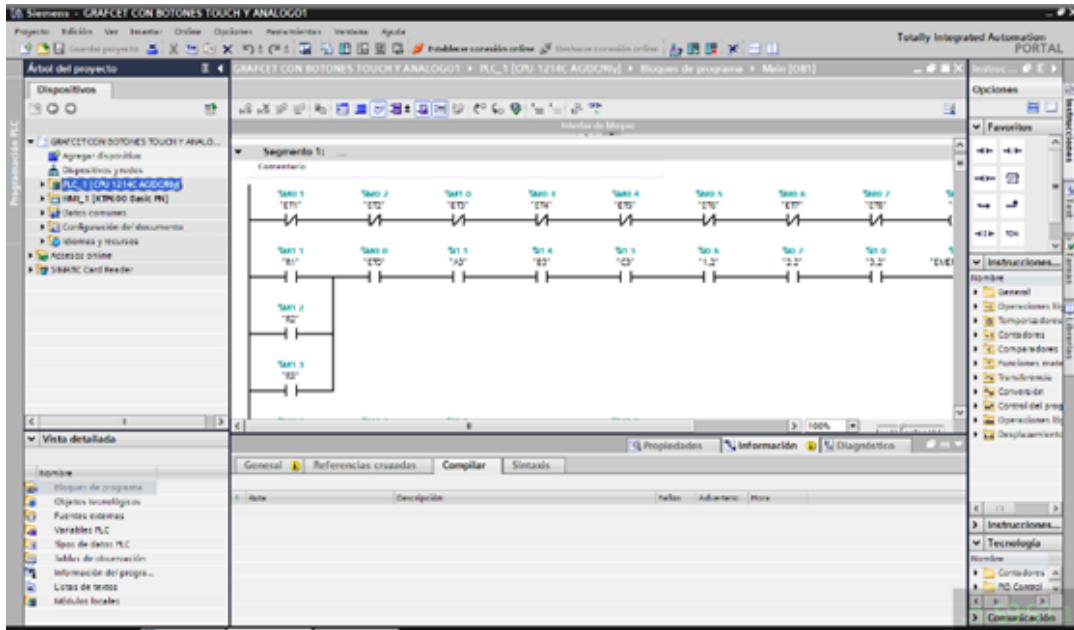


Figura 40 Porción del Ladder desarrollado en Tia Portal.  
Fuente: Autor.

## Labview

El ejemplo desarrollado en Labview tiene como objetivo principal brindar al estudiante una herramienta para la adquisición de datos ya que los módulos de fluidos se prestan para caracterizar los diferentes sensores que lo integran y/o para la realización de funciones de transferencia y sistemas cambiantes en el tiempo.

La función de este programa es realizar la lectura del puerto serial y almacenar estos datos en un archivo de Excel, estos archivos generaran en la columna "x" el tiempo, es decir la hora en la cual se toma la muestra, y en el eje "y" la variable que se esté midiendo, por ejemplo, para ver la variación en el tiempo de un sensor, como es el caso del incremento de temperatura, humedad, llenado y vaciado de un tanque, cantidad de flujo, entre otros.

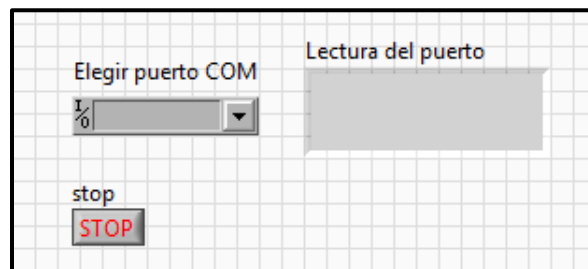


Figura 41 Interfaz de usuario en Labview.  
Fuente: Autor.

Ya que la información de un puerto serial es transmitida bit a bit a cierta velocidad en este caso 9600, gracias a las herramientas que brinda Labview es posible registrar la información en un archivo de Excel, ingresando la dirección en la cual se almacenará el archivo con extensión “.xls”.

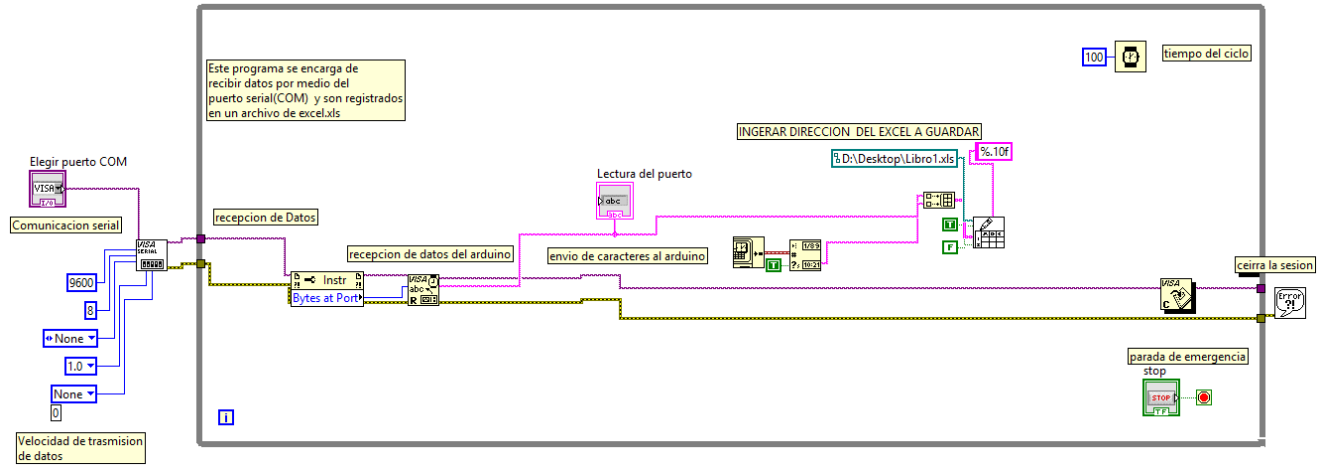
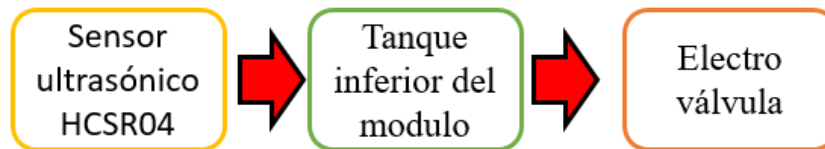


Figura 42. Programa desarrollado en labview para la adquisición de datos.  
Fuente: Autor.

## CAPITULO 6: Función de transferencia

En una planta se pueden identificar distintos modelos acordes con el funcionamiento y el comportamiento del sistema, los módulos de fluidos didácticos le brindan al estudiante de la facultad de ingeniería electrónica la posibilidad de identificar diferentes lazos de control, ya que dichos módulos cuentan con diferentes sensores y actuadores que en conjunto pueden ayudar a la estabilización de la planta en general considerando el cambio de las variables a través del tiempo.

A continuación, se expone una función de transferencia de la planta “Modulo de fluidos didáctico,” la cual hace referencia al vaciado de un tanque a través del tiempo. Los datos se obtuvieron en un archivo Excel y los verificamos mediante Matlab.



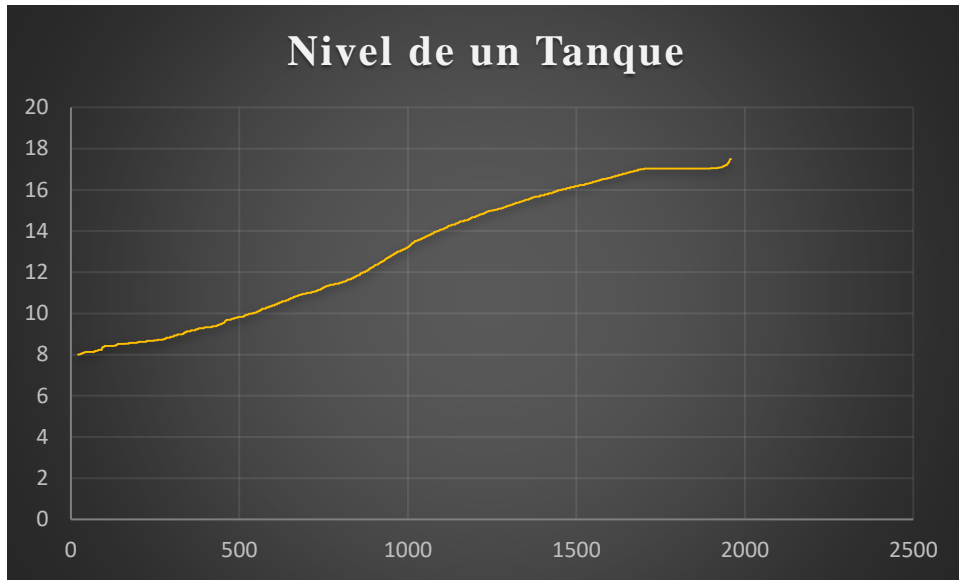


Figura 43 Comportamiento planta de primer orden nivel de un tanque.  
Fuente: Autor.

Se obtuvo el modelo matemático de la curva que se muestra en la Figura 31.

Primer paso: Calcular K

Valor máximo: 17,49

Valor mínimo: 8

$$K=17,49-8$$

$$K=9,49$$

Encontrando el 63% del sistema

$$0,63 * 9,49 = 5,9787$$

Sumando el 63% al valor inicial

$$8 + 5,9787 = 13,97$$

Con el valor encontrado anteriormente, se observa que a los 1082 segundos se alcanza el 63% de la respuesta del sistema. Ver Figura 32

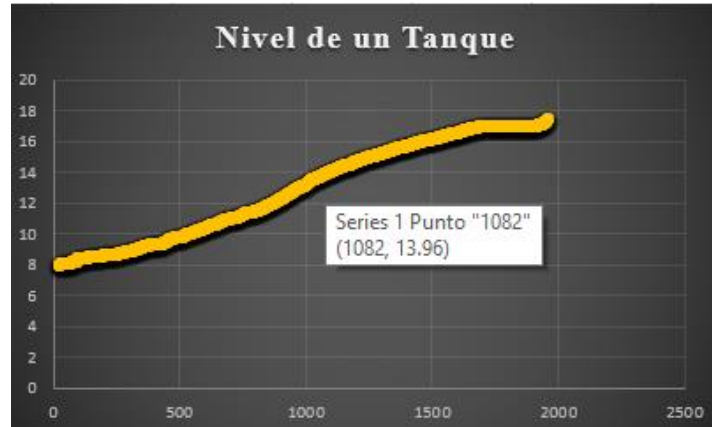


Figura 44 Tiempo en el que se alcanza el 63%.  
Fuente: Autor.

Encontrando el retardo “L”, retardo de transporte del sistema, partiendo de los datos generados por el archivo Excel:

$$L = 21 \text{ s.}$$

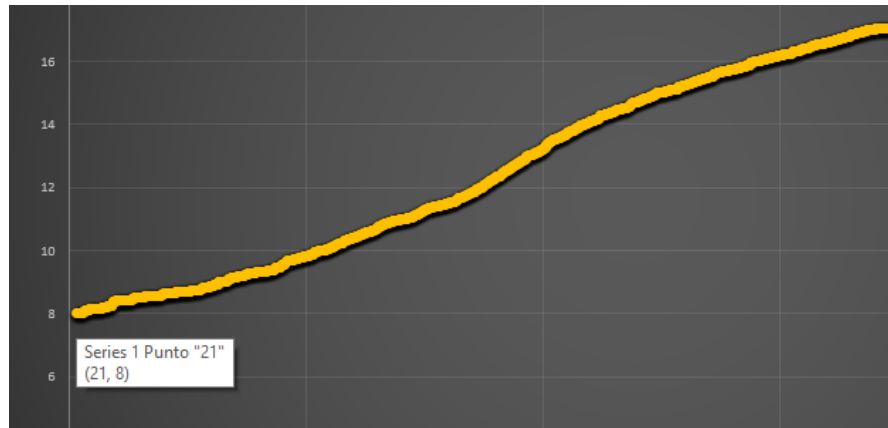


Figura 45 Retardo del sistema.  
Fuente: Autor.

Encontrando “ $\tau$ ”, tenemos:

$$\tau = 1082 - 21$$

$$\tau = 1061 \text{ s.}$$

Entonces, la función de transferencia sería la siguiente:

$$G(s) = \frac{(k/\tau)e^{-s}}{s + 1/\tau}$$

Reemplazando valores

$$G(s) = \frac{\left(\frac{9,49}{1061}\right)e^{-s}}{s + 1/1061}$$

$$G(s) = \frac{0,008944e^{-21s}}{s + 0,000942}$$

Comprobando este comportamiento en Matlab, se tiene la siguiente gráfica, la cual efectivamente corresponde a un sistema de primer orden con ganancia  $K=9,49$  como se calculó inicialmente.

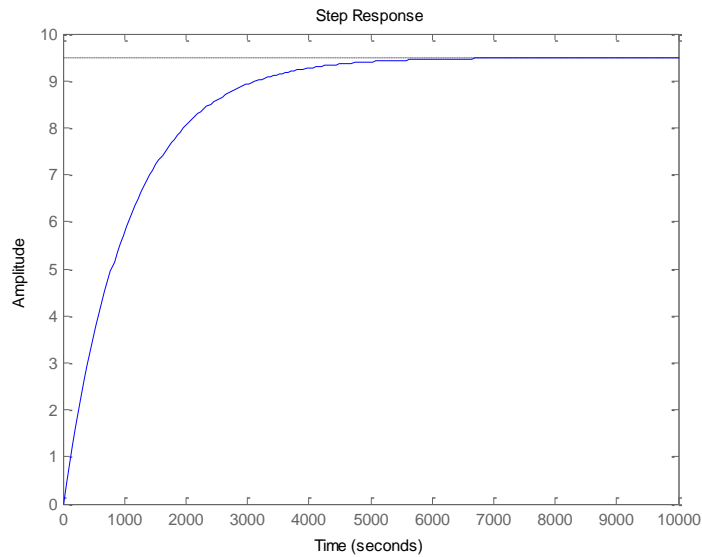


Figura 46 Respuesta de primer orden evaluando el llenado de un tanque.  
Fuente: Autor.

## CAPITULO 7: Menú interactivo

Se desarrolló un menú interactivo que sirve para el conocimiento previo del manejo adecuado de los módulos, las propiedades y características de los elementos, con esto se puede evitar daños, siempre y cuando se siga los protocolos de limpieza, conexiones adecuadas y mensajes de advertencia.



Figura 47 Menú de inicio.  
Fuente: Autor

En la Figura 47 se puede ver los diferentes menús a los que puede ingresar el usuario, para ver los módulos de manera interactiva, ver el proceso industrial que realizan los módulos, conocer el diagrama

P&ID que es muy frecuente en grandes industrias, aprender a armar los módulos, entender sus conexiones y cómo usarlo, dar un recorrido por los ejemplos de funcionamiento, conocer las advertencias que se deben tener para el cuidado y funcionamiento apropiado y finalmente un manual técnico con datos más específicos de los módulos.

También se encuentran botones como el glosario que abrirá un archivo pdf con palabras clave y otro como el de protocolo de limpieza para tener en cuenta antes y después del uso de los módulos. Ver *Figura 48*

**PROTOCOLO DE LIMPIEZA**

A continuación se indican las actividades necesarias para mantener un ambiente limpio en la planta y libre de fuentes de contaminación en los equipos, superficies, utensilios, sensores, PCBs entre otros, durante todas las etapas del proceso.

La máquina responsable del proceso industrial cuenta con piezas desarmables para realizar la respectiva limpieza de las sustancias

Desmonte los tanques de la estructura y enjuague con agua, en caso de que la suciedad este muy adherida utilice detergentes suaves y ayúdese de un cepillo y toallas para secar los recipientes. Esto debe realizarse cada vez que se utilicen los módulos.

Asegúrese que los líquidos que agregue a los tanques sean biodegradables y no contengan elementos de riesgo biológico que pueda alterar el ecosistema, de ser necesario deséchelo en alcantarillas y/o sifones. Los residuos de la mezcla pueden ser aprovechados para la limpieza de baños y pisos.

Por ninguna razón considere pintar o aplicar cualquier tratamiento a la estructura principal de los módulos, la cual esta fabricada con acero inoxidable

**NOTA:** Si observa oxido en la superficie estructura no se alarme, es por causa de la oxidación con cromo, en este caso recura a una esponja de alambre, el oxido se desprenderá de inmediato

*Tenga en cuenta que las sugerencias dadas en este protocolo deben realizarse cuando los módulos estén desenergizados, las cajas de acrílico deben apartarse, y la plaqueta del tanque grande donde se ubican los sensores debe removerse para no intervenir con el proceso de limpieza*

*Figura 48 Protocolo de limpieza.*

*Fuente: Autor.*

### **Opción: Menú interactivo.**

Al desplegar el menú interactivo de la Figura 49 se encontrará el dibujo del módulo, además de botones con dibujos de cada pieza, que al hacer click sobre cada uno se obtendrá información acerca de cada elemento en el módulo.

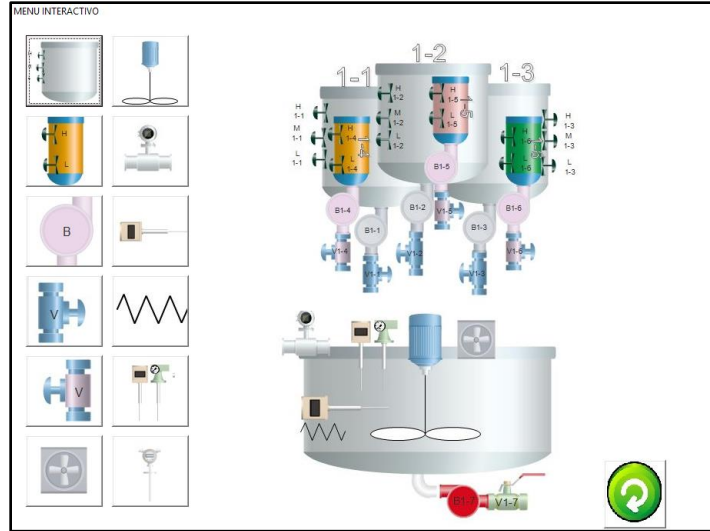


Figura 49 Menú interactivo.  
Fuente: Autor.

Información Acerca de los tanques: Al hacer click a los dos primeros botones de la primera fila, se encontrará la información acerca de los tanques de los módulos.



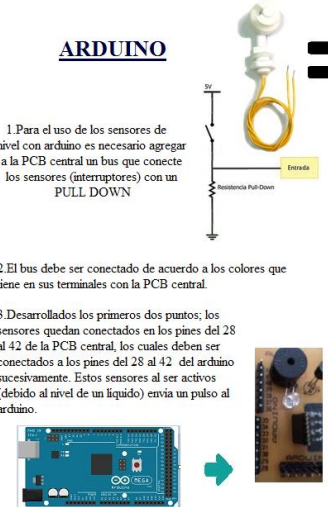
Figura 50 Información Tanques grandes y pequeños.  
Fuente: Autor.

Como se puede ver en la Figura 50 los tanques contienen sensores de nivel, que al hacer click sobre el sensor se obtendrá la información de él (ver Figura 51), además de tres botones, uno con la ficha técnica (Figura 52), otro con un código ejemplo de los sensores y un tercero con mapas de conexiones (Figura 53).

SENSORES DE NIVEL

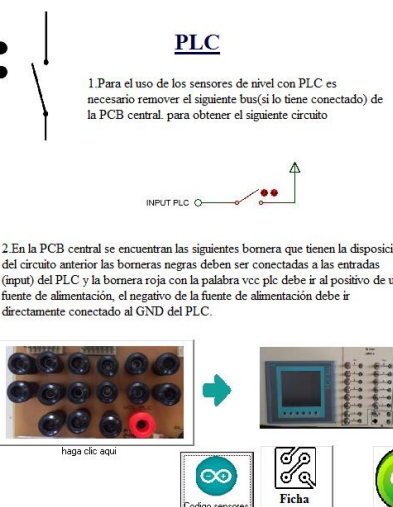
### ARDUINO


1. Para el uso de los sensores de nivel con arduino es necesario agregar a la PCB central un bus que conecte los sensores (interruptores) con un PULL DOWN
2. El bus debe ser conectado de acuerdo a los colores que tiene en sus terminales con la PCB central.
3. Desarrollados los primeros dos puntos, los sensores quedan conectados en los pines del 28 al 42 de la PCB central, los cuales deben ser conectados a los pines del 28 al 42 del arduino sucesivamente. Estos sensores al ser activos (debido al nivel de un líquido) envían un pulso al arduino.




### PLC

1. Para el uso de los sensores de nivel con PLC es necesario remover el siguiente bus (si lo tiene conectado) de la PCB central, para obtener el siguiente circuito
2. En la PCB central se encuentran las siguientes bornera que tienen la disposición del circuito anterior las borneras negras deben ser conectadas a las entradas (input) del PLC y la bornera roja con la palabra vcc plc debe ir al positivo de una fuente de alimentación, el negativo de la fuente de alimentación debe ir directamente conectado al GND del PLC.







haga clic aquí




haga clic aquí






Código sensores de nivel





Ficha técnica

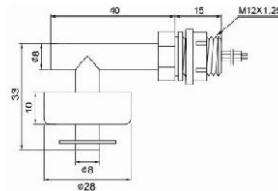



*Figura 51 Información Sensores de nivel.  
Fuente: Autor.*

FICHA TECNICA SENSOR NIVEL

Date Scan	1A
Max Contact Rating	10W
Max Switching Voltage	100VDC
Max Switching Current	0.5A
Max Breakdown Voltage	220VDC
Max Carry Current	1.0A
Max Contact Resistance	100mΩ
Temperature Rating	-10~+85°C
Float Ball Material	PP
Float Body Material	PP





*Figura 52 Ficha técnica sensores de nivel.  
Fuente: Autor.*

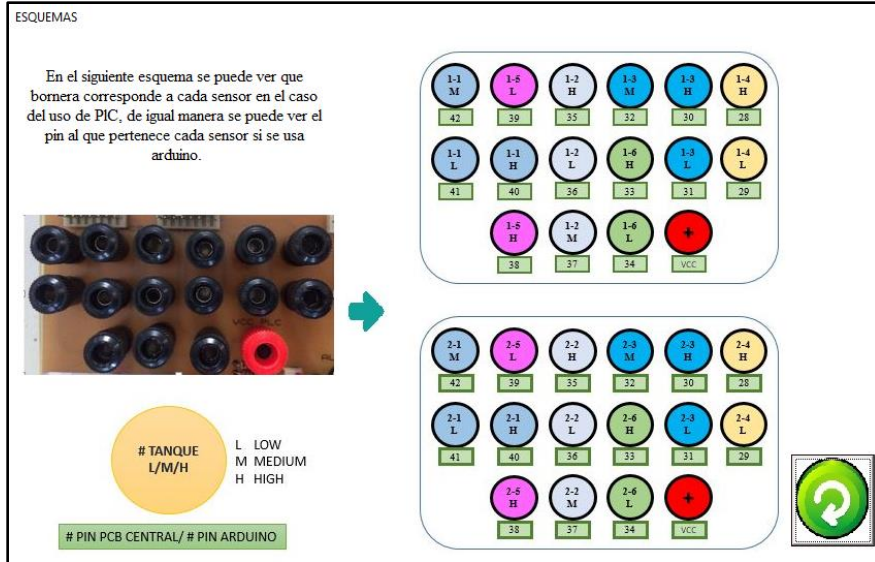


Figura 53 Mapa de conexión.  
Fuente: Autor.

Información bomba: Al hacer click sobre el tercer botón de la primera fila del menú interactivo (Figura 49) se desplegará información básica acerca de las bombas (Figura 54), adicionalmente hay un botón que despliega información completa de la conexión de ellas (Figura 55).



Figura 54 Información bombas peristálticas.  
Fuente: Autor.

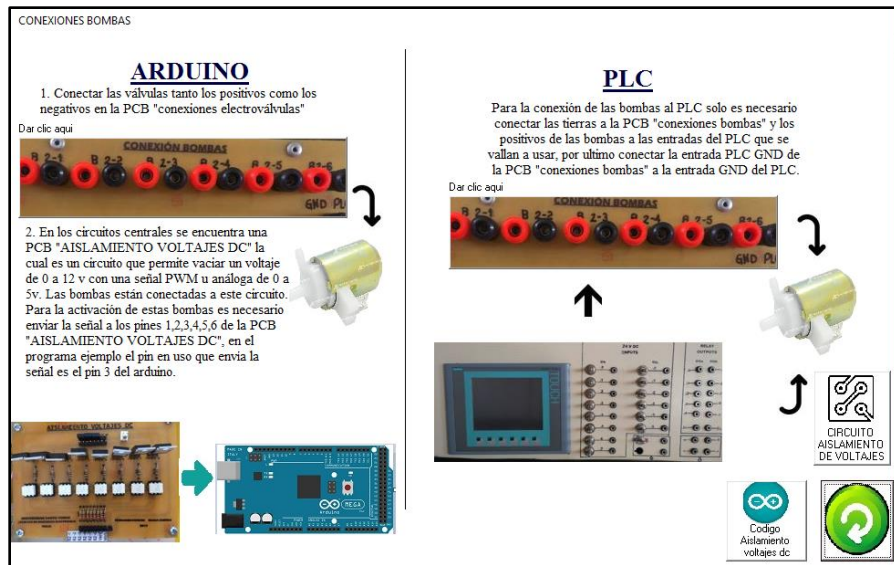


Figura 55 Conexiones bombas.  
Fuente: Autor.

En la Figura 55, se puede ver la información de cómo conectar las bombas, tanto en Arduino como en un PLC, dependiendo del uso que se desea hacer; al hacer click sobre las fotos este despliega información sobre como conectar las bombas y electroválvulas a los tanques y a la PCB “conexión electroválvulas/conexión bombas”. Ver Figura 56

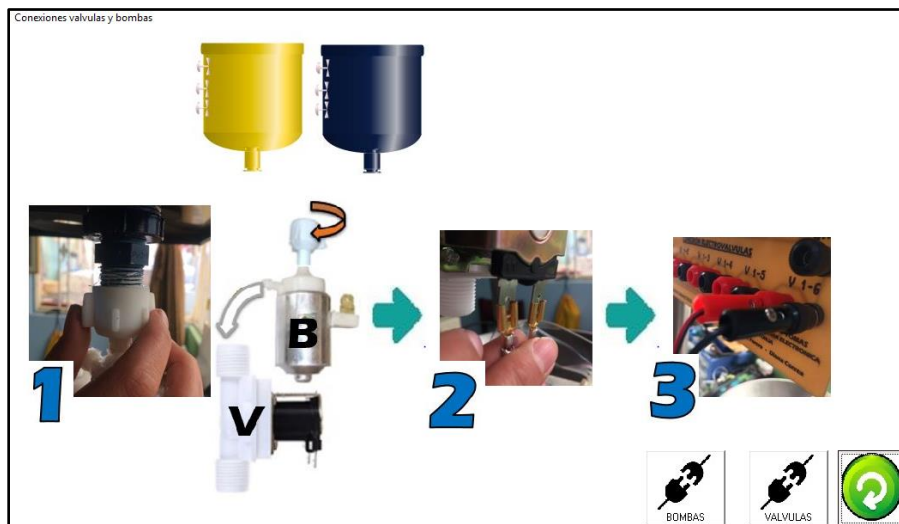


Figura 56 conexiones de bombas y electroválvulas.  
Fuente: Autor.

Información electroválvulas: Al hacer click sobre los botones cuarto y quinto de la primera fila del menú interactivo (Figura 49) se desplegará información básica acerca de las electroválvulas (Figura 57). Además de un botón que despliega información completa de la conexión de ellas (Figura 58).



Figura 57 Información electroválvulas.

Fuente: Autor.



Figura 58 Conexiones electroválvulas.

Fuente: Autor.

En la Figura 58 se puede ver la información de cómo conectar las electroválvulas, tanto en Arduino como en un PLC, dependiendo de la aplicación, al hacer click sobre las fotos este despliega información sobre como conectar las bombas y electroválvulas a los tanques y a la PCB “conexión electroválvulas/conexión bombas” (Figura 56). En la Figura 56 hay botones “bombas”- “válvulas” estos botones retornarán a las Figuras 58 y 55, de igual manera, en la Figura 57 se presenta un botón llamado “data” al hacer click sobre este se abrirá un archivo .pdf con información específica acerca de la electroválvula.

Información ventilador- motor: Al hacer click sobre el sexto botón de la primera fila y el primer botón de la segunda fila del menú interactivo (Figura 49) se desplegará información básica acerca del

ventilador y del motor (Figura 59), además de un botón que despliega información completa de la conexión de ellos (Figura 60).

**VENTILADOR**



**VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO 12V DC**

El ventilador es una máquina de fluido, más exactamente una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria para mantener un flujo continuo de aire. Se utiliza para usos muy diversos como: ventilación de ambientes, refrescamiento de máquinas u objetos o para mover gases, principalmente el aire, por una red de conductos.

**MOTOR**



**VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO 12V DC**  
Motorreductor DC con relación 70:1.

**CARACTERISTICAS**

- Voltaje de operación: 12V DC
- Corriente sin carga(12V):300mA, 5A(stall).
- Torque(12V): 14 kg-cm (200 oz-in)
- Velocidad sin carga(12V): 150 RPM



**CIRCUITO**



**CIRCUITO**


Figura 59 Información ventilador-motor.

Fuente: Autor.

**ACTUADORES**




En los circuitos centrales se encuentra una PCB "AISLAMIENTO VOLTAJES DC" la cual es un circuito que permite variar un voltaje de 0 a 12 v con una señal PWM u analoga de 0 a 5v. El motor y el ventilador están conectadas a este circuito. Para su activación es necesario enviar la señal a los pines mot "motor" o vent. "ventilador" de la PCB "AISLAMIENTO VOLTAJES DC", en el programa ejemplo el pin en uso que envia la señal es el pin 3 del arduino. Es decir que si conecta el pin 3 del arduino a cualquiera de estos dos pines "mot. y vent." activara el motor o el ventilador con la posibilidad de variar su velocidad


➔




Codigo Aislamiento voltajes dc



Figura 60 Información Actuadores.

Fuente: Autor.

En la Figura 60 se da información de cómo se debe conectar el ventilador y el motor para su funcionamiento.

Información Resistencia sumergible: Al hacer click sobre el segundo botón de la segunda fila del menú interactivo (Figura 59) se desplegará información básica acerca de la resistencia sumergible (Figura 61), también se encontrará un botón que despliega información completa de la conexión de ella con el circuito (Figura 62).

## RESISTENCIA



Resistencia de inmersión están diseñadas para el calentamiento en contacto directo con el fluido: agua, aceite, materiales viscosos, disoluciones ácidas o básicas, etc. Dado que todo el calor se genera dentro del líquido, se alcanza un rendimiento energético máximo. Las resistencias de inmersión presentan varias opciones de acoplamiento al depósito o tanque donde se instalan.



Figura 61 Información resistencia sumergible.

Fuente: Autor.

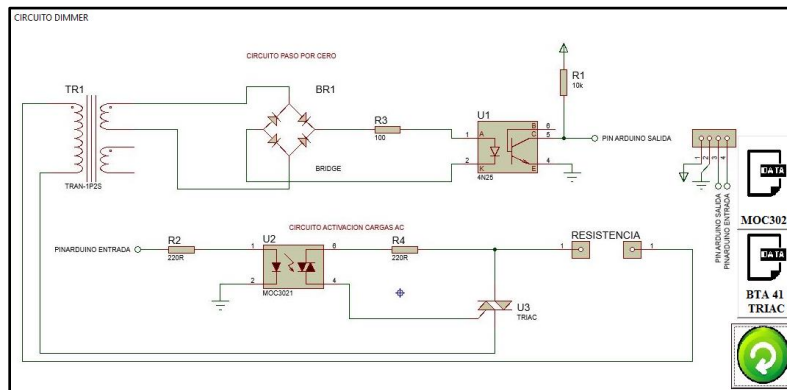


Figura 62 Circuito Dimmer conexión resistencia sumergible.

Fuente: Autor.

Información sensores: Al hacer click sobre el tercero, cuarto, quinto y sexto botón de la segunda fila del menú interactivo (Figura 59) se desplegará información básica acerca de los sensores dispuestos en los módulos (Figura 63), además de un botón que despliega información completa de la conexión de ellos con su respectivo código en Arduino (Figura 64).

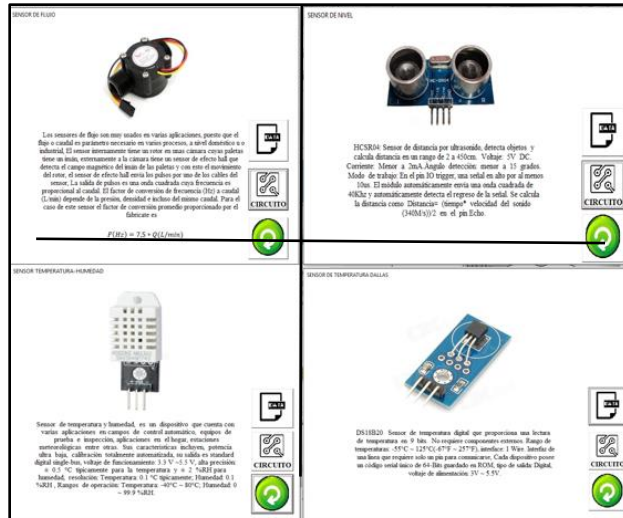


Figura 63 Información sensores.  
Fuente: Autor.

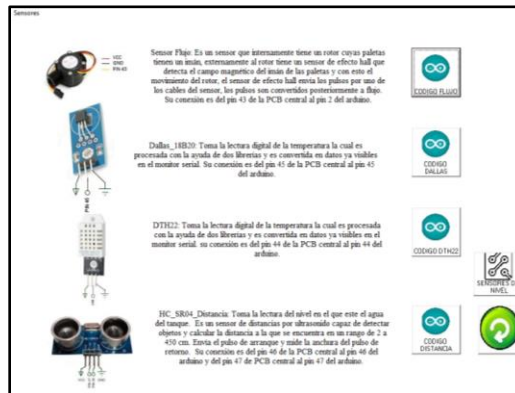


Figura 64 Conexión sensores con código en Arduino.  
Fuente: Autor.

En la Figura 64 se muestra un botón “sensores de nivel”, este botón permitirá al usuario ver la descripción e información de los sensores de nivel (Figura 51).

**Opción: Proceso industrial.**

Al desplegar la opción de proceso industrial se encontrará que los módulos se realizaron con el fin de desarrollar un proceso para la fabricación de suavizante de telas, este se lleva a cabo fácilmente con materiales de fácil acceso.

Para su preparación se requiere de los siguientes materiales:

- 3 tazas (750ml) de vinagre blanco.
- 2 tazas (500ml) de acondicionador para cabello blanco.
- 6 tazas (1500ml) de agua.

- Esencia y tinte.

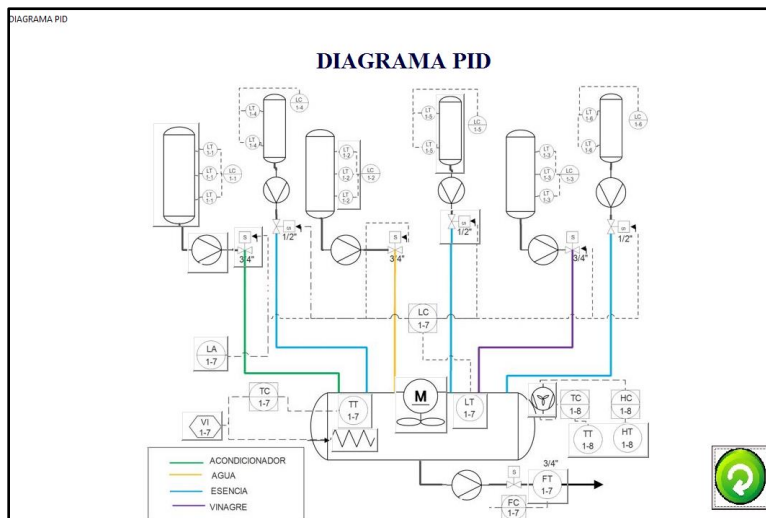
En la fabricación del suavizante, en un recipiente se mezclan los materiales hasta que se incorporen de manera uniforme obteniendo como producto final un suavizante de telas (mother nature network, 2012). En la Figura 65 se puede ver este proceso de forma interactiva para ser aplicado en los módulos.



*Figura 65 Proceso fabricación de suavizante de telas.  
Fuente: Autor.*

### Opción: Diagrama P&ID

Al hacer click sobre el botón “diagrama P&ID” (Figura 66) se observará un esquema de los módulos, el cual se usa mucho en industrias para conocer cómo se distribuye una empresa.



*Figura 66 Diagrama P&ID de los módulos.  
Fuente: Autor.*

En la Figura 66 se muestran botones, los cuales son los mismos a los del menú interactivo, si se oprime cada uno de ellos este lleva al usuario a las mismas interfaces del menú interactivo, los botones están dispuestos de acuerdo a la Figura 67.

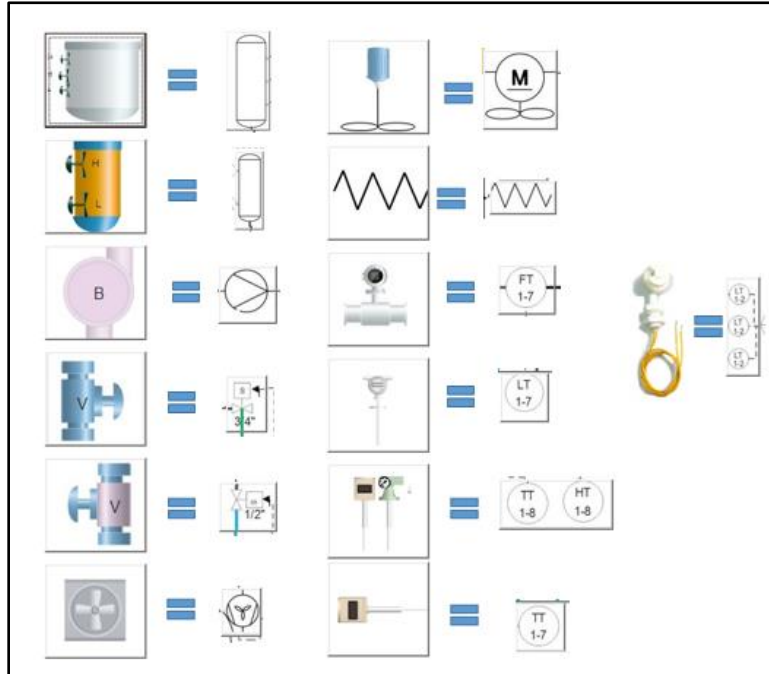


Figura 67 Equivalencia en botones.  
Fuente: Autor.

Adicional a esto la opción del diagrama P&ID, cuenta con dos botones adicionales los cuales hacen referencia a la alarma y a la información de voltaje. Ver Figuras 68 y 69

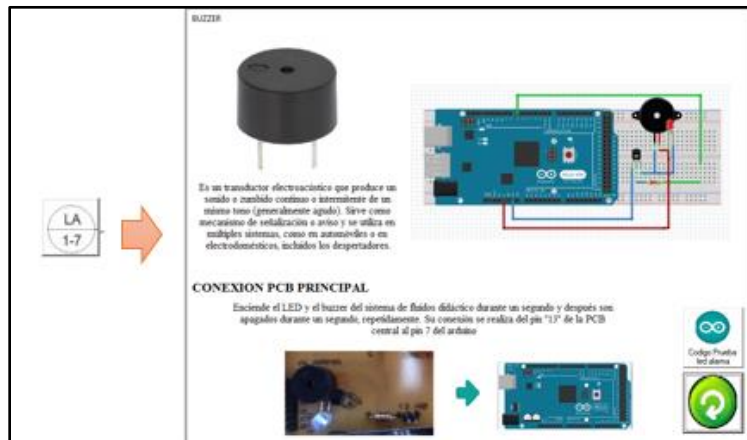


Figura 68 Información buzzer.  
Fuente: Autor.

La alarma es la encargada de indicar anomalías en el proceso y/o de avisar cuando el proceso ha culminado alguna etapa en específico, el voltímetro tiene la función de brindarle al operario la posibilidad de realizar mediciones de voltaje en AC o en DC según lo requiera.

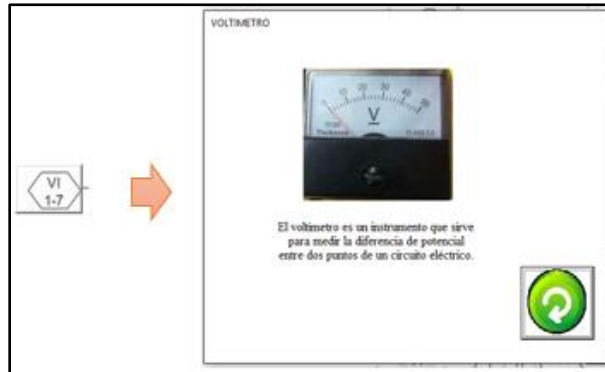


Figura 69 Información voltímetro.  
Fuente: Autor.

### Opción: ¿Cómo armar?

Al hacer click en el botón “¿cómo armar?” se desplegarán las indicaciones correspondientes para armar los módulos según los elementos que se desea que intervengan en el proceso. Ver Figura 70

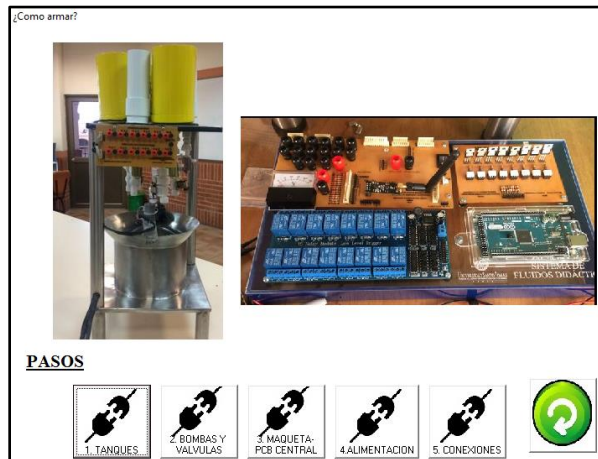


Figura 70 Pasos para armar los módulos.  
Fuente: Autor.

1. Tanques: Al hacer click en el botón tanques se indicará a través de imágenes los pasos para la conexión de los módulos a los tanques.

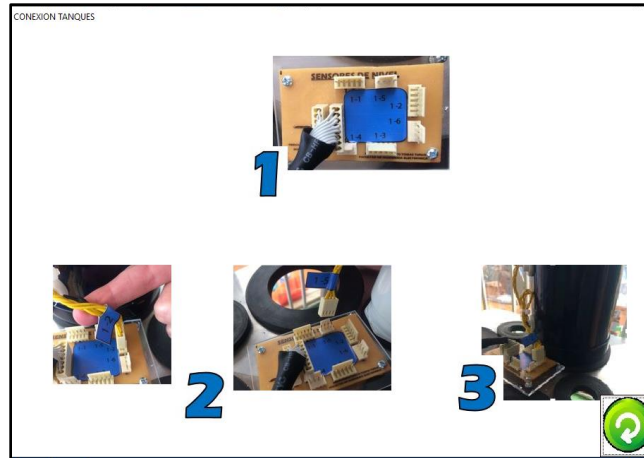


Figura 71 Pasos conexión tanques.  
Fuente: Autor.

2. Bombas y válvulas: Al hacer click en el botón bombas y válvulas se pueden ver los pasos de cómo conectar las bombas y las válvulas a los módulos (Figura 56). En esta interfaz se pueden ver dos botones, los cuales enviarán al usuario a las Figuras 58 y 55.
3. Maqueta- PCB central: Al hacer click en el botón maqueta- PCB central como se muestra en la Figura 72 se pueden ver los pasos de cómo conectar la maqueta a la PCB central, estos conectores poseen una marca de diferente color las cuales deben coincidir con el color de cada regleta de la PCB central.

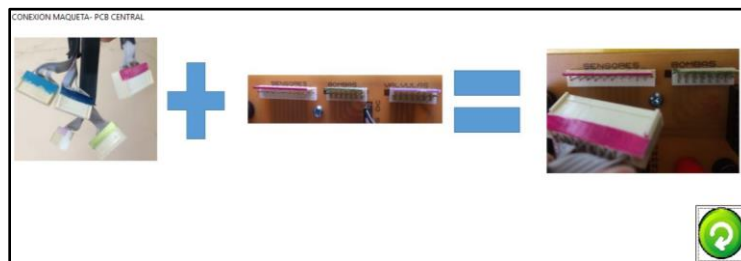


Figura 72 Pasos conexión maqueta- PCB central.  
Fuente: Autor.

4. Alimentación: Al hacer click en la opción alimentación se indica cómo debe conectarse los módulos a la red eléctrica local y al computador. Ver Figura 73

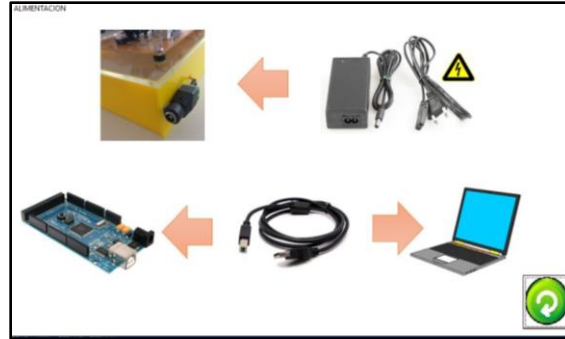


Figura 73 Pasos alimentación de los módulos.  
Fuente: Autor.

5. Conexiones: Al hacer click en esta opción se mostrarán los diferentes elementos de los cuales consta el modulo, como se muestra en la Figura 74, donde se explicará detalladamente como conectar los dispositivos.

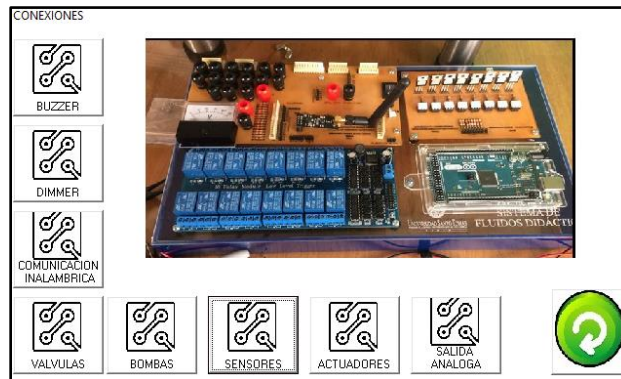


Figura 74 Menú conexiones.  
Fuente: Autor.

### Opción: Conexiones

En la Figura 74 se puede ver el menú de conexiones, este da al usuario la posibilidad de ver el circuito o el dispositivo que va a usar, entre estos esta:

- Buzzer: Explica el funcionamiento y la conexión del mismo dándole como ejemplo un programa en Arduino (Figura 68).
- Dimmer: Explica el funcionamiento y la conexión del mismo dándole como ejemplo un programa en Arduino (Figura 75)



Figura 75 Funcionamiento y conexiones Dimmer.  
Fuente: Autor.

- Comunicación inalámbrica: Explica el funcionamiento y la conexión de los módulos de comunicación dándoles como ejemplo a los usuarios los programas de emisor y receptor en Arduino para generar interacción entre los dos módulos en diferentes aplicaciones y etapas del proceso que se este llevando a cabo. Ver Figura 76

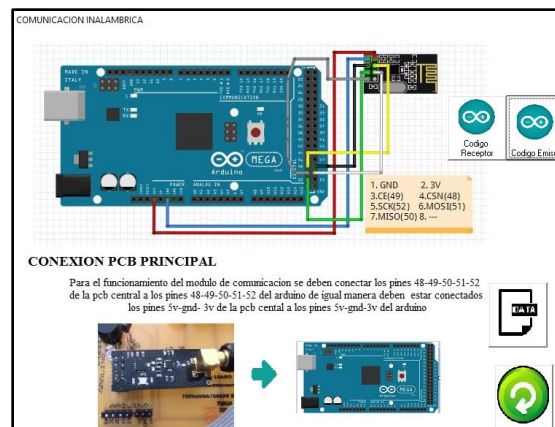
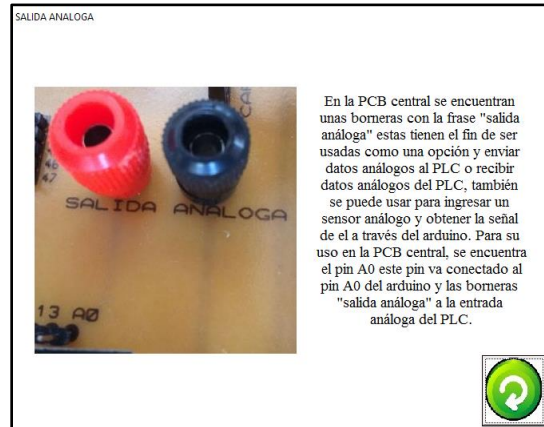


Figura 76 Módulos de comunicación.  
Fuente: Autor.

- Válvulas y bombas: Explica la conexión de las válvulas y las bombas dando como ejemplo un programa en Arduino. Ver Figura 58 y 55
- Sensores: Explica el funcionamiento y la conexión de todos los sensores dándoles como ejemplo un programa en Arduino a cada sensor. Ver Figura 64
- Actuadores: Explica el funcionamiento y la conexión del motor y el ventilador dando como ejemplo un programa en Arduino de funcionamiento Ver Figura 60

- Salida análoga: Se implementaron dos borneras con el fin de ingresar u obtener una señal análoga del Arduino; al hacer click sobre este botón se despliega la información y la foto de estas borneras. *Ver Figura 77*



*Figura 77 Señal análoga.*

*Fuente: Autor.*

## Opción: Ejemplos

Al desplegar esta opción se encontrarán los símbolos de los ejemplos desarrollados en diferentes programadores para dar al usuario una idea de lo que se puede realizar con los módulos como se indica en la Figura 78; cada símbolo tiene la explicación del ejemplo, al hacer click sobre estos símbolos se abrirá la carpeta que contiene cada ejemplo (Figura 79).



*Figura 78 Menú ejemplos.*

*Fuente: Autor.*

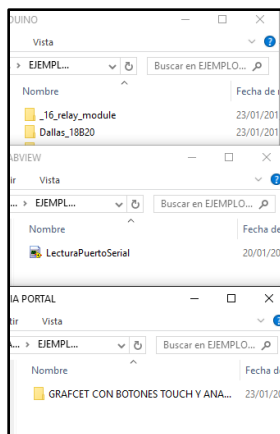


Figura 79 Carpetas que se despliegan al hacer click en los símbolos Arduino- Labview- Tia portal.  
Fuente: Autor.

### Opción: Advertencias

Al hacer click en esta opción se desplegará una serie de información importante que el usuario debe conocer para evitar riesgos y tener las precauciones adecuadas para el manejo de los modulo, lo cual impedirá accidente y/o daños de los dispositivos que componen los módulos. Ver Figura 80

**Para el adecuado funcionamiento de los módulos de fluidos se debe tener en cuenta:**

El uso inadecuado del adaptador de CA crea el riesgo de incendios y descargas eléctricas, por lo tanto:

- ❖ No ubique el cable cerca de una fuente de calor
- ❖ No tire del cable cuando desenchufe
- ❖ No use detergentes para limpiar el cable de alimentación especialmente en las partes de la clavija y de la toma
- ❖ No trate de modificar el cable ni doblarlo excesivamente
- ❖ No tuerce ni estire los cables
- ❖ No toque el adaptador mientras sus manos están mojadas, haciéndolo crea el riesgo de descargas eléctricas
- ❖ Utilice el adaptador en donde no sea salpicado por líquidos

- Realice las conexiones pertinentes antes de energizar el sistema.
- Asegúrese de que la clavija ingrese completamente al toma corriente.
- Evite el uso de manillas, anillos y/o elementos conductores en el desarrollo de las practicas.
- En caso de ver humo o chispa desenergice el sistema.
- Si decide usar la resistencia sumergible considere que el modulo puede calentarse y provocar quemaduras.

- Las cajas que soportan los circuitos están hechas en acrílico evite golpes fuertes y la caída de las mismas.
- Es importante tener un espacio apropiado para realizar las conexiones se recomienda que la base donde se decida ubicar los módulos sea firme y estable.
- Los sensores y las conexiones son delicadas por favor manipule con cuidado
- El golpe de alguna de las piezas generara daños inmediatos en la misma.

- Evite ingerir alimentos mientras se este trabajando con los módulos, un derrame de liquido o migajas pueden ocasionar un corto.
- Asegúrese que los tanques no tengan derrames que puedan ocasionar daños, en caso de algún derrame, desenergice inmediatamente y seque el área afectada.
- Infórmese adecuadamente de los valores de voltaje que soportan los sensores, no suministre mas voltaje del permitido, de lo contrario estos se dañaran de inmediato.

Figura 80 Advertencias.  
Fuente: Autor.

### Opción: Manual técnico

Al hacer click en este botón se abrirá un archivo un archivo .pdf, el cual tiene información más detallada acerca de los módulos y su funcionamiento.

## **CAPITULO 8: Dimensión ética**

La Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, proyecta la promoción de profesionales idóneos y competentes en la formación investigativa, aportando soluciones tecnológicas a la sociedad en el campo de la instrumentación médica e industrial, las telecomunicaciones, la automatización y el control, permitiendo un desarrollo sostenible, enmarcado dentro de la comprensión humanista cristiana de Santo Tomás (PEP, capítulo 1).

La formación integral es el desarrollo de todos los aspectos de la persona como ser biológico, social, cultural y trascendente, por ello la universidad fomenta aspectos que mejoran el desarrollo de la personalidad, fortaleciendo el crecimiento moral e intelectual de los estudiantes en sus diferentes programas. Fomentar la investigación en diferentes métodos es uno de los puntos clave de nuestra universidad la cual lleva a encontrar una actitud crítica y creadora que logre generar nuevos conocimientos que incidan en la transformación positiva de la sociedad colombiana. Por ende, el objetivo principal de este proyecto es construir una pareja módulos de fluidos que permita realizar prácticas de laboratorio dirigidas a fortalecer el aprendizaje en instrumentación, automatización y control de variables de nivel y temperatura partiendo del presupuesto que es asignado para la facultad, lo que permite que la inversión sea realmente provechosa para los estudiantes durante su desarrollo de actividades en los diez semestres del programa.

La educación está muy ligada a la ética en especial en el Proyecto Educativo Institucional (PEI) que ha definido la Universidad Santo Tomás, desde el ingreso al entorno universitario genera cuestionamientos relacionados con la carrera que hemos escogido y la misma universidad, y si esto en realidad va a llenar nuestras expectativas, por esta razón la universidad Santo Tomás nos acoge como “Neotomasimos” y nos ofrece un ideal educativo, con espacios apropiados y evidencia el pensamiento Tomista desde el momento de la inducción, por esto consideramos que nuestro proyecto es adecuado y está acorde con la misión de la universidad para aportar soluciones a las problemáticas y necesidades de nuestra comunidad académica, para poder realizar aportes a la sociedad que generen progreso y un aumento representativo por el gusto hacia la ingeniería electrónica y proyectos relacionados en esta área del saber.

En cuanto al aprendizaje significativo se debe recordar que el objetivo fundamental de la educación es ayudar a desarrollar las potencialidades intelectuales, sensitivas, afectivas y físicas de los estudiantes y para ello el instrumento esencial es el estímulo cognitivo donde intervienen, el estudiante, el maestro y el ambiente tecnológico, en éste los alumnos se arriesgan, deciden, descubren, estimulan, crean,

buscan, comparten y sistematizan. El maestro es guía: planifica, ejecuta, da ejemplo, instruye, dialoga, asesora y el ambiente libera, favorece, provoca, anima, inspira y estimula.

Con los vertiginosos avances de la modernidad, el estudiante actual quiere tener acceso a didácticas innovadoras y especialmente al constante desarrollo industrial y aplicaciones tecnológicas de este mundo cambiante. Así la enseñanza se ha convertido en un reto para el docente ya que constantemente debe formarse para asumir las exigencias científicas y técnicas que demanda el mundo en este momento; el aprendizaje significativo, los trabajos prácticos y de campo, son actividades de consolidación o aplicación práctica, que se deben desarrollar una vez que el estudiante posea la competencia, haya adquirido una habilidad o una destreza o aprendido a realizar un proceso, una tarea o una operación básica.

A través del control de aprendizaje, el docente podrá monitorear avances en diferentes áreas de la Ingeniería Electrónica, como el control, la instrumentación, los sistemas dinámicos, la automatización entre otros. Por tal razón la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja busca promover este tipo de estrategias de aprendizaje significativo el cual detalla en el modelo pedagógico que *“la docencia constituye la actividad más notoria y cotidiana de cualquier institución educativa. La universidad Santo Tomás, no niega la importancia activadora y estimuladora de esta tarea, que impulsa tanto la investigación como la proyección social”* que enriquezcan el conocimiento de los ingenieros en formación, por medio de la facultad de ingeniería electrónica, la cual cuenta con herramientas necesarias para que el estudiante pueda establecer retos que mejoren su agilidad en el desarrollo de algoritmos y logren brindar a una industria soluciones eficaces; por consiguiente se pretende emular físicamente un ambiente industrial a escala a través de módulos de fluidos ya que incorporan comunicaciones, permiten medir y controlar diferentes variables y señales tanto análogas como digitales que logran ser un apoyo en el cumplimiento de las temáticas que se deben llevar a cabo en áreas como automatización, instrumentación y control, brindándole al docente y a los estudiantes, ir de la teoría a la práctica.

La institución cuenta con una sólida base económica y administrativa que permite que componentes como la docencia, la investigación, la proyección social y el mejoramiento de la infraestructura tengan un desarrollo y evolución acorde con los objetivos institucionales, es por esto, que cada facultad tiene asignado un presupuesto para la generación de proyectos que impacten en alguno y varios de los ítems mencionados anteriormente, este proyecto se busca generar un impacto en la proyección social a través de la investigación de soluciones que mejoren el aprendizaje de los estudiantes.

El PEI enfatiza el perfil de los egresados como expertos en delimitar problemáticas y, por tanto, como agentes activos orientados a la búsqueda de soluciones y alternativas concretas para resolver los problemas y necesidades tanto regionales como nacionales. La educación “polémica” es vista como una

opción institucional que abarca todos los niveles del modelo pedagógico inclusive en el campo de la investigación. Su antecedente histórico se remite a la metodología investigativa y expositiva en la obra de Tomás de Aquino, especialmente en la Suma Teológica.

En la perspectiva de Tomás de Aquino y de la tradición pedagógica dominicana, el rol y la función del maestro no puede ser unilateral y autoritaria, ni la actividad del alumno puede concebirse como un activismo protagónico en solitario, sino que juntos entran en un proceso constructivo y amigable de diálogo e interacción colaborativa y respetuosa con respecto al aprendizaje y la adquisición del saber. En esta perspectiva:

*“El maestro no produce en el discípulo la luz intelectual ni produce tampoco directamente las ideas, sino que mediante la enseñanza mueve al discípulo para que él mismo por la virtud de su propio entendimiento, forme las concepciones inteligibles, cuyos signos le expone exteriormente”*

La relación estudiante-docente en la facultad tiene como base el respeto, el cual es sólido y es importante para que el estudiante considere que sus responsabilidades sean coherentes con los tiempos de entrega establecidos y que las inquietudes que se presenten en el desarrollo de los proyectos puedan ser resueltas de la mejor manera. El desarrollo de los módulos didácticos influye en el bien común de la facultad, incluyendo a los estudiantes que intervengan y a las aplicaciones que se logren para dejar en alto el nombre y la posición de la facultad a nivel regional y hasta nacional promoviendo así el desarrollo de la creatividad y las nuevas tecnologías desde los laboratorios que nos brinda la universidad, permitiendo además la enseñanza a colegios de zonas rurales y/o urbanas para que se motiven a seguir la línea de la electrónica y las ingenierías, provocando así un impacto social acorde a la formación tomista.

A nivel laboral, un ingeniero electrónico suele desenvolverse en varias ramas, entre ellas, la automatización industrial y es por esto que el diseño de los módulos didácticos le permite al estudiante desarrollar algoritmos e identificar el funcionamiento de sensores a través de distintos programadores lo que lo incentivan a tener un mayor agrado hacia la electrónica; es muy importante que la facultad haya decidido dedicar el presupuesto asignado a proyectos de este tipo, ya que le serán útiles a muchos estudiantes durante varios semestres.

El desarrollo de este prototipo cuenta con la intervención de varios ingenieros, lo cuales aportaron diferentes sugerencias para lograr obtener un producto que logre con las expectativas de los estudiantes, de la relación con el docente, y con la dimensión del panorama de aprendizaje y enseñanza tomista. Este módulo didáctico funciona de manera sencilla y eficaz para que el estudiante, guiado por el docente pueda desarrollar numerosas aplicaciones en las áreas afines a la electrónica, en las cuales se fortalecerá la creatividad e interés por la innovación y el desarrollo de este mundo con tecnología cambiante.

## CAPITULO 9: Costos

Este capítulo, abarca de manera general, el costo de los módulos de fluidos. En el siguiente listado se muestra los elementos primordiales para el funcionamiento de los módulos.

*Nota:* en este listado no se muestran valores de elementos secundarios como la fabricación y diseño de baquetas y componentes de baja potencia.

Tabla 5 Costos generales del proyecto.

DESCRIPCIÓN	CANT	V. UNIT	V.TOTAL
Base en calibre 16 con platina para anclaje de motor (Estructura).	2		\$1,860,000
Montaje de motor con aspa de batido.			
Recipientes de diámetro 4" PVC + agujero para sensores.			
Recipientes de diámetro 2" PVC + agujero para sensores.			
Cauchos de seguridad para bordes filosos de radio 55mm.	6	\$10,000	\$60,000
Cauchos de seguridad para bordes filosos de radio 30mm.	6	\$7,000	\$42,000
Metal geomotor 70:1 ref: POL-1105.	2	\$78,300	\$156,600
Válvula solenode 12V- 3/4 ref: ROB-10456.	6	\$30,000	\$180,000
Válvula solenode 12V- 1/2 ref: EV12V-NC-1/2.	6	\$30,000	\$180,000
Bombas universales 12v.	12	\$15,000	\$180,000
Sensor de nivel de líquido ref: Sen-Nivel.	30	\$13,793	\$413,790
Tarjeta con 16 relevos ref: TAR-RELAY.	2	\$65,517	\$131,034
Arduino MEGA 2650 REV 3.	2	\$122,000	\$122,000
Caja acrílica para Arduino MEGA.	2	\$16,000	\$32,000
Caja acrílica para soporte de los circuitos.		\$22,000	\$44,000
Caja acrílica para soporte de DIMMER.		\$12,000	\$24,000
Adaptador DC 12v.	2	\$29,500	\$59,000
Transformadores de corriente alterna.	2	\$24,000	\$48,000
Sensor de proximidad HCSR04.	2	\$9,000	\$18,000
Sensor de hum. y temp. DTH22.	2	\$26,000	\$52,000

Sensor de flujo YF-S201.	2	\$28,000	\$56,000
Sensor de Temp. DS18B20.	2	\$6,500	\$13,000
Ventilador a 12v.	2	\$4,800	\$9,600
Resistencias sumergibles 120V.	2	\$3,500	\$7,000
NRFL2401 –KM.	2	35000	\$70,000
Banana negra hembra.	40	\$500	\$20,000
Banana roja hembra.	30	\$500	\$15,000
Banana macho fuente.	48	\$500	\$24,000
Adaptador DC hembra-Bornera.	2	\$1,800	\$3,600
		<b>TOTAL</b>	\$3,820,624

## CAPITULO 9: Alcances y limitaciones

Los sensores de nivel YF-S201 trabajan bajo ciertos valores de voltaje y temperatura permitidos, se recomienda no aplicar más de 100 VDC para evitar daños en dicho sensor, se sugiere mantener el dispositivo en temperaturas entre -10 a 85 °C, su corriente de switcheo es de 0,5 A. Para mantener el nivel de los líquidos de manera apropiada y evitar derrames se han establecido niveles máximos de capacidad de cada uno de los tanques, tanque inferior de 6,12 L, los tanques grandes de 1,5 L y tanques pequeños 330 mL, la ubicación de los tanques debe coincidir con los orificios presentes en la parte superior de la estructura, se debe recordar que estos tanques son fabricados en PVC, por lo cual no pueden almacenar líquidos con temperaturas superiores a los 60 °C.

El Triac empleado en el Dimmer es de referencia BTA41, el cual soporta 40 A y trabaja de 600 a 800 V, se recomienda no hacer uso de estos niveles de voltaje, ya que los demás elementos del sistema no soportan estos rangos de alimentación como es el caso de la carga. En cuanto al MOC3021, su diseño está dirigido a soportar 5 V DC para su activación. Los sensores implementados en el módulo de fluidos van interconectados a un PCB, estos sensores están predeterminados en su diseño para funcionar directamente con programadores tales como Arduino, por lo cual su alimentación es de 5 V DC, se recomienda que estos sean alimentados directamente desde la placa ya mencionada; otra alternativa es utilizar un regulador de voltaje LM7805.

El sistema de fluidos cuenta con uno sistema de comunicación inalámbrico, el cual funcionan con un voltaje máximo de 3,3 V DC, se recomienda tomar este voltaje directamente de la placa de Arduino, puesto que esta suministra dicho valor de alimentación para evitar el daño del dispositivo. La PCB denominada “Aislamiento DC” es una placa diseñada para ser alimentada a 12 V DC, para la

alimentación de las cargas (bombas, motor y ventilador), este valor de alimentación no debe ser superior, ya que los elementos que intervienen están diseñados para soportar 12 V DC como voltaje máximo, para la activación de la etapa de aislamiento a través de pulsos, se debe ingresar un valor no superior a los 5 V DC.

El módulo de 16 relays presente en la caja principal de los módulos de fluidos está diseñados para ser alimentados a 12 V DC, pero para la activación de cada Relay es necesario enviar valores 0 y 1 desde el Arduino con una alimentación de 5 V voltios y un rango de corriente entre 15 mA y 25 mA.

## CONCLUSIONES

- Se construyeron dos módulos de fluidos enfocados a la fabricación de suavizante de telas, el cual permite realizar diferentes prácticas de laboratorio de una manera fácil, rápida y didáctica; fortaleciendo conocimientos en las áreas de instrumentación, automatización y control, estos módulos permiten el control de variables tales como nivel, temperatura, humedad y flujo, a partir de actuadores tales como bombas, electroválvulas, ventiladores y motores.
- Después de haber definido que la fabricación de suavizante de telas es un proceso industrial acorde para medir distintas variables se realizaron dos módulos didácticos con un tamaño no superior a un metro apropiado para los espacios provistos en el laboratorio D con conexiones cómodas hacia el PLC, los sensores y actuadores acordes con la estructura, permitiendo así que se lleve a cabo el proceso industrial con el que se decidió trabajar y quedando al alcance de quienes desean realizar distintas aplicaciones a partir de dichos módulos.
- Considerando los espacios disponibles para la ubicación de los dos módulos de fluidos con la altura, el ancho adecuado y un material resistente (acero inoxidable) para soportar las características del proceso industrial, se logró evitar riesgos de derrames o derretimientos por calor, con una capacidad apropiada para que el contenido de los tanques ubicados en la parte superior fuera almacenado en la parte inferior en su totalidad, brindando así un funcionamiento apropiado para la mezcla propuesta.
- Con el desarrollo de las bases de los módulos se incorporaron los actuadores y captadores que fueran de fácil manejo desde un microcontrolador Arduino o desde un PLC, cada módulo se conformó con 6 electroválvulas y 6 bombas para permitir la variación de flujo; un motor, un ventilador y una resistencia sumergible; respecto a los sensores se incorporó un sensor Dallas con el fin de controlar la temperatura del líquido, un sensor DTH 22, el cual da a conocer la temperatura ambiente y la humedad relativa, un sensor de flujo y un sensor de distancia el cual da el nivel del tanque grande en acero inoxidable, finalmente se incluyeron módulos de comunicación para permitir enlazar ambos módulos o con un computador inalámbricamente.

- Con los módulos ya finalizados se realizaron diferentes pruebas y ejemplos de funcionamiento, en Arduino se realizaron los códigos base que permiten comprobar el funcionamiento de varias partes de los módulos, desde Tia portal se creó una interfaz simulando el proceso industrial de suavizante de telas, y por ultimo con la ayuda de Labview se obtuvieron y almacenaron datos enviados desde los sensores por comunicación serial.
- Los módulos de fluidos didácticos le brindarán al estudiante la posibilidad de realizar un sin número de aplicaciones en las diferentes áreas de la ingeniería electrónica durante su proceso de formación como profesional, la ubicación de los sensores y el proceso sobre el cual se está trabajando, permitiéndole identificar el comportamiento de distintas variables como la temperatura, la humedad, el flujo y el nivel de un tanque respecto al tiempo; en el presente informe se muestra el ejemplo del tiempo de llenado del tanque inferior de la estructura, a través de los datos obtenidos por el puerto serial y graficado en Excel, se encontró el tiempo de respuesta del sistema y se graficó el comportamiento dando como resultado un sistema primer orden, a través de Matlab se comprobó dicho comportamiento mediante la curva característica.
- Los módulos didácticos cuentan con una caja principal donde se ubicaron los componentes necesarios de manera clara y lúdica, los cuales fueron de fácil manejo y entendibles al usuario logrando aprovechar al máximo los elementos que intervienen en aplicaciones de las diferentes áreas de la electrónica y afines a ella.
- El protocolo de limpieza es importante para dar a conocer al estudiante la manera adecuada de mantener los módulos y la planta en general libre de fuentes de contaminación, cada vez que se utilicen deben quedar libres de las sustancias con las cuales se trabajó, este protocolo menciona que los líquidos que se utilizan para el proceso a realizar deben ser biodegradables y no contener elementos de riesgo biológico para no impactar el medio ambiente, además se muestran algunas recomendaciones de como limpiar y de no alarmarse en casos como la oxidación, por lo cual se indica la manera de solucionar este problema, finalmente este protocolo da sugerencias de cómo y dónde emplear y/o desechar los residuos.
- Se diseñó un menú interactivo con el fin de facilitar el manejo de los módulos desarrollado en visual Basic 6, en él se encuentra la explicación de cada captador y actuador de los módulos donde se brinda al usuario instrucciones claras que le indican el adecuado manejo de los módulos en lo que se abarcan las dimensiones, modo de uso, ejemplos, especificaciones eléctricas, cuidados y el protocolo de limpieza que se deben tener en cuenta.

- En el manual técnico y en el menú interactivo así como en la apariencia física de los módulos se indican una serie de advertencias que son necesarias tener en cuenta, ya que los circuitos están expuestos a líquidos que pueden generar accidentes en los estudiantes, se recomienda hacer énfasis especial en la divulgación de dichas advertencias para prevenir cualquier tipo de accidente, por esta razón existe persistencia, en el menú interactivo y por medio de calcomanías en caso de no ser leído el manual técnico con anterioridad.

## **RECOMENDACIONES**

Para el uso de los módulos didácticos se recomienda realizar la lectura del manual técnico que se encuentra como anexo del documento, es importante alimentar el sistema con los voltajes que se han previsto para el correcto funcionamiento y la vida útil de los elementos que intervienen en el sistema, de igual manera se recomienda recurrir a los ejemplos en caso de alguna duda con la programación.

El archivo ejecutable “Sistemadefluidos.exe” da un recorrido a manera general de como armar y conectar los circuitos como corresponde para hacer un adecuado uso a los módulos y los elementos que lo integran, en caso de que alguno de los elementos presente daños o sea desconectado se debe remitir al manual técnico en cual se encuentra en la Facultad de Ingeniería Electrónica junto a un video que explica cómo realizar las conexiones que se encuentran en menor detalle tanto en el archivo ejecutable como en el manual técnico.

## Referencias

- ALF. (22 de Febrero de 2015). *microsysoftware*. Obtenido de <http://microsysoftware.blogspot.com.co/2015/02/dimmer-digital-de-3-niveles-de.html>
- Arduino. (2014). <http://playground.arduino.cc/>.
- Arduino. (s.f.). <http://arduino.cl/>.
- Bocanegra, C. O. (2009). La revolución de la riqueza. *Región y sociedad*, 241-246.
- Boylestad, N. (2003). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. En N. Boylestad. Pearson.
- Bug, M. (s.f.). *OpenHardware*.
- C., E. V. (s.f.). Actuator. *aie*.
- Carrod electronica*. (s.f.).
- Control, A. P. (s.f.). *Arduino*. Obtenido de <http://playground.arduino.cc/Main/ACPhaseControl>
- Creus, A. (2011). *Instrumentación industrial*. Barcelona: marcombo.
- Espinosa, A. (s.f.). *Curso abierto de instrumentacion industrial*. Obtenido de <http://instrumentacion.herokuapp.com/>
- Hoffman, R. D. (s.f.). *Peristaltic pumb*. Obtenido de <http://www.animatedsoftware.com/pumpglos/peristal.htm>
- Ingenieria de Control. (2006). En W. Bolton, *Mexico* (pág. 125). Alfaomega.
- Mandado Pérez, E., Acevedo, J. M., & Quiroga, J. A. (2004). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. Mexico: Alfaomega.
- Mitzner, K. (2009). Complete PCB design using OrCAD Capture and PCB editor. Elsevier. En K. Mitzner.
- mother nature network*. (21 de septiembre de 2012). Obtenido de <http://www.mnn.com>
- Nave, M. O. (s.f.). Efecto Hall. En HyperPhysics.
- Naylamp. (s.f.). *Tutorial sensor flujo de agua*. Obtenido de [http://www.naylampmechatronics.com/blog/47\\_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html)
- Penin, A. R. (2012). *Sistemas SCADA*. Barcelona: marcombo.
- Pérez, E. L. (s.f.). *Ingenieria en microcontroladores, Protocola RS-485*.
- Pirobloc*. (2014).
- Quintana, P. D. (2016). *blogspot.com*.
- Quintero, E. (2012). *ASC Parts*.

Romero, C., Vázquez, F., & de Castro, C. (2010). *Domotica e inmótica, viviendas y edificios inteligentes*. RA-MA Alfaomega.

Saboya, N. G. (2016). Normas de comunicación en serie: RS-232, RS-422 y RS-485. *Ingenio libre*, 86.

Siemens. (2015). *Simatic S7-1200 Easy Book*. Alemania: Siemens.

Siemens. (s.f.). *Siemens.com*.