

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO DE SENSORICA ETAPA CINCO  
PARA LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**DANIEL ESTRADA RODRÍGUEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FALCUTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA MECATRÓNICA  
MEDELLÍN  
2014**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO DE SENSORICA ETAPA CINCO  
PARA LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**DANIEL ESTRADA RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecatrónica**

**Asesor:**

**Guillermo Carvajal Rincón**

**Maestría en Gestión Energética Industrial (C)**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FALCUTAD DE INGENIERÍA**

**TECNOLOGÍA MECATRÓNICA**

**MEDELLÍN**

**2014**

### **Texto de agradecimiento**

Le agradezco primeramente a mi familia por haberme apoyado y estar animando constantemente para realizar lo propuesto, le agradezco de corazón a los profesores que estuvieron guiándome por el camino del conocimiento, y a todas las personas que con sus granos de aporte me ayudaron a realizar lo propuesto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GENERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. REFERENTES TEÓRICOS	16
4.1 SENSORES	16
4.2 MOTORES PASO A PASO	33
4.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE LOGO DE SIEMENS	40
5. METODOLOGÍA	43
5.1 TIPO DE PROYECTO	43
5.2 MÉTODO	43
5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	43
5.3.1 Fuentes primarias	43
5.3.2 Fuentes secundarias	43
6. RESULTADOS DEL PROYECTO	44
7. CONCLUSIONES	48
8. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
CIBERGRAFÍA	51
ANEXOS	52

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1 Secuencias para controlar motores paso a paso bipolares</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 2 Características de los sensores a utilizar</b>	<b>45</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1 Sensor de temperatura Im35</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2 Terminales del sensor de temperatura</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3 Conexión básica sensor de temperatura (+2°C a +150°C)</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4 Conexión de rango completo de sensor Im35</b>	<b>18</b>
<b>Figura 5 Circuito del Im35 (micro controlador)</b>	<b>20</b>
<b>Figura 6 Sensor de movimiento infrarrojo PIR</b>	<b>21</b>
<b>Figura 7 Conexión sensor de movimiento PIR</b>	<b>22</b>
<b>Figura 8 Circuitos del sensor PIR</b>	<b>23</b>
<b>Figura 9 Sensores capacitivos</b>	<b>23</b>
<b>Figura 10 Características del funcionamiento del sensor capacitivo</b>	<b>24</b>
<b>Figura 11 Utilizaciones en la industria del sensor capacitivo</b>	<b>26</b>
<b>Figura 12 Circuito del sensor capacitivo</b>	<b>27</b>
<b>Figura 13 Campo magnético cambiante</b>	<b>28</b>
<b>Figura 14 Comportamiento de la onda osciladora</b>	<b>29</b>
<b>Figura 15 Distancia de detención del sensor inductivo</b>	<b>29</b>
<b>Figura 16 Ejemplos de aplicación sensores inductivos</b>	<b>31</b>
<b>Figura 17 Sensor inductivo</b>	<b>32</b>
<b>Figura 18 Sensor de choque</b>	<b>33</b>
<b>Figura 19 Imagen de un estator de 4 bobinas</b>	<b>34</b>
<b>Figura 20 Circuito equivalente a un puente H</b>	<b>34</b>
<b>Figura 21 Motor paso a paso bipolar</b>	<b>35</b>
<b>Figura 22 Medidas del motor paso a paso bipolar</b>	<b>36</b>
<b>Figura 23 Secuencia Normal del motor paso a paso unipolar</b>	<b>37</b>
<b>Figura 24 Secuencia tipo wave drive del motor paso a paso unipolar</b>	<b>38</b>
<b>Figura 25 Secuencia del tipo medio paso motor paso a paso unipolar</b>	<b>39</b>

	<b>pág.</b>
<b>Figura 26 Controlador lógico programable LOGO de Siemens</b>	<b>40</b>
<b>Figura 27 Estructura del logo 230 RC</b>	<b>42</b>
<b>Figura 28 Medidas del modulo de sensorica</b>	<b>44</b>

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A Manual de usuario</b>	<b>52</b>
<b>Anexo B Imágenes de los impresos a utilizar</b>	<b>57</b>
<b>Anexo C Realización de los impresos</b>	<b>60</b>
<b>Anexo D Pegado del rotulado y de los sensores</b>	<b>61</b>

## GLOSARIO

**Exactitud:** Se refiere a que tan cerca del valor real se encuentra el valor medido. En términos estadístico, la exactitud está relacionada con el rango de una medición.

**Impedancia:** se dice que es la forma como se mide las variables de un determinado proceso, tomando como referencia dicha unidad de medición, De esta manera al medir una fuerza se puede tener una velocidad, de la misma forma que al medir caudal hay una caída de presión, al medir una temperatura hay un flujo de calor y al medir una corriente eléctrica se tiene una caída de potencial en el sensor.

**Precisión:** Precisión se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión. Una medida común de la variabilidad es la desviación estándar de las mediciones y la precisión se puede estimar como una función de ella.

**Repetibilidad:** Diferencia entre varias medidas realizadas en las mismas condiciones de material y de medio ambiente por el mismo operador en un periodo de tiempo corto. Las medidas se efectúan por desplazamiento de la punta y regreso a la posición inicial de manera homogénea. Valor expresado generalmente en micras.

**Resolución:** Resolución, se refiere al número de bits empleados para representar en un medio, una imagen, sonido o magnitud, esta cantidad nos indica con cuanto detalle se puede apreciar la imagen o sonido.

**Unidad Sn:** unidad utilizada para la distancia nominal de detención del sensor inductivo.

**Variable esfuerzo:** Se entiende como variable esfuerzo, aquella que debe ser medida desde dos puntos -como el potencial o la presión- y como variable de flujo, aquella que se mide desde un solo punto, como el caudal o la corriente eléctrica. Para el caso de un elemento que se pueda describir de manera lineal, la impedancia de entrada  $Z(s)$ , es definida como el cociente entre la transformada de Laplace de una variable esfuerzo y de la variable flujo asociada. Siendo  $Z(s)$  variante con la frecuencia. Entonces para tener el menor error por carga posible que la impedancia sea la mínima, si “a” es una variable esfuerzo, la impedancia estará definida por:

$$Z(s) = \frac{a(s)}{b(s)}$$

## **RESUMEN**

El presente trabajo pretende investigar sobre los tipos de sensores empleados en la industria de automatización, por lo que se analizó el funcionamiento de los diversos tipos de sensores. El análisis pretende demostrar algunas, cualidades, aplicaciones, limitantes y ventajas de los sensores.

El trabajo presenta un marco teórico con los principales fundamentos necesarios para entender los métodos empleados para transducir magnitudes físicas en parámetros útiles para su interpretación. Dicha parte del trabajo ejemplifica los métodos más comunes en la práctica, así como figuras ilustrativas para procurar un mejor entendimiento de la investigación.

El trabajo presenta el diseño del módulo de sensorica a realizar, el cual presenta los componentes necesarios para aplicar los conocimientos adquiridos para lograr el tipo de automatización deseada por el estudiante, el logo Siemens es el cerebro de la automatización, con este el estudiante logrará entender, aplicar y utilizar el módulo para lograr automatizar cualquier cosa utilizando por ende las entradas y las salidas del logo como las quiera programar.

Las conexiones del logo Siemens constarán de que los sensores utilizados en el módulo son las entradas del logo y de acuerdo con la programación del estudiante se activarán los motores paso a paso los cuales simularán situaciones de la vida real.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto se realiza con el fin de enfocar al estudiante de Mecatrónica del Pascual Bravo, más en la automatización, cuyos principios fundamentales son los sensores partiendo desde lo más fundamental para así realizar grandes proyectos automatizados por medio de estos.

En la vida cotidiana podemos observar las aplicaciones de los sensores ya que la utilización de estos la podemos encontrar en cualquier parte, así nuestra vida se hace más cómoda, quien no ha pasado por una puerta de un almacén y ésta se abre sola para permitirnos la entrada, otro gran ejemplo de la aplicación la vemos a diario en el Metro, cuando se pone la tarjeta cívica en el lector, este lee el saldo y deja pasar, esta es una forma muy cómoda y ágil para ingresar al Metro.

Los sensores a más de comodidad nos brindan seguridad, un ejemplo cotidiano lo encontramos en los ascensores ya que estos cuentan con un sensor en la puerta, cuyo funcionamiento se basa en que si hay algo o alguien en la puerta este no se cierra, otro ejemplo lo encontramos en los almacenes cuya salida cuenta con un sensor que se activa cuando se saca un producto sin ser pagado.

La aplicación de estos sensores es tan amplia que nos ayuda a recolectar datos de entrada o señales que son procesadas para provocar una salida esperada, el avance de la electrónica y la informática permitió desarrollar dispositivos electrónicos inteligentes que cumplirán con la labor de monitorear y controlar las variables del proceso de una manera precisa sin la intervención del operario y garantizar las especificaciones sin importar la complejidad del proceso que sea.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La Institución Universitaria Pascual Bravo se encuentra en un mejoramiento estructural del campus académico, este campus cuenta con laboratorios de soldadura, mecánica industrial, mecánica automotriz, mecatrónica, eléctrica entre otros.

Vemos la importancia que tiene cada uno de estos laboratorios en el proceso de enseñanza de los estudiantes, y la manera en que se tiene que adecuar la Institución, con instalaciones que respondan al desarrollo tecnológico de la época y lo que vemos en la industria, por ende se diseñará un módulo de sensorica para facilitar el aprendizaje de los estudiantes de mecatrónica, mejorando así su laboratorio

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PLOBLEMA.**

¿Está el laboratorio de Mecatrónica del Pascual Bravo equipado con los instrumentos necesarios para el aprendizaje del estudiante?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La Institución Universitaria Pascual Bravo siempre ha buscado transmitir los conocimientos de una manera muy didáctica, demostrando al estudiante una forma muy cómoda y fácil para desarrollar lo aprendido en clase, aplicándolo en módulos y laboratorios.

Los módulos son aplicados para el aprendizaje con el cual el estudiante está enfrente de los componentes, los cuales le ayudarán a conocerlos y a manipularlos, esto conlleva a que en la práctica se desenvuelvan con más fluidez y confianza aplicando lo aprendido.

El Pascual Bravo en estos momentos está en auge de crecimiento en cuanto a su laboratorio de mecatrónica, con el módulo se aportará otra pequeña pero gran herramienta para el crecimiento de este.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar, diseñar e implementar un módulo de sensorica para el laboratorio de mecatrónica del Pascual Bravo, para facilitar la aplicación de los conocimientos adquiridos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Diseñar un módulo que cuente con sus propios sensores y su propio circuito.

Realizar herramientas didácticas para que el estudiante del Pascual Bravo resuelva dudas y soluciones que le sirvan para la vida y su trabajo.

Clasificar los sensores según su principio de funcionamiento, tipos de señal, construcción y variable física medida.

Implementar el módulo de control por medio del módulo de sensórica.

Involucrar a los estudiantes a tomar conciencia para seguir creando más módulos didácticos.

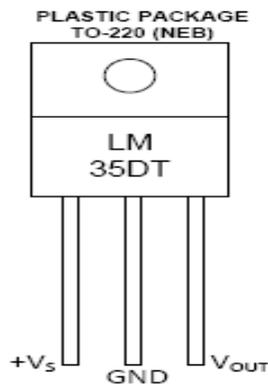
## 4. REFERENTES TEÓRICOS

### 4.1 SENSORES

Un sensor es un dispositivo que convierte una señal de un tipo a otro, es decir convierte una magnitud en otra que resulte más apta para el análisis de un fenómeno físico.

Los seis tipos de señales más usuales en el control industrial son: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares. El sensor sirve para convertir un tipo de señal en otro, veremos a continuación los tipos de sensores a utilizar en el módulo de sensorica:

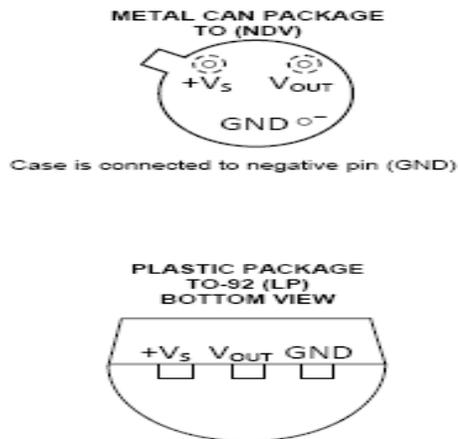
**Figura 1. Sensor de temperatura lm35**



Fuente: <http://blog.utp.edu.co/jnsanchez/files/2011/03/LM351.pdf>

En la figura 1 se muestra detalladamente las terminales de funcionamiento del sensor donde: GND es la tierra del circuito, Vs es el voltaje de alimentación, Vout es el voltaje de salida (mv), donde sale la temperatura para ser medida.

**Figura 2. Terminales del sensor de temperatura**



Fuente: <http://blog.utp.edu.co/jnsanchez/files/2011/03/LM351.pdf>

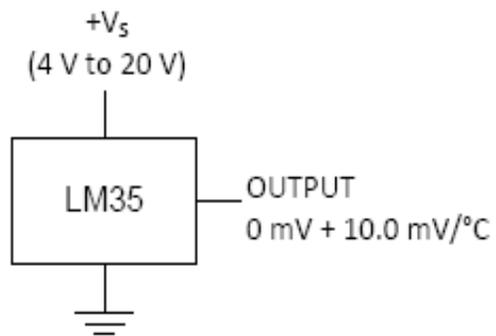
Sensor que mide temperatura directamente en  $^{\circ}$  Celsius tomando como referencia su escala en factor lineal, su precisión esta calibrada desde  $1^{\circ}C$ , teniendo un rango que esta desde los  $-55^{\circ}C$  a  $+150^{\circ}C$ , este rango de trabajo del sensor de temperatura indica que tenemos un buen rango de mediciones tanto en temperaturas bajas ( $-55^{\circ}C$ ) como a altas temperaturas ( $+150^{\circ}C$ ).

El sensor cuenta con una salida lineal que equivale a  $10\text{mv}/^{\circ}C$  por lo tanto, la salida del sensor está dada en mv, es decir, que de acuerdo a la temperatura el sensor la saca en esta unidad (mv), con base a esto se obtiene lo siguiente:

$+1500\text{mv}$  equivalen a  $^{\circ}C$ ,  $+250\text{mv}$  equivalen a  $25^{\circ}C$  –  $250\text{mv}$  equivalen a  $-55^{\circ}C$ .

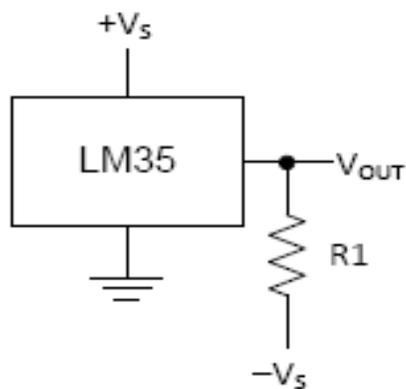
Unas de las características es su bajo costo en el mercado, opera entre 4 y 30 voltios de alimentación y su auto calentamiento es muy bajo.

**Figura 3. Conexión básica sensor de temperatura (+2°C a +150°C)**



Fuente: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

**Figura 4. Conexión de rango completo de sensor lm35**



Fuente: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

En la figura 4 se muestra la conexión para aprovechar el total del rango del Im35 dicho anteriormente, con la conexión se obtiene lo siguiente:

$$R1 = -VS / 50 \mu A$$

$$VOUT = 1500 \text{ mV} = 150^{\circ}\text{C}$$

$$VOUT = 250 \text{ mV} = 25^{\circ}\text{C}$$

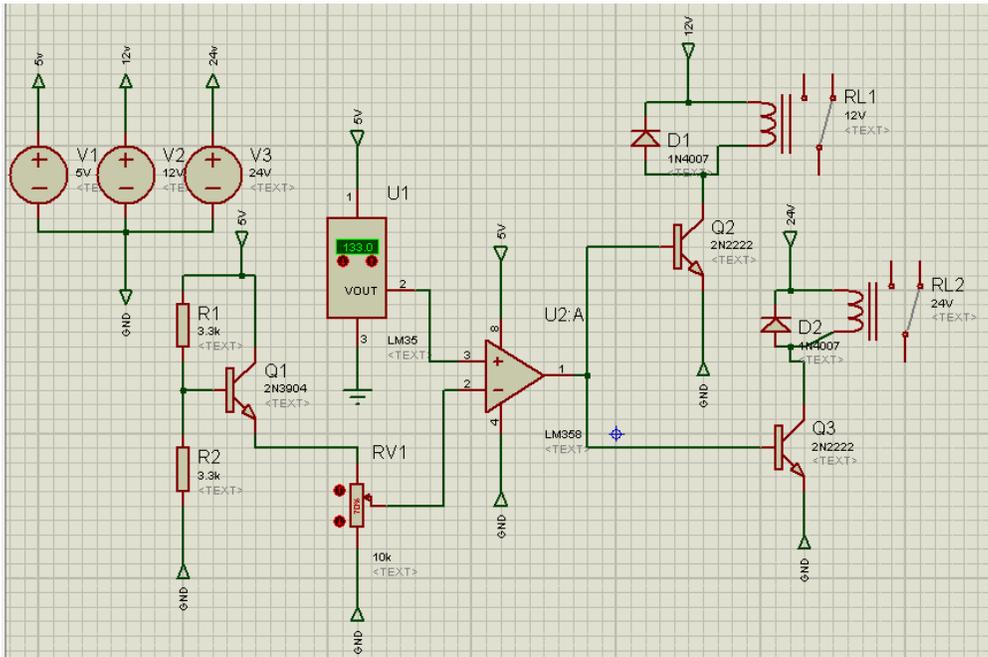
$$VOUT = -550 \text{ mV} = -55^{\circ}\text{C}.$$

El sensor Im35 cuenta con una salida totalmente análoga, esto presenta un pequeño problema para conéctaselo al logo, debido a que las entradas de este son totalmente digitales, por ende se realizara un circuito presentado en la figura 5 donde por medio de un amplificador operacional Im358 mandará las señales al PLC.

Otra gran ventaja del montaje es que cuenta con dos relevos, uno mandará una señal de 12v y el otro una señal de 24v, esto se realiza para conectar cualquier tipo de PLC.

La simulación del circuito se realizó por medio de Proteuz 7 siendo esta una gran herramienta de estudio de circuitos, ya que cuenta con muchos componentes para realizar montajes, una gran ventaja es que nos permite ver la simulación en tiempo real.

**Figura 5. Circuito del Im35**



Simulación en el SoftwareProteus 7.1

El sensor PIR “Passive Infra Red” en la figura 6 se muestra el sensor; este es un dispositivo piroeléctrico que mide cambios en la radiación emitida por los movimientos a su alrededor en una distancia de 6 metros.

Su uso y utilización son muy simples de acuerdo a que como respuesta al movimiento, el sensor cambia el nivel lógico de un “pin”, una gran ventaja es el bajo costo y reducción del tamaño, son muy utilizados en sistemas de alarmas, iluminación controlada por movimiento y aplicaciones de robótica.

**Figura 6. Sensor de movimiento infrarrojo PIR**



Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/sen0018.pdf>

Estos dispositivos que utilizan los piroeléctricos, poseen unos elementos fabricados de un material cristalino el cual genera una carga eléctrica cuando se expone a la radiación infrarroja.

El funcionamiento básico del sensor de debe a que contiene unos filtros especiales llamados lentes de Fresnel que enfocan las señales infrarrojas sobre el elemento, cuando estas señales infrarrojas del ambiente donde se encuentra el sensor cambian rápidamente, el amplificador activa la salida para indicar movimiento. Esta salida es totalmente digital y nos permitirá la activación en la terminal positiva del amplificador operacional Im358 (in+ terminal numero 3), el cual compara esta señal con la terminal (in- terminal numero 2) la cual está conectada directamente a tierra, portal motivo sacara un pulso positivo por la terminal (out número 1) estará conectada hacia la base de un transistor PNP 2n2222; activando esta, el transistor dejara pasar corriente de su conector hacia su emisor activando las bobinas del relevo (ver figura 8).

Al instalar el sensor requiere una calibración debido a que el realiza un reconocimiento de las condiciones propias del ambiente donde se instala, se recomienda dejarlo entre 10 y 60 segundos, se realiza esta recomendación para que el estudiante realice esta calibración a la hora de utilizar el modulo.

El sensor PIR cuenta con tres terminales, dos de ellas se utiliza para la alimentación y la otra es la salida de detención de movimiento, la figura 7 muestra la conexión y los tres terminales.

El voltaje de alimentación del PIR es de 5 voltios en corriente directa,

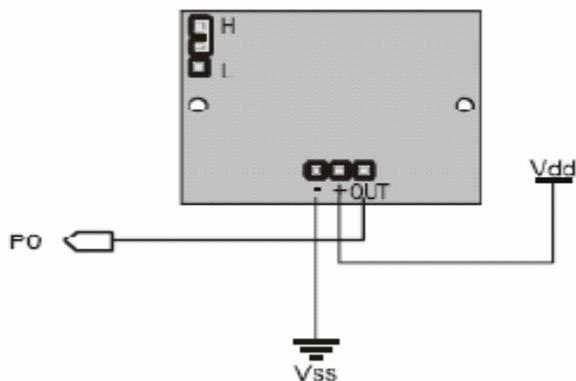
Rango de medición es de hasta 6 metros,

La salida es de un pin TTL,

Polaridad de activación de salida es seleccionable,

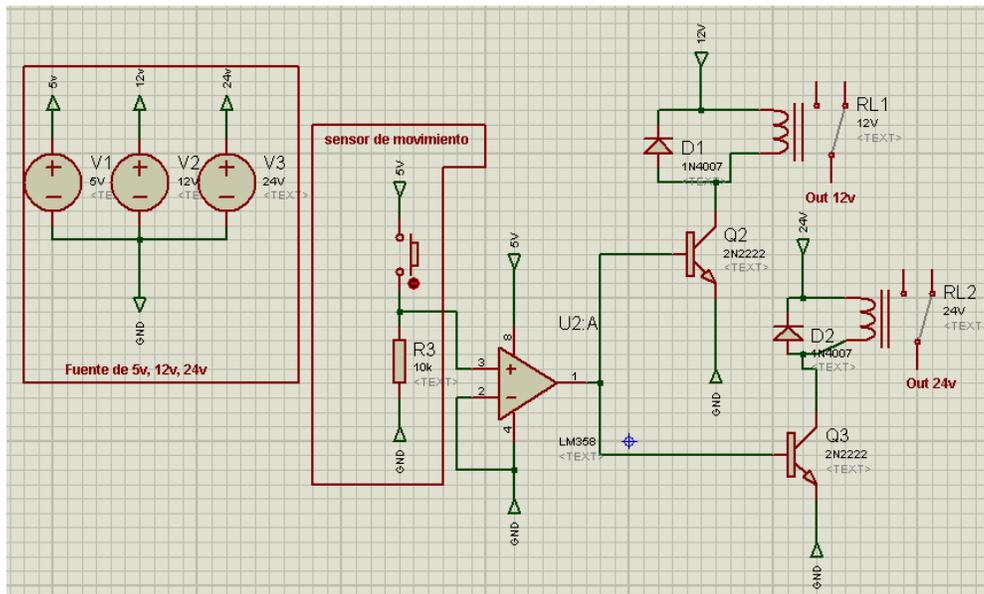
Requiere un mínimo tiempo de calibración,

**Figura 7. Conexión sensor de movimiento PIR**



Fuente: <http://pictronico.com/sensores/PIR.pdf>

**Figura 8. Circuito del sensor PIR**



Simulación en el Software Proteus 7.1

**Figura9. Sensores capacitivos**

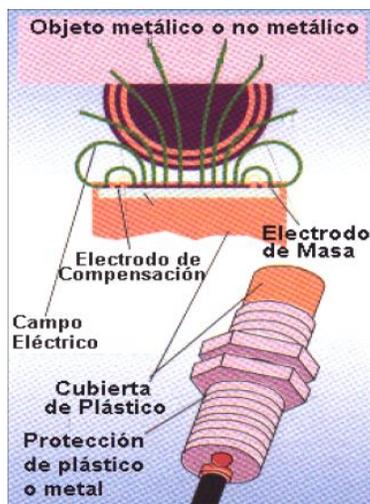


Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Capacitivos.pdf>

Estos sensores capacitivos son interruptores eléctricos que funcionan sin contacto, los cuales aprovechan el efecto que tienen los materiales como el vidrio, el papel, el plástico, aceite, agua, de aumentar la capacitancia del sensor, cuando estos se encuentran en el campo eléctrico generado por este.

Para dar mejor explicación al fenómeno tomamos la figura 10 donde se muestra que los sensores capacitivos constan de un condensador que genera un campo eléctrico, siendo este condensador parte de un circuito resonador, cuando un objeto se acerque a este campo la capacidad aumenta y el circuito empieza a resonar.

**Figura 10. Características del funcionamiento del sensor capacitivo.**



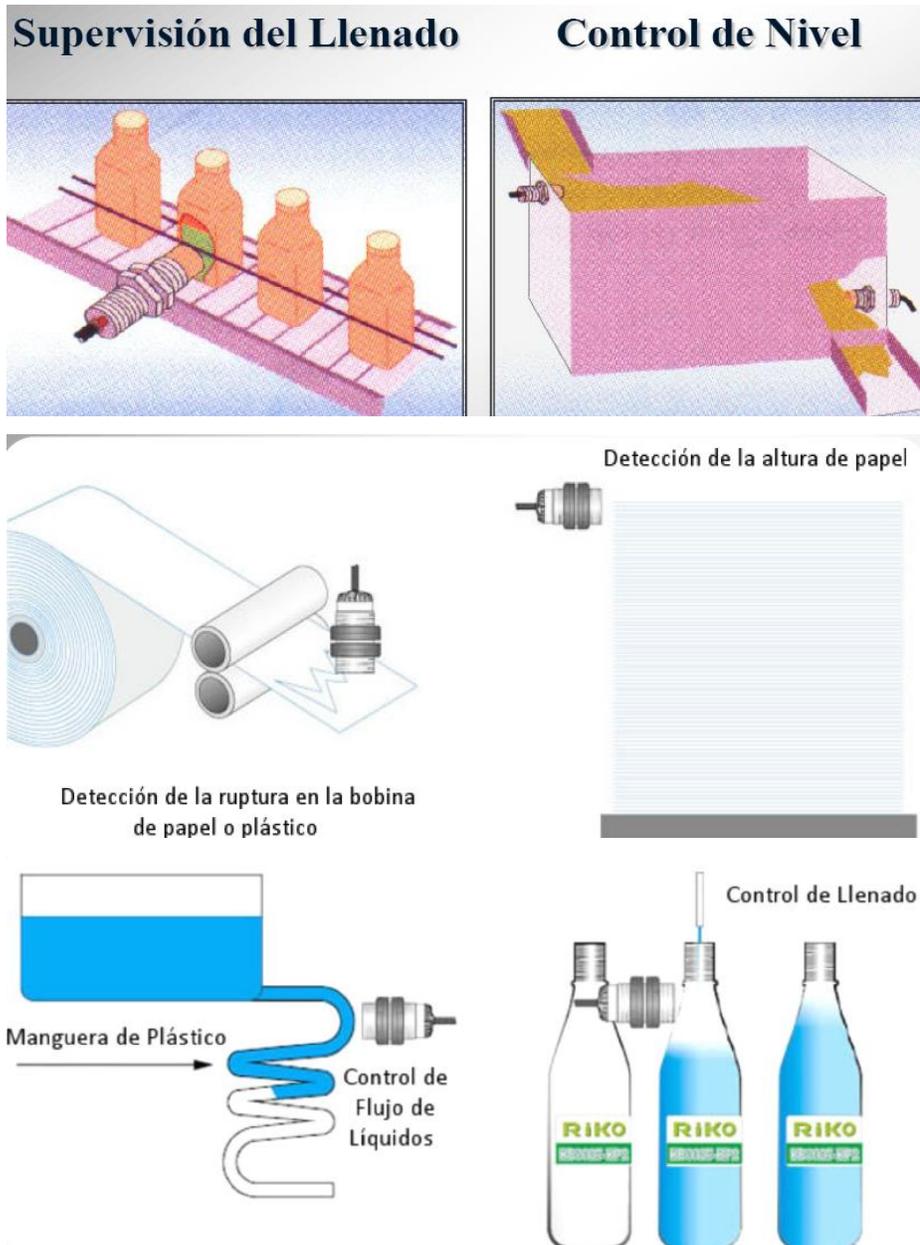
Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Capacitivos.pdf>

Los sensores capacitivos reaccionan a todos los materiales que posean un campo constante.

Su límite de distancia a detectar es el valor mínimo reproducible del cambio de capacitancia es de 0.1pF, es decir, por eso los sensores capacitivos no tienen dimensiones tan pequeñas como los inductivos; este campo de detención se puede ajustar debido a un potenciómetro.

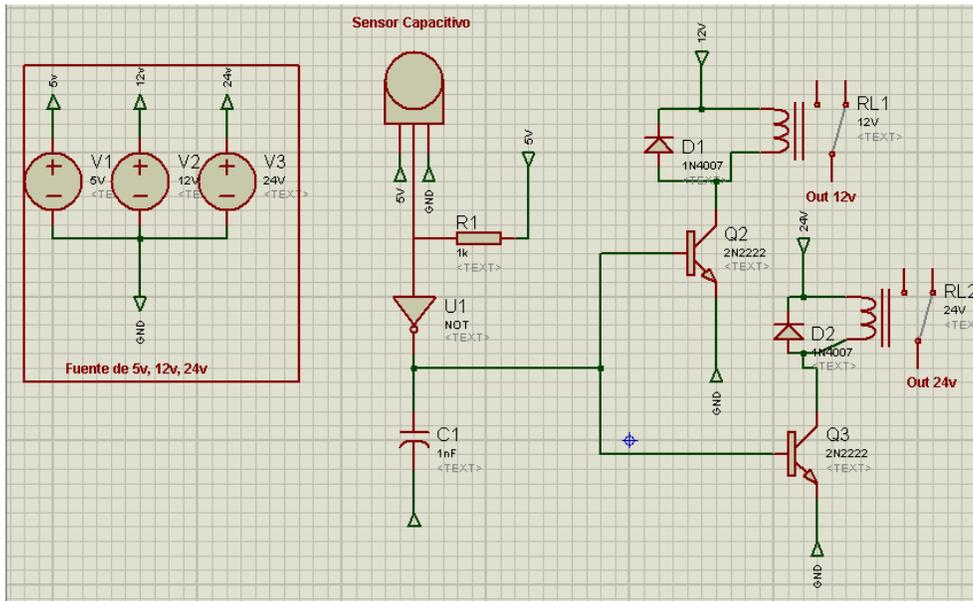
Estos sensores son muy utilizados a nivel de la industria, son ideales para controlar procesos automatizados, como para indicar el llenado de un tanque, de un líquido en cierto recipiente, para indicar el llenado de comida.

Figura 11. Utilizaciones en la industria del sensor capacitivo.



Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Capacitivos.pdf>

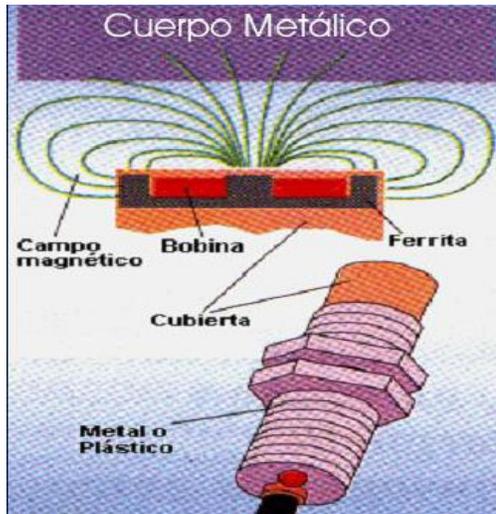
**Figura 12. Circuito del sensor capacitivo**



### Simulación en el Software Proteus 7.1

Los sensores inductivos son dispositivos electrónicos que trabajan sin contacto, los cuales no solo mandan señales ON-OFF si no que también mandan una señal análoga de la posición del objeto a sensar. Este sensor genera un campo magnético cambiante por medio de una bobina la cual forma parte de un circuito resonante, la función básica del sensor es que si una pieza de metal entra en la zona del campo magnético cambiante, se generan pérdidas de corrientes circulantes en la pieza (figura 13).

**Figura 13. Campo magnético cambiante**



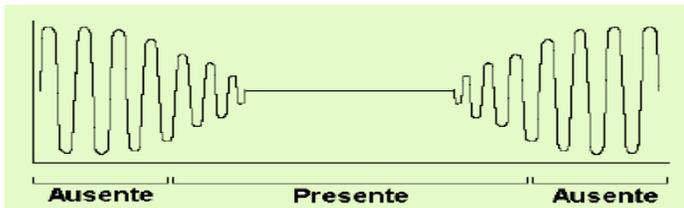
Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Inductivos.pdf>

Un sensor inductivo básicamente consta de tres partes principales: Oscilador, Schmitt-Trigger, salida, la bobina forma junto con la capacitancia un oscilador, que genera según el sensor una frecuencia de resonancia entre 0.5 hasta 1.5 MHz.

Cuando un objeto metálico altera el flujo magnético generado por la bobina este presenta pérdidas que impiden que el circuito continúe resonando, por ende el sensor se activa, la distancia de activación como en los sensores capacitivos, se ajusta por medio de un potenciómetro.

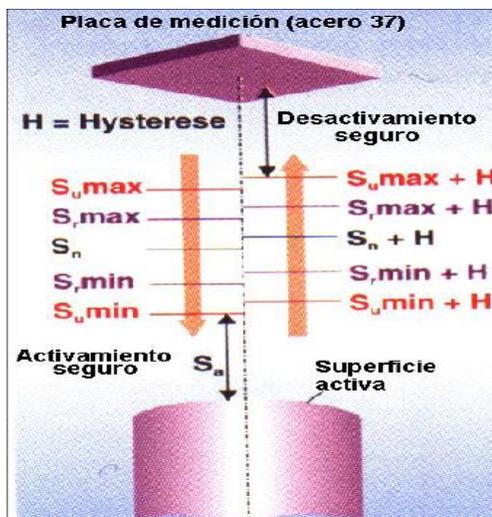
Estas pérdidas del voltaje, hacen que la amplitud de oscilación sea más pequeña, por ende esta es la señal análoga que el sensor manda, en la figura 14, se muestra cómo actúa la onda de oscilación cuando un objeto se está acercando y cuando se aleja.

Figura 14. Comportamiento de la onda osciladora



Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Inductivos.pdf>

Figura 15. Distancia de detención del sensor inductivo



Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Inductivos.pdf>

La distancia de detención depende directamente del tamaño de la bobina y tipo de construcción del sensor dada por el fabricante, por regla general el alcance del sensor inductivo es la mitad de su diámetro. En la figura 15 se muestra algunas variables de detección del sensor a un objeto de metal.

$S_n$ = Distancia nominal.

$S_r$ = Distancia Real.

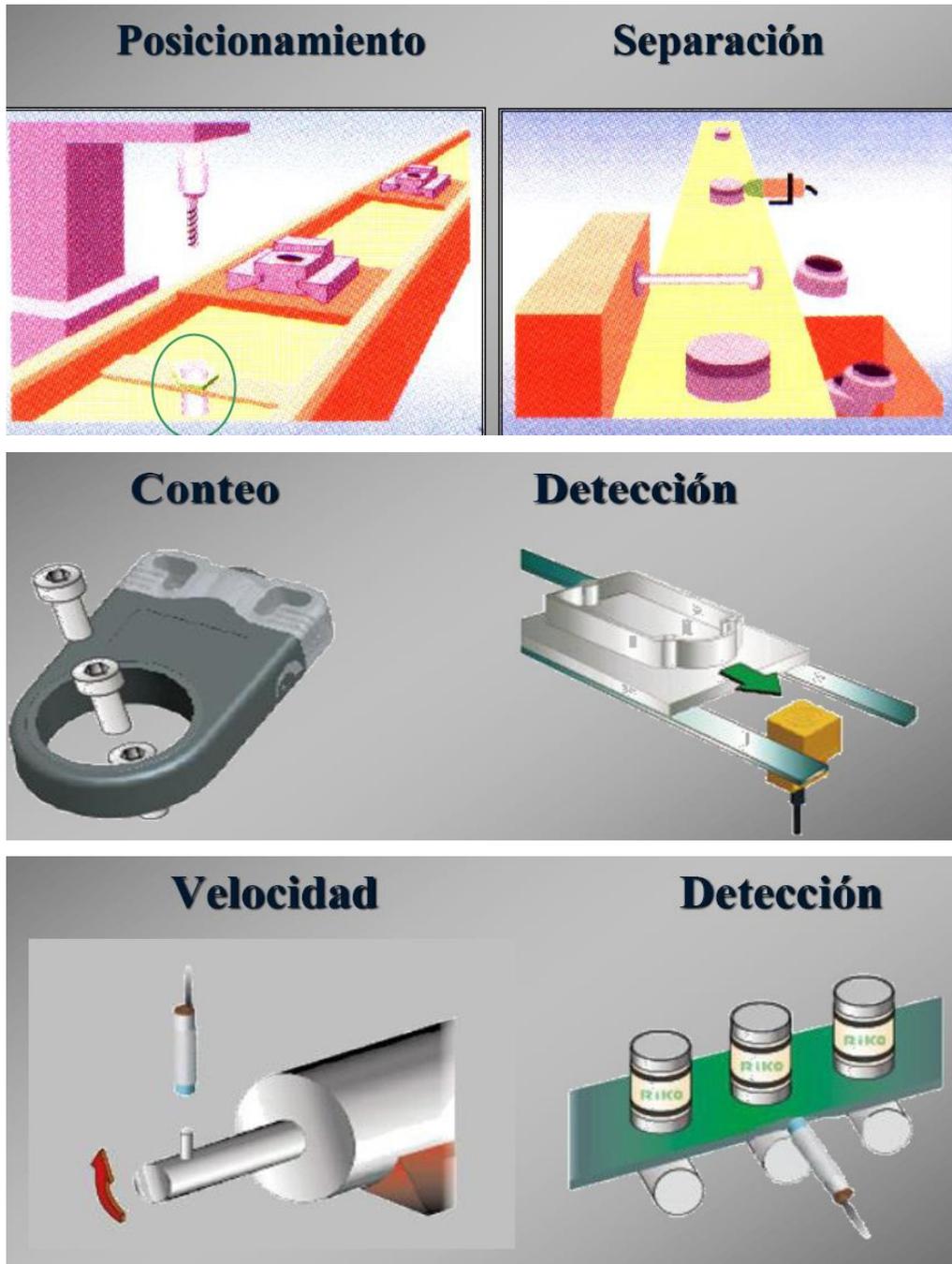
$S_u$ = Distancia útil.

$S_a$ = Distancia de trabajo.

La distancia normal de esta detención se cumple, cuando se emplea un material con placa normalizadas de St37 sin embargo, si el material de detención fuese otro, esta distancia varia en materiales ferromagnéticos principalmente como por ejemplo, hierro, cobalto, níquel y sus aleaciones.

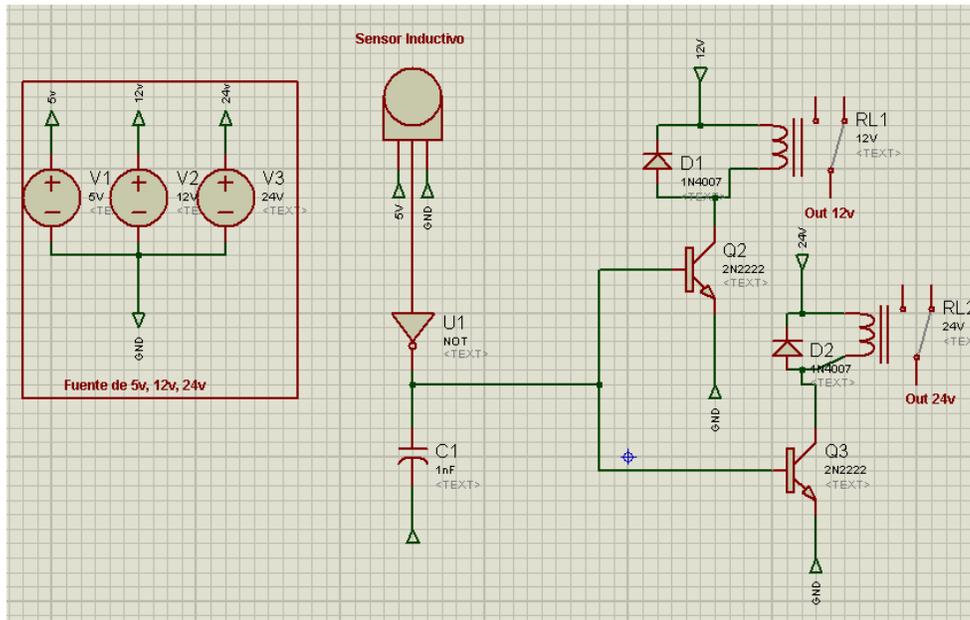
Latón	$S_n \times 0.5$
Aluminio	$S_n \times 0.45$
Cobre	$S_n \times 0.4$
Cromo-Níquel	$S_n \times 0.9$

Figura 16. Ejemplos de aplicación sensores inductivos



Fuente: <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Inductivos.pdf>

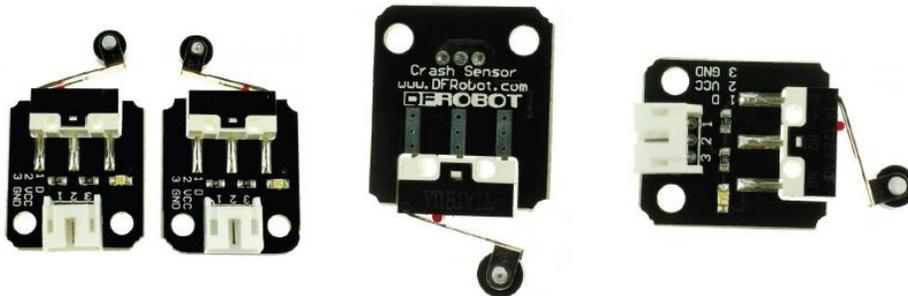
Figura 17. Sensor inductivo



Simulación en el Software Proteus 7.1

El sensor de choque (ver figura 18) es un suiche ON-OFF, el cual permitirá al estudiante definir la terminación de carrera de un objeto que este en movimiento, un ejemplo lo tendríamos en la cerradura de un garaje, cuando esta llegue a su posición de cerrado normal activará el suiche y este mandará una señal al PLC para que apague el motor.

**Figura 18. Sensor de choque**



Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/sen138l.pdf>

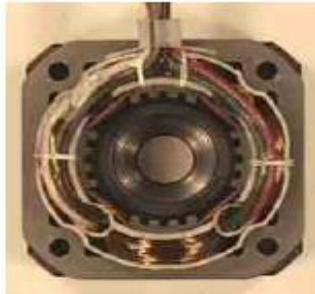
## **4.2 MOTORES PASO A PASO**

Los motores paso a paso son muy utilizados en la fabricación de objetos que requieran mucha precisión.

Siendo su principal característica el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso aplicado, estos pasos pueden variar desde  $90^\circ$ , hasta pasos de tan solo  $1.8^\circ$ , esto quiere decir que para que el motor gire  $360^\circ$ , se necesitarán 4 pasos en pasos de  $90^\circ$  y se necesitarán 200 pasos en pasos de  $1.8^\circ$ .

Estos motores están contruidos por un rotor sobre el cual lleva imanes permanentes, y su alrededor tienes bobinas excitadoras las cuales tienen que ser externamente manejada por un controlador.

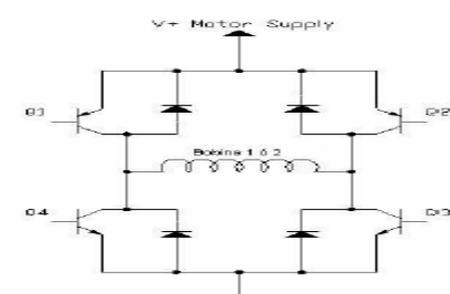
**Figura 19. Imágen de un estator de 4 bobinas**



Fuente: <http://www.docentes.unal.edu.co/hfvelascop/docs/CLASES/DIGITALES2/LABORATORIO/Motor%20Paso%20a%20Paso.pdf>

Motores paso a paso bipolares tienen dos bobinas (generalmente cuatro salidas), para su manejo de cambio de dirección se pueden utilizar varias maneras de acuerdo al programa que el estudiante diseñe en el PLC, uno de los trucos para el cambio de giro de este motor es haciendo un puente H (figura 19).

**Figura 20. Circuito equivalente a un puente H**



Fuente: [www.docentes.unal.edu.co/hfvelascop/docs/clases/digitales2/laboratorio](http://www.docentes.unal.edu.co/hfvelascop/docs/clases/digitales2/laboratorio)

Para dar una secuencia en estos tipos de motores se necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada, donde cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida, en la siguiente tabla se muestra las secuencias necesarias para controlar motores paso a paso bipolares.

**Tabla 1 Secuencias para controlar motores paso a paso bipolares.**

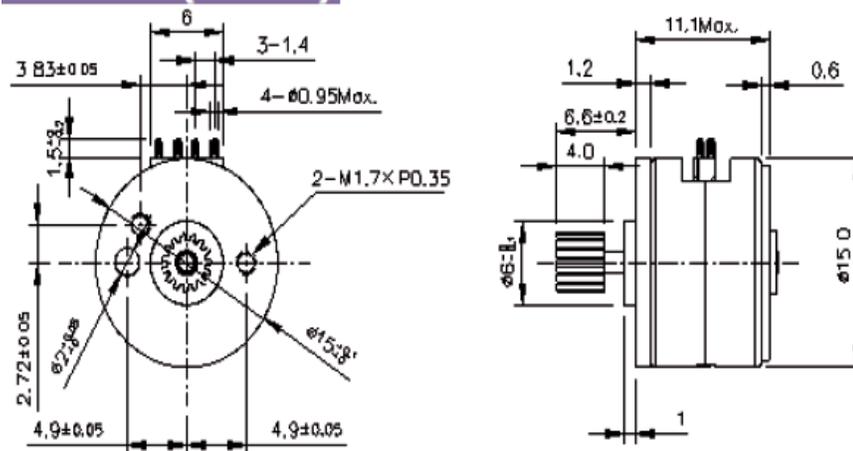
Paso	Terminales			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

**Figura 21. Motor paso a paso bipolar**



Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/mpp5vb.pdf>

**Figura 22. Medidas del motor paso a paso bipolar**



Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/mpp5vb.pdf>

Las características de los motores paso a paso bipolares son:

Giro de 18° por paso

Resistencia de 12 ohmios

Fase 2 2

Torque 42 gf cm

Referencia: mpp5vb

Precio: \$4550 cada uno.

Motor paso a paso unipolar son más fáciles y cómodos para ponerlos en funcionamiento, debido a que cuentan con 6 cables para controlar sus dos bobinas teniendo dos cables normalmente llamados comunes los cuales parten la bobina en dos tendiendo así cuatro paso.

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez al cansado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

La secuencia normales la más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

**Figura 23. Secuencia Normal del motor paso a paso unipolar**

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/mpp12vu.pdf>

La secuencia del tipo wave drive se activa solo una bobina a la vez, en algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. Pero al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

**Figura 24. Secuencia del tipo wave drive del motor paso a paso unipolar**

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/mpp12vu.pdf>

La secuencia del tipo medio paso se da cuando se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real, para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como vemos en la figura 25 consta de 8 movimientos en lugar de 4.

Figura 25. Secuencia del tipo medio paso motor paso a paso unipolar

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	
7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

Fuente: <http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/mpp12vu.pdf>

### 4.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE LOGO DE SIEMENS

El logo siemens es un controlador lógico universal el cual tiene en su interior unos integrados, temporizadores y marcas de memoria digitales y analógicas, cuenta con unas entradas y unas salidas, estas pueden ser usadas de acuerdo a los parámetros del usuario.

La utilización del logo es muy variada, pero lo mas importante es que permite automatizar procesos, utilizando sensores para indicar cambios en el sistema.

**Figura 26. Controlador lógico programable LOGO de Siemens**



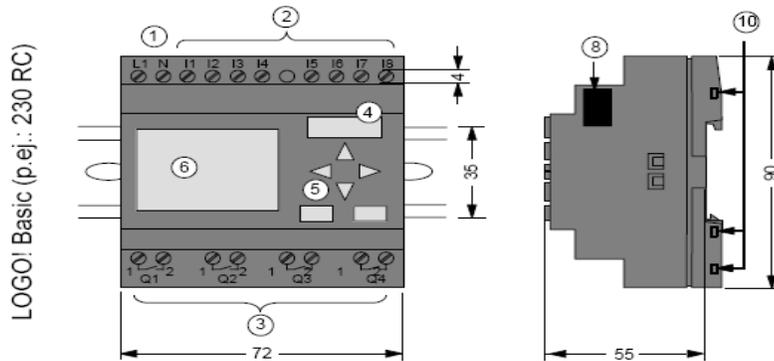
Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/LOGO.aspx>

Las especificaciones del LOGO 230RC son: control, unidad de operación y visualización, fuente de alimentación, interfaz para módulos de programa y cable para computadora, ciertas funciones usuales en la práctica; por ejemplo activación y desactivación temporizada y relé de impulsos y reloj.

Determinada cantidad de entradas y salidas según el modelo El LOGO 230 RC cuenta con 8 entradas digitales y 4 salidas digitales por relé. Para el montaje se coloca sobre perfil normalizado, la tensión de alimentaciones de 110 Vca y debe ser alimentado separadamente de sus entradas, para lo cual las conexiones se encuentran debidamente separadas e identificadas.

Este módulo inteligente se destaca por su extraordinaria facilidad de manejo y lo tiene todo en cuanto a funcionalidades, su alta capacidad de almacenamiento y su uso eficiente de memoria, se pueden incluso manejar instalaciones complejas gracias a sus módulos de ampliación.

**Figura 27. Estructura del logo 230 RC**



Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/LOGO.aspx>

Se explica a continuación las numeraciones de la figura 27:

1. Alimentación de tensión,
2. Entradas,
3. Salidas,
4. Receptáculo para módulo con tapa,
5. Panel de mando,
6. Pantalla LCD,
7. Indicador de estado,
8. Interfaz de ampliación,
9. Codificación mecánica (clavija),
10. Codificación mecánica (hembrillas),
11. Guía deslizante.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 TIPO DE PROYECTO

El proyecto es de tipo explorativo ya que para llegar a realizar el módulo de sensórica se busca un amplio conocimiento sobre los sensores y la circuitería necesaria para lograr que los sensores saquen señales de 12v y 24v para ser conectadas al PLC.

### 5.2 MÉTODO

Las simulaciones fueron muy importantes ya que se necesito probar todos los circuitos, su eficiencia y eficacia a la hora de utilizar los sensores.

### 5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**5.3.1 Fuentes primarias:** Este proyecto se realiza por la falta de módulos didácticos en el laboratorio de mecatrónica, el estudiante no cuenta con las herramientas necesarias para un aprendizaje óptimo en automatización, siendo este un factor de gran importancia para la industria.

**5.3.2 Fuentes secundarias:** Para completar la investigación se utilizo: Libros, consultas con los laboratoristas, diarios de campo, la web.

## 6. RESULTADOS DEL PROYECTO

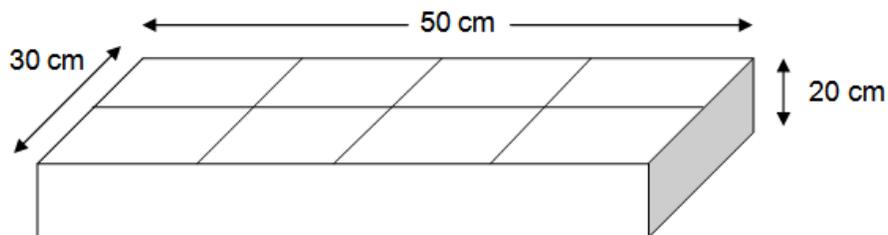
El Módulo de sensorica quinta etapa esta proyectado para facilitar el aprendizaje de los estudiantes de la Institución universitaria Pascual Bravo, teniendo énfasis en la automatización de procesos mediante la activación de los sensores utilizados en dicho módulo, de acuerdo al programa montado en un PLC el cual activará sus salidas de acuerdo a la secuencia lógica establecida por el estudiante.

AL iniciar la construcción del módulo de sensórica se tuvo un gran inconveniente al la hora de escoger los sensores a utilizar debido a que existen demasiados sensores en el mercado, se busca y se le preguntan a los laboratoristas y se detallan los sensores a utilizar (ver tabla 1).

El material con que fue realizada la caja del módulo es el acrílico, se escoge este material por su durabilidad, se pueden observar los circuitos y todo lo que lo compone, las marcaciones fueron hechas en láminas en acrílico de color rojas y otras negras.

Las medidas establecidas para el modulo son las siguientes: 50 cm de ancho,30 cm de largo,20 cm de alto.

**Figura 28 medidas del modulo de sensorica**



Realizado en: Software powerpaint

**Tabla 2. Características de sensores a utilizar**

Sensor	Referencia	Salida	Voltaje de alimentación	Precio Valor unitario \$
Sensor de temperatura	Lm35	Análoga	3 a 5 vdc	20.000
Sensor de movimiento	Sen0018	Digital	3 a 5vdc	38.500
Sensor capacitivo	Sc18mm	Digital	Voltaje de línea 9 a 250 vac	52.780
Sensor inductivo	Cqs1708na	NPN-NA	10 a 30 vdc	27.600
Sensor de choque	Sen138l	Digital	5 vdc	11.500
Total \$				246.880

Cada sensor y cada motor paso a paso estarán ubicados dentro de una caja, cada uno, para poder en su cara inferior especificar con borneras las conexiones, teniendo sus debidas especificaciones (alimentación, salidas, entradas); como consecuencia de esto en la parte frontal de cada sensor tendrá las siguientes marcaciones:

Sen.movimiento: Sensor de movimiento,

Sen.choque: sensor de choque,

Sen.temperatura: Sensor de temperatura,

Sen.inductivo: Sensor inductivo,

Sen.capacitivo: Sensor capacitivo,

M.paso a paso: Motor paso a paso,

Out: salida para activar las entradas del Plc estas son dos de 12v y de 24v.

Una parte clave del módulo es que tendrá una su fuente propia para alimentar la circuitería de los sensores y las salidas para el PLC, esta fuente tendrá la capacidad de sacar 5 voltios, 12 voltios y 24 voltios, se busca esta fuente para tener un mayor complemento para que el estudiante se sienta cómodo y pueda entender de una manera fácil el funcionamiento del módulo.

Uno de los mayores inconvenientes fue unificar todas las salidas de los sensores a una salida de digital se 12voltios o 24voltios, para esto se busca asesoría, se consulta los diarios de campo, se busca información la web, y se consigue los circuitos anteriormente mencionados (ver figuras 5, 8, 12, 17), se tuvo que realizar estos circuitos primeramente en una protoboar (ver anexo c) para asegurar el buen funcionamiento de estos, para luego simularlos en el software Proteuz 7, luego de esto se realizan los diseños para poder realizar la circuitería interna de cada sensor (ver anexo b).

Luego se realizan los impresos de cada sensor, los cuales le dan vida al módulo haciendo funcionar cada sensor bajo los parámetros ya establecidos (ver anexo d).

Dando una especificación del módulo entregado en el laboratorio, tenemos en este una fuente de 5v, 12v, 24v, cinco sensores (temperatura, movimiento, capacitivo, inductivo, choque) y tres motores paso a paso; un dato muy importante a mencionar es la capacidad que el modulo cuenta para sacar dos tipos de señales por sensor, estas es una de 12v y otra de 24v, por tal motivo este módulo servirá para cualquier PLC.

El módulo terminado estará disponible en el laboratorio de Mecatrónica para ser utilizado por los estudiantes, estos principalmente serán los que cursan la tecnología de Mecatrónica, pero también podrá ser utilizado por aquellos que en su carrera tienen que ver PLC.

## **7. CONCLUSIONES**

Se realiza un módulo de sensórica para el laboratorio de mecatrónica del Pascual Bravo, el cual se entrega completo, funcionando y con manual de usuario para un buen manejo del operario.

Se concluyó que los sensores son de mucha importancia para el conocimiento de los mecatrónicos del Pascual Bravo, por ende se desarrolla este módulo para que el estudiante tenga contacto directo con los sensores y pueda aprender de una manera fácil y didáctica el como automatizar procesos de forma fácil; siendo estas las bases para ser un estudiante competentes en el campo industrial.

Al analizar todos los tipos de sensores se aprendió que hay demasiada demanda en la industria para automatizar procesos, a si se logra una idea global de cuan amplio es el campo de los sensores; el cual se transmitirá a los estudiantes para que estos sigan buscando y realizando más módulos didácticos de sensores.

## 8. RECOMENDACIONES

Una de las ventajas que incumbe a todo sensor es el ámbito de temperaturas a las cuales puede operar, para algunos sensores estos rangos son mas amplios que otros, por lo general los sensores electromagnéticos son los que logran medir mayor temperatura. Además para algunos sensores (ferromagnéticos) la temperatura de medición no puede exceder la temperatura de Curie.

Otra limitante que afecta a una gran cantidad de sensores es la influencia del ambiente como el caso de polvo, humedad, temperatura, campos tanto eléctricos como magnéticos externos y otra infinidad. Lo importante en estos casos es que muchas de estas son fuentes de errores.

Un factor a considerar es la tolerancia a condiciones industriales donde hay muchas vibraciones, polvo, humedad y temperaturas extremas, en este caso los sensores de reactancia variable funcionan mejor, los magnéticos también funcionan bien pero presentan algunos problemas con temperaturas altas. Este es un factor a considerar pues según la aplicación, la constante fricción afectaría los sensores resistivos o digitales.

Por último, el almacenamiento del módulo tendrá que ser el correcto no poner cargar pesadas sobre este y ser almacenado en un lugar fresco y fuera de la luz directa, tener en cuenta no colocarlo en un lugar donde puedan causar daño a los sensores externos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

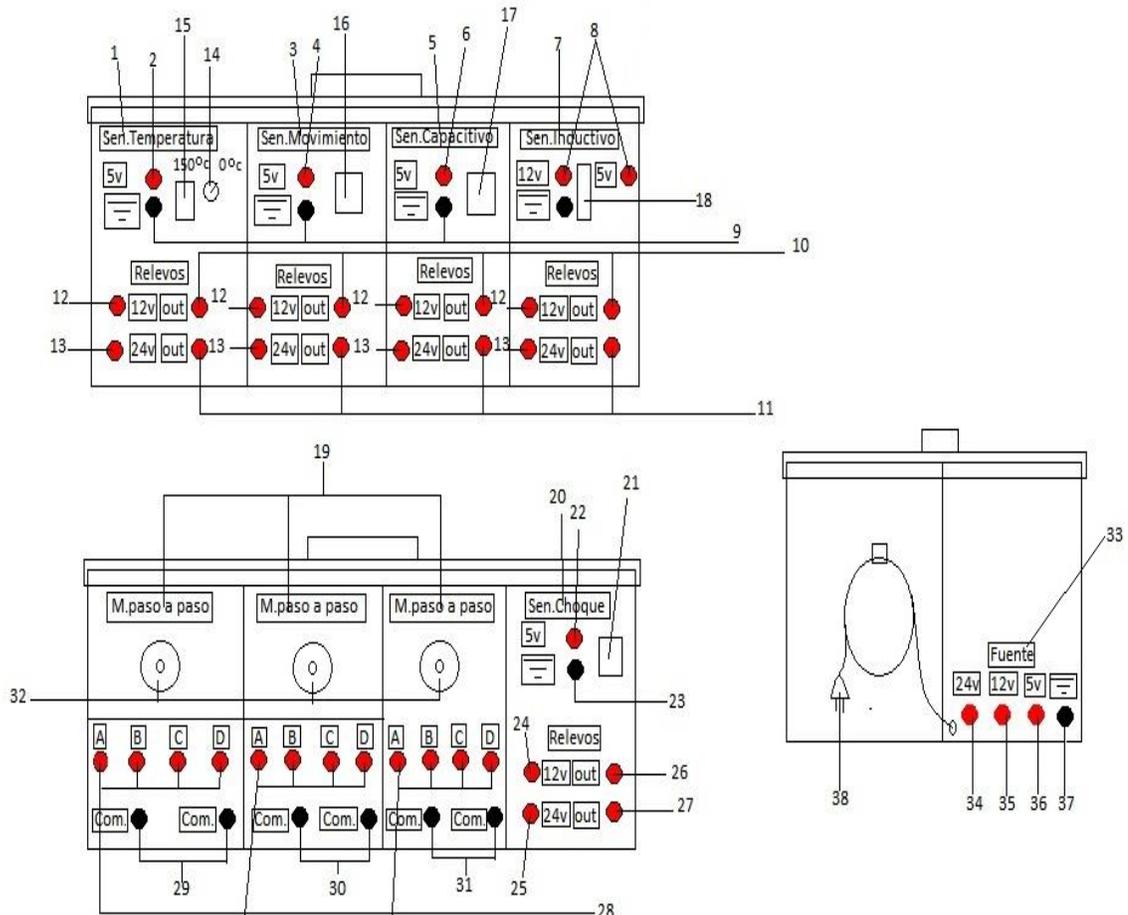
RAMÓN PALLÁS, Areny. Sensores y acondicionadores de señal, edición 4  
-----, edición 3

## CIBERGRAFÍA

<http://cristian-sensoresindustriales.blogspot.com/>  
<http://es.scribd.com/doc/12944471/plc-teoria#page=34>  
[http://www.cesnav.edu.mx/pdfs/manual\\_de\\_investigacion](http://www.cesnav.edu.mx/pdfs/manual_de_investigacion)  
<http://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Transmisores-Burkert-15716.html>  
<http://perso.wanadoo.es/aldomartin/sensor1.htm>  
<http://electronica.webcindario.com/componentes/lm35.htm>  
[http://www.sapiensman.com/medicion\\_de\\_temperatura/termocuplas2.htm](http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas2.htm)  
<http://melvybocanegracomunicacion.blogspot.com/2007/11/lm35.html>  
<http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0813t.pdf>  
[http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_general.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm)  
<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/>  
[http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/mikro\\_systemy/logo/zakladni\\_pristroje/manual\\_logo\\_0ba4\\_2003\\_en.pdf](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikro_systemy/logo/zakladni_pristroje/manual_logo_0ba4_2003_en.pdf)  
<http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Inductivos.pdf>  
<http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715753/SENSORES/TEMAS/SA%20Tema%2007%20Inductivos.pdf>  
<http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Capacitivos.pdf>  
<http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/sc18mm.pdf>  
<http://tesis.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/10542/1/111.pdf>  
[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/24\\_SENSORES\\_INDUCTIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF)  
<http://201.232.58.13/pub/internet/nuevo/cts1204na.pdf>

## Anexo A Manual del usuario

### Figura 1 Módulo de sensorica



Software Paint.

**1. Sen.temperatura:** Rotulado para nombrar el espacio del sensor de temperatura Im35, rango de medición es de 0 °C a 150°C.

**2. 5V:** Bornera para alimentar la circuitería del sensor de temperatura (5 voltios).

**3. Sen.movimiento:** Rotulado para nombrar el espacio del sensor de movimiento PIR, rango de detención de movimiento es de 6 metros.

4. **5v:** Bornera para alimentar la circuitería del sensor de movimiento (5 voltios).
  
5. **Sen.capacitivo:** Rotulado para nombrar el espacio del Sensor capacitivo, su rango de detención es de 1cm.
  
6. **5v:** Bornera para alimentar la circuitería del sensor capacitivo (5 voltios).
  
7. **Sen.inductivo:** Sensor inductivo, su rango de detención es de 1cm.
  
8. **12v, 5v:** Borneras para alimentar la circuitería y el sensor capacitivo, (para poner a sensor es necesario poner dichos voltajes) (5 voltios para la circuitería, 12 voltios para el sensor).
  
9.  $\overline{\text{=}}$  : Tierras de los circuitos, se toma directamente de la tierra de la fuente.
  
10. **out:** Puertos de salidas de los sensores, de 12 voltios para el PLC, para poder obtener esta salida es necesario alimentar el puerto #12 de dicho sensor.
  
11. **out:** Puertos de salida de los sensores, de 24 voltios para el PLC, para poder obtener esta salida es necesario alimentar el puerto # 13 de dicho sensor.
  
- 12.**12v:** Puertos de alimentación de los relevos de 12 voltios para ser activados por la señal del sensor a utilizar, este sacará una señal de 12 voltios por el puerto #11.
  
- 13.**24v:** Puertos de alimentación de los relevos de 24 voltios para ser activados por la señal del sensor a utilizar, este sacará una señal de 24 voltios por el puerto #12.

- 14. Potenciómetro:** varía la temperatura de detención del sensor Im35.
- 15. sensor Im35:** Sensor de temperatura Im35.
- 16. sensor movimiento:** Sensor de movimiento PIR Sen0018.
- 17. Sensor capacitivo:** Sensor capacitivo Sc18mm.
- 18. Sensor inductivo:** Sensor inductivo Cqs1708na.
- 19. M. paso a paso:** Rotulado para indicar las posiciones de los tres motores paso a paso.
- 20. Sen.choque:** Rotulado para indicar la posición del sensor de choque.
- 21. Sensor de choque:** Sensor de choque Sen138l.
- 22. 5v:** Bornera para alimentar la circuitería del sensor de choque (5 voltios).
- 23  $\overline{\text{=}}$  :** Tierra de la circuitería del sensor de choque.
- 24. 12v:** Puerto de alimentación del relevo de 12 voltios para ser activado por la señal del sensor de choque, este sacará una señal de 12 voltios por el puerto #26.
- 25. 24v:** Puerto de alimentación del relevo de 24 voltios para ser activado por la señal del sensor de choque, este sacará una señal de 24 voltios por el puerto #27.
- 26. out:** Puerto de salida del sensor de choque, de 12 voltios para el PLC, para poder obtener esta salida es necesario alimentar el puerto #24 de dicho sensor.

**27. out:** Puerto de salida del sensor de choque, de 24 voltios para el PLC, para poder obtener esta salida es necesario alimentar el puerto # 25 de dicho sensor.

**28 A, B, C, D:** partes de las bobinas de los motores paso a paso las cuales son energizadas de a cuerdo a los pasos que deseemos (ver figura 2).

**29-30-31: Com. :** Son los comunes de las bobinas de los motores paso a paso (ver figura 2).

**32. Motores paso a paso:** motores paso a paso bipolares mpp5vb.

**33. Fuente:** Rotulado para indicar la posición de la fuente del módulo de sensorica utilizada para alimentar toda la circuitería.

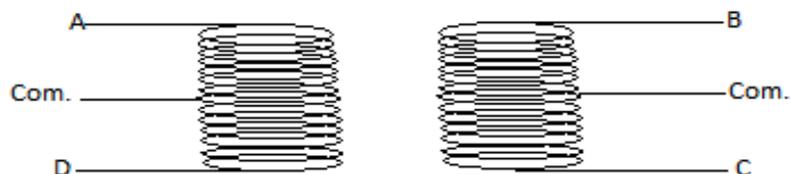
**34. 24v:** Salida de 24 voltios de la fuente.

**35. 12v:** Salida de 12 voltios de la fuente.

**36. 5v:** Salida de 5 voltios de la fuente.

**37.  $\overline{\text{---}}$  :** Comunes de los voltajes que saca la fuente.

**Figura 2 Bobinado del Motor paso a paso bipolar.**



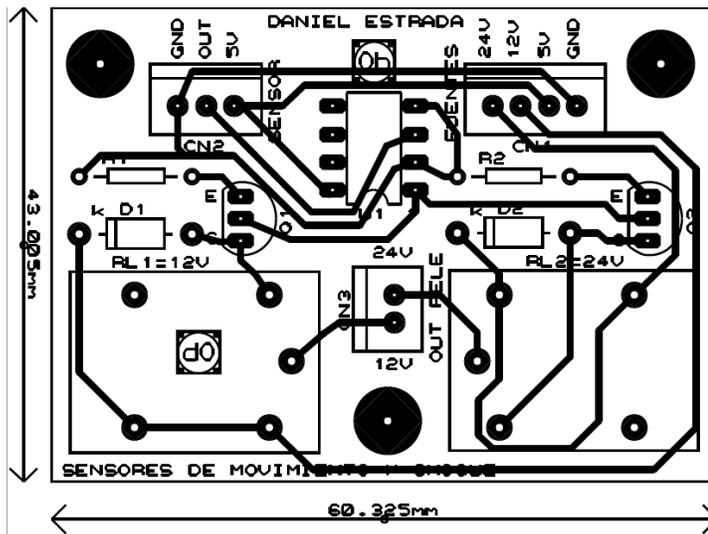
Software Paint.

### **Precauciones y advertencias.**

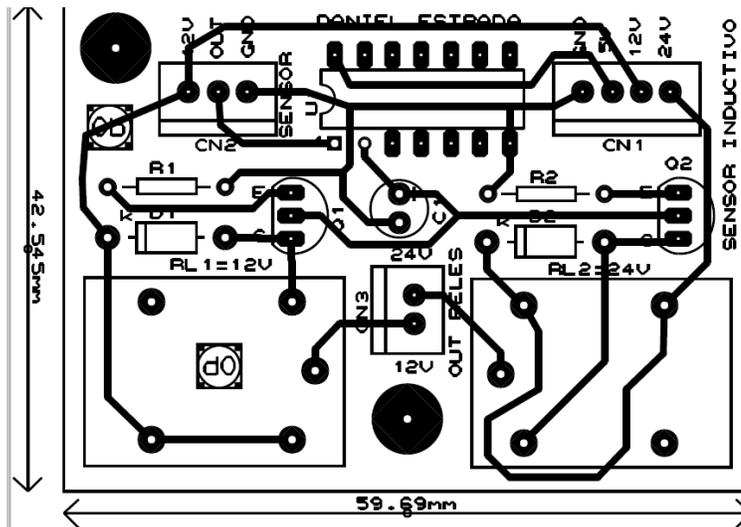
- Conectar la fuente del módulo a 110v. prendera el piloto que esta en este, el cual indica que la fuente esta lista para ser utilizada.
- El módulo deberá de ser almacenado en un lugar despejado sin carga superior de 1 kilogramo en sima de este.
- Tener suma precaución con la polaridad de alimentación de los sensores ya que estos se pueden quemar si le aplicamos una polaridad inversa.
- No acercar el módulo a altas o a muy bajas temperaturas, utilizarlo preferiblemente a temperatura ambiente.
- No utilizar la fuente para alimentar otros circuitos, esta solo esta diseñada para ser utilizada para el módulo.



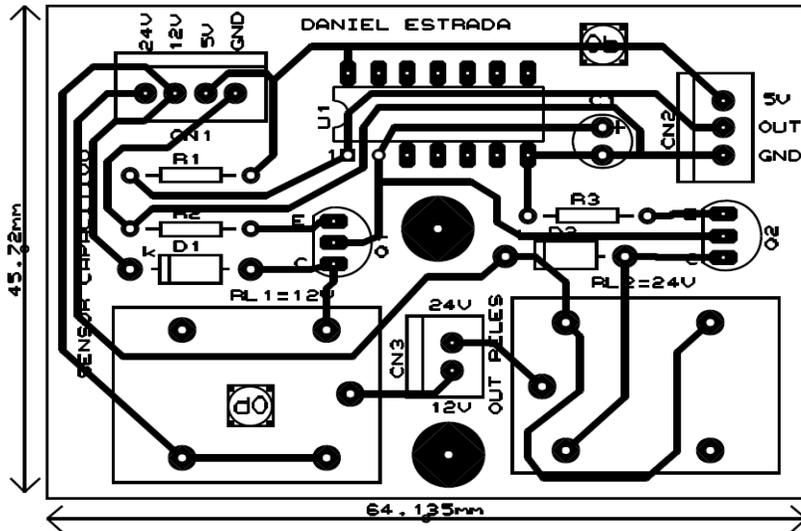
Sensor de choque.



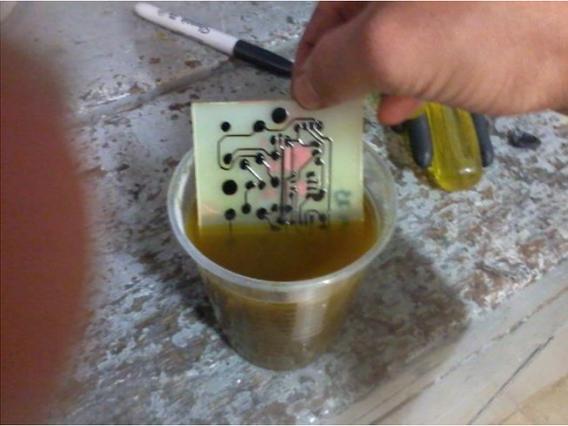
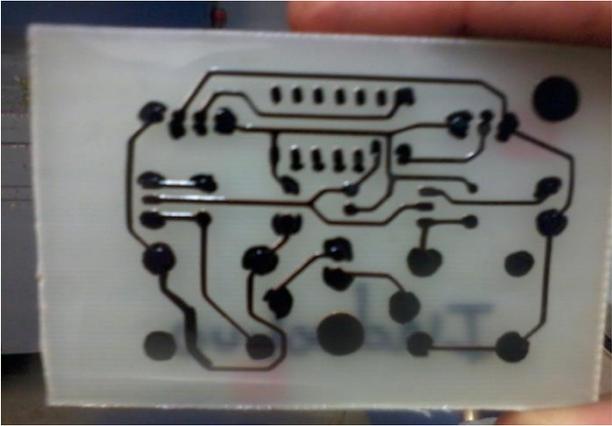
Sensor inductivo.



# Sensor Capacitivo



**Anexo C Realización de los impresos.**



**Anexo D Pegado del rotulado y de los sensores**

