



**Escuela Superior Politécnica Del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Control de un Ascensor y Adquisición de Datos con LABVIEW ”

**TESINA DE SEMINARIO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**Presentado por:**

MARÍA FERNANDA MOLINA MOROCHO

LUIS JAVIER PRUNA VÁSQUEZ

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2011**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr una meta más en mi carrera.

A quienes han sido parte de este aprendizaje durante todos estos años de preparación.

A mis compañeros y amigos con quienes pasamos largas jornadas de estudio.

A Luis mi compañero de proyecto por su paciencia y apoyo en todo este tiempo.

A nuestro tutor Msc. Luis Vásquez por sus consejos, dedicación, experiencia, paciencia.

**María Fernanda Molina Morocho.**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a todas las personas que cada momento de mi vida aportaron para seguir el camino para convertir los sueños en realidades.

A mis maestros en todo y cada uno en los momentos en que me han sabido dar buenas instrucciones de vida.

A mis padres por ser el pilar importante para cumplir este reto.

A María Fernanda mi compañera por ser un complemento perfecto para realizar este proyecto.

A nuestro tutor Msc. Luis Vásquez por convertirse en un amigo en este tiempo trabajando bajo su supervisión.

**Luis Javier Pruna Vásquez.**

## DEDICATORIA

A Dios, a mi hijo y a mis padres.

A Dios porque ha estado a mi lado cuidándome, dándome fortaleza para continuar y seguir adelante.

A mi hijo por ser mi motivo de superación y ser una mejor persona cada día, Sebastián eres mi vida y todo lo hago por ti te amo.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mí y en mi capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

**María Fernanda Molina Morocho.**

## DEDICATORIA

A todas las personas que nunca creyeron en mí les dedico esta tesis porque fueron la motivación más grande que a pesar de los obstáculos seguí adelante. Dedico a Dios porque en esos momentos donde se presentaban los problemas siempre estuvo allí para darme serenidad, intuición y ser mi guía.

Dedico este proyecto a mi querida Madre por ser siempre mi apoyo y tener paciencia en todo, a mi Padre por poner toda la fe en mí y siempre decir “Nunca te rindas”.

**Luis Javier Pruna Vásquez.**

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Luis Fernando Vásquez, Ing.

**Profesor de Seminario de Graduación**

---

Alberto Manzur, Ing.

**Delegado del Decano**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento 4256, Título IV - Capítulo II - Art. 18 literal c)

---

María Fernanda Molina Morocho

---

Luis Javier Pruna Vásquez

## RESUMEN

El proyecto “Control de un Ascensor por Adquisición de Datos con Labview” detallará cada uno de los pasos con los cuales se procederá a realizar el control y diseño de un ascensor, que luego será supervisado por medio de la adquisición de datos con Labview.

La adquisición de datos, consiste en tomar muestras reales para generar datos que podamos manipular desde el computador.

En la actualidad los sistemas de control de adquisición de datos empiezan a ser utilizados en la mayoría de edificios, con el crecimiento de la tecnología, se vuelve una necesidad el poder supervisar un ascensor por medio de una computadora y poder controlarlo de acuerdo a las necesidades de los usuarios o administradores.

El objetivo es crear un pequeño prototipo de un ascensor en el cual se podrán visualizar las aplicaciones de Labview en sistemas existentes que por medio de este programa hemos logrado modernizar y mejorar de acuerdo a las nuevas necesidades del mundo.

La programación será realizada por medio de Labview el cual recopilará los datos para desarrollar un sistema tipo SCADA (Supervisión y Control de Adquisición de Datos). El SCADA nos permite controlar, supervisar y operar el equipo existente para poderlo interconectar con los nuevos sistemas de edificios inteligentes.

## **INDICE GENERAL**

<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>I</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>III</i>
<i>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN</i> .....	<i>V</i>
<i>DECLARACIÓN EXPRESA</i> .....	<i>VI</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>VII</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i> .....	<i>IX</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>XIII</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>XVII</i>
<i>ABREVIATURAS</i> .....	<i>XVIII</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>XX</i>
<b><i>CAPÍTULO 1</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
1. <i>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</i> .....	<i>1</i>
1.1. <i>FUNDAMENTO TEÓRICO</i> .....	<i>1</i>
1.2. <i>LABVIEW</i> .....	<i>1</i>

1.2.1. Descripción de Software LABVIEW.....	2
1.2.2. Descripción de la Tarjeta NI USB 6009.....	4
1.2.2.1. Características de las Entradas y Salidas.....	5
1.2.3. Funcionamiento del Software LABVIEW.....	10
1.2.3.1. Panel Frontal.....	10
1.2.3.1.1. Indicadores.....	11
1.2.3.1.2. Controles y Switch.....	12
1.2.3.1.3. Graficos y Leds.....	13
1.2.3.2. Diagrama de Bloques.....	14
1.3. MOTOR.....	16
1.3.1. Características de los Motores.....	17
1.3.1.1. Motores de Corriente Continua.....	19
1.3.1.2. Motores de Corriente Alterna.....	20
1.3.1.2.1. Motores Asíncronos.....	20
1.3.1.2.2. Motores Síncronos.....	21
1.3.1.3. Motores Universales.....	21
1.4. VARIADOR DE FRECUENCIA.....	22
1.4.1. Partes del Variador de Frecuencia.....	26
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>27</b>
2.1. CONTROL DE PUERTAS.....	27
2.1.1. Puente tipo H.....	32

2.2. FUENTES DE ALIMENTACION.....	32
2.2.1. Componentes de una Fuente de Alimentación.....	32
2.2.1.1. Transformador de entrada.....	32
2.2.1.2. Rectificador.....	34
2.2.1.3. Rectificador en Puente.....	34
2.2.1.4. El Filtro.....	35
2.2.1.5. El Regulador.....	36
2.3. FUENTE DE VOLTAJE REGULABLE CON LM317T.....	38
2.4. CONTROL DE FUERZA MOTOR.....	40
2.5. RELE DE ESTADO SOLIDO.....	41
2.6. TACOMETRO.....	42
2.7. AMPLIFICADOR DE CORRIENTE DE SALIDA DE LA DAQ 6009.....	44
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>45</b>
3.1. REALIZACION DEL PROTOTIPO.....	45
3.1.1. Panel de Control.....	45
3.1.2. Diagrama de Bloques.....	48
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>71</b>
4.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	71

<i>4.1.1. Pruebas de Funcionamiento de los Finales de Carrera</i> .....	72
<i>4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES</i> .....	75
<i>4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA</i> .....	78

*CONCLUSIONES*

*RECOMENDACIONES*

*Anexos*

*Anexo A - PLANOS DE DIAGRAMAS*

*Anexo B – PISTAS Y VISTAS DE TARJETA*

*Anexo C – COSTOS DEL PROYECTO*

*Anexo D – CATALOGOS DE ELEMENTOS UTILIZADOS*

*Referencias Bibliográficas*

## **INDICE FIGURAS**

<i>Figura 1: Logo de National Instruments LabVIEW .....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2: Tarjeta NI USB 6009 .....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3: Indicadores Numéricos .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4: Controles y Switch .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5: Graficos y Leds .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6: Diagrama de Bloques .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7: Relación Voltaje / Frecuencia .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8: Diagrama de Puente H .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9: Componentes de una Fuente de Alimentación .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10: Rectificador en Puente .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11: Diagrama de un Regulador .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12: Fuente de Voltaje Regulable con LM317T .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 13: Configuración de los terminales del LM317T .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14: Control de Fuerza Motor .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15: Tacómetro .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 16: Tacómetro e Integrado MOP70N .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17: Diagrama del Circuito del Tacómetro .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18: Circuito Amplificador de Corriente de Salida .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19: Panel de Control de un Ascensor por LABVIEW .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20: Diagrama de Bloques del Control de un Ascensor .....</i>	<i>48</i>

<i>Figura 21: Case Structure</i> .....	49
<i>Figura 22: Diagrama de Bloque de Verificación</i> .....	51
<i>Figura 23: Diagrama de Bloque Planta Baja</i> .....	52
<i>Figura 24: Diagrama de Control Piso 1(P1) y condición de Subida y Bajada</i> .....	53
<i>Figura 25: Diagrama de Control (Subiendo)</i> .....	54
<i>Figura 26: Diagrama de Control (Abre Puertas)</i> .....	55
<i>Figura 27: Diagrama de Control (Cerrar PB)</i> .....	55
<i>Figura 28: Diagrama de Control (Abre PB)</i> .....	56
<i>Figura 29: Diagrama de Control (Cerrar P1)</i> .....	56
<i>Figura 30: Diagrama de Control (Abre P2)</i> .....	57
<i>Figura 31: Diagrama de Control (Cerrar P2)</i> .....	57
<i>Figura 32: Diagrama de Control (Piso 2)</i> .....	58
<i>Figura 33: Diagrama de Control (Bajada)</i> .....	59
<i>Figura 34: Diagrama de Control (ESPAPB)</i> .....	60
<i>Figura 35: Diagrama de Control (ESPACB)</i> .....	61
<i>Figura 36: Diagrama de Control (ESPCPB Case Structure True)</i> .....	62
<i>Figura 37: Diagrama de Control (ESPAP1)</i> .....	63
<i>Figura 38: Diagrama de Control (ESPAC1)</i> .....	64
<i>Figura 39: Diagrama de Control (ESPCP1 Case Structure True)</i> .....	65
<i>Figura 40: Diagrama de Control (ESPAP2 Case Structure True)</i> .....	66

<i>Figura 41: Diagrama de Control (ESPAC2)</i> .....	67
<i>Figura 42: Diagrama de Control (ESPCP2 Case Structure True)</i> .....	67
<i>Figura 43: Diagrama de Control (PB)</i> .....	68
<i>Figura 44: Diagrama de Control (P1)</i> .....	69
<i>Figura 45: Diagrama de Control (P2)</i> .....	70
<i>Figura 46: Maqueta de Ascensor</i> .....	71
<i>Figura 47: Control y Selector Manual</i> .....	72
<i>Figura 48: Final de Carrera Superior</i> .....	73
<i>Figura 49: Final de Carrera Superior Presionado por la Cabina</i> .....	73
<i>Figura 50: Contador D no se Activa</i> .....	74
<i>Figura 51: Final de Carrera Inferior</i> .....	74
<i>Figura 52: Final de Carrera Inferior Presionado por la Cabina</i> .....	75
<i>Figura 53: Sensor de Presencia Prendido</i> .....	75
<i>Figura 54: Sensor de Presencia Detecta la Cabina</i> .....	76
<i>Figura 55: Detector de Pulsos</i> .....	76
<i>Figura 56: Detector de Presencia del Emisor y Receptor en puertas</i> .....	77
<i>Figura 57: Detector de Presencia Encendido</i> .....	77
<i>Figura 58: Ascensor en PB en Pantalla señala Indicador</i> .....	78
<i>Figura 59: Ascensor en PB y Apertura de Puertas</i> .....	78
<i>Figura 60: Ascensor en PB y Cierre de Puertas</i> .....	79
<i>Figura 61: Ascensor en PB y Sensor de Presencia Encendido</i> .....	79

<i>Figura 62: Ascensor en PB Subiendo a P1.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 63: Ascensor en P1.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 64: Ascensor en P1 y Apertura de Puertas.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 65: Ascensor en P1 y Cierre de Puertas.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 66: Ascensor Subiendo a P2.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 67: Ascensor en P2.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 68: Ascensor en P2 y Apertura de Puertas.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 69: Ascensor en P2 y Cierre de Puertas.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 70: Ascensor en P2 Bajando a P1.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 71: Ascensor Abriendo Puertas en P1.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 72: Ascensor Cerrando Puertas en P1.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 73: Ascensor en PB terminando la orden.....</i>	<i>85</i>

## **INDICE TABLAS**

<i>Tabla I: Terminales analógicas de la DAQ NI USB-6009.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla II: Terminales digitales de la DAQ NI USB-6009.....</i>	<i>9</i>

## **ABREVIATURAS**

*VI: Instrumentos Virtuales*

*NI: National Instruments*

*Vin: Voltaje de Entrada*

*Vout: Voltaje de Salida*

*Gnd: Tierra*

*A/D: Analógico/Digital*

*E/S: Entrada/Salida*

*PWM: Modulación por Ancho de Pulso*

*G: Lenguaje Gráfico de Programación*

*EP: Entradas Programables*

**SCR: Rectificador Controlado de Silicio**

**VDF: Variador de Frecuencia Variable**

**V: Voltaje**

**Hz.: Hertz**

mA: Miliamperios

$\Omega$ : ohmios

r.p.m.: Revoluciones por minuto

r.p.s.: Revoluciones por segundo

kg.: Kilogramos

g.: Gramos

cm.: Centímetros

LED.: Diodo emisor de luz

PB.: Planta Baja

P1.: Piso Uno

P2.: Piso Dos

## INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto forma parte de la materia de graduación “Introducción a los Sistemas de Adquisición de Datos” y consiste en el diseño del “Control de un Ascensor”.

El principal objetivo es desarrollar un proyecto basado en la comunicación del ascensor y el software LabVIEW el que nos ayudará a controlar y manipular el mecanismo del ascensor.

LabVIEW es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar la adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de mediciones y presentaciones de datos.

LabVIEW da la flexibilidad de un poderoso ambiente de programación sin la complejidad de los ambientes tradicionales.

# CAPITULO 1

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

En el presente capítulo se detallan los recursos y herramientas necesarios para la implementación del control de un ascensor, como es el uso del software Labview y el hardware NI USB 6009. Además se analiza la interacción entre ellos a través de un ordenador permitiendo el envío y recepción de datos mediante USB.

### 1.2. LABVIEW

LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos, entre las ventajas que nos proporciona el empleo de LabVIEW:

- Reducir el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Posee una gran flexibilidad del sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

### **1.2.1. Descripción de Software LABVIEW**

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la

programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

LabVIEW también proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas.



**Figura 1.:** Logo de National Instruments LabVIEW

### **1.2.2. Descripción de la Tarjeta NI USB 6009**

La tarjeta NI USB-6009 cuenta con 8 entradas análogas, 2 salidas análogas, 12 entradas/salidas digitales programables, un contador ascendente de 32 bit, se conecta al ordenador por vía USB para transmitir datos y alimentación de voltaje.

Usamos la tarjeta de adquisición de datos para recibir señales de los sensores, con estas se realiza el control en el ordenador, a su vez este envía la señal de salida de operación para el control de los motores.



**Figura 2.:** Tarjeta NI USB 6009

### 1.2.2.1. Características de las Entradas y Salidas

**EA (Entrada Analógica).**- Estos terminales se pueden usar como entradas individuales de voltaje analógico o como combinaciones para entradas de voltaje diferencial como nos muestra la tabla. Tenemos 8 entradas terminales individuales, las cuales pueden ser usadas de dos formas:

- **Terminales simples**, se usa como referencia las salidas GND de la NI6009, el voltaje máximo para esta configuración es de  $\pm 10V$ .
- **Terminales de voltaje diferencial**, se usan dos terminales simples. Los valores de voltajes que se pueden

utilizar para este tipo de configuración son  $\pm 20$  V,  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 4$  V,  $\pm 2.5$  V,  $\pm 2$  V,  $\pm 1.25$  V,  $\pm 1$  V.

**SA (Salidas Analógicas).**- Son las dos únicas salidas analógicas que posee la tarjeta de adquisición de datos, las cuales no son individuales y se usan junto con la tierra. El rango de voltaje es de 0 a +5V con una impedancia de salida de  $50\Omega$  y una corriente de 5mA.

**GND (Tierra).**- Es la referencia para todas las entradas y salidas analógicas y la referencia para los voltajes diferenciales, así como de todos los voltajes que da la tarjeta 6009.

**EP (Entradas Digitales Programables).**- Son todas las entradas y salidas digitales, estas se pueden programar para que funcionen como entrada o salida, individualmente sin depender una de la otra.

En total la tarjeta posee 12 entradas/salidas digitales, todas ellas compatibles con tecnología TTL, LVTTTL, CMOS.

Además posee un rango de voltaje con respecto al terminal GND desde -0.5V a 5.8V.

**EPC (Entrada Programable Contador).**- Esta entrada podemos programarla para que se use como una entrada para un contador de eventos, o como disparador digital.

**+5V.-** Voltaje entregado por la tarjeta de adquisición de datos para usarlo con fuente de poder.

**+2.5V.-** Voltaje entregado por la tarjeta, es usado para pruebas de envolvertes.

A continuación se muestra **(Tabla I)**, donde se muestra los terminales análogos con sus respectivas señales y en la **(Tabla I)** los terminales digitales.

<b>Número terminal</b>	<b>Señal (modo terminal simple)</b>	<b>Señal (modo diferencial)</b>
1	GND	GND
2	EA0	EA0+
3	EA4	EA0-
4	GND	GND
5	EA1	EA1+
6	EA5	EA1-
7	GND	GND
8	EA2	EA2+
9	EA6	EA2-
10	GND	GND
11	EA3	EA3+
12	EA7	EA3-
13	GND	GND
14	SA0	SA0
15	SA1	SA1
16	GND	GND

**Tabla I.: Terminales análogos de la DAQ NI USB-6009**

<b>Número de terminal</b>	<b>Señal (modo terminal simple)</b>
17	EP00
18	EP01
19	EP02
20	EP03
21	EP04
22	EP05
23	EP06
24	EP07
25	EP10
26	EP11
27	EP12
28	EP13
29	EPC0
30	+2.5V
31	+5V
32	GND

**Tabla II.: Terminales digitales de la DAQ NI USB-6009**

### **1.2.3 Funcionamiento del software LABVIEW**

Los programas desarrollados mediante LABVIEW se denominan instrumentos virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs.

Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques, también podemos hacer uso de las paletas ya que ellas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs.

Con el entorno gráfico de programación de LABVIEW se comienza a programar a partir de un panel frontal y luego se finalizará con el diagrama de bloques.

#### **1.2.3.1 Panel Frontal**

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario, tratando que sea lo más amistosa posible. Esta interfaz recoge las

entradas procedentes por el usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa.

Todas las operaciones como: indicadores, controles, switch, gráficos y leds, los encontramos haciendo clic derecho dentro del panel frontal, donde escogemos la opción de acuerdo a nuestras necesidades.

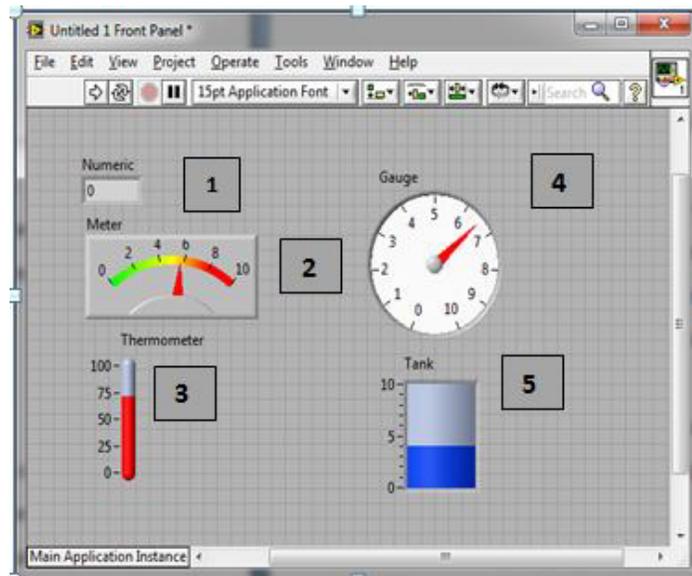
#### **1.2.3.1.1. Indicadores**

Ayudan a visualizar cualquier tipo de medida, como son los metros, grados, porcentajes, velocidad, tamaño, etc.. Adicional a los indicadores numéricos, también hay indicadores en forma de texto.

Dentro de los indicadores numéricos tenemos los siguientes:

- *Numeric.* [1]
- *Meter.* [2]
- *Thermometer.* [3]

- *Gauge*. [4]
- *Tank*. [5]



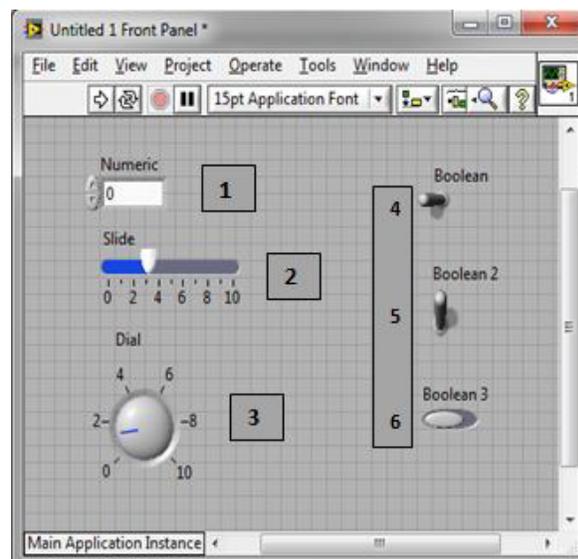
**Figura 3.: Indicadores Numéricos**

#### 1.2.3.1.2. Controles y Switch

Con estos podemos activar o desactivar las señales, de acuerdo a la programación o necesidades del usuario. De la misma manera consta con controles numéricos, de texto y en forma de botones. Los botones son de tipo booleanos. A continuación se enumeran los más

utilizados y especialmente los que utilizamos en este proyecto:

- *Numeric.* [1]
- *Slide.* [2]
- *Dial.* [3]
- *Boolean.* [4, 5, 6]

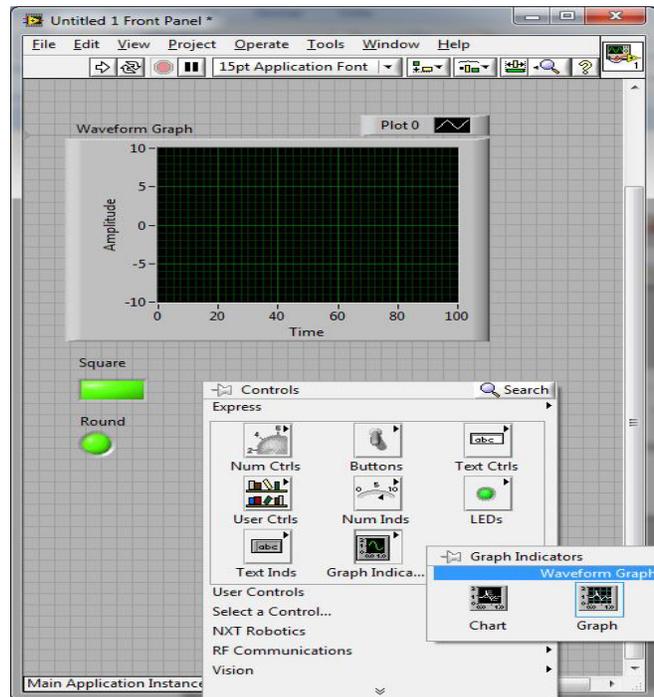


**Figura 4.: Controles y Switch**

### 1.2.3.1.3. Gráficos y Leds

Este recurso nos permite graficar cualquier tipo de onda, o señal. Puede ser constante o

variable. Los leds nos permiten visualizar el cambio de una señal, en dos tiempos.



**Figura 5.: Gráfico y Leds.**

### 1.2.3.2 Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI, donde se realiza la implementación del programa para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El software consta con aplicaciones, funciones, opciones de programación, matemáticas, procesamiento de señales, conectividad.

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si se tratara de un circuito, los cables se encargarán de unir los terminales de entrada y salida con sus correspondientes objetos, ya que los cables son los que van a facilitar el flujo de datos desde su origen hasta su destino, siendo sea una función, una estructura, un terminal, etc.

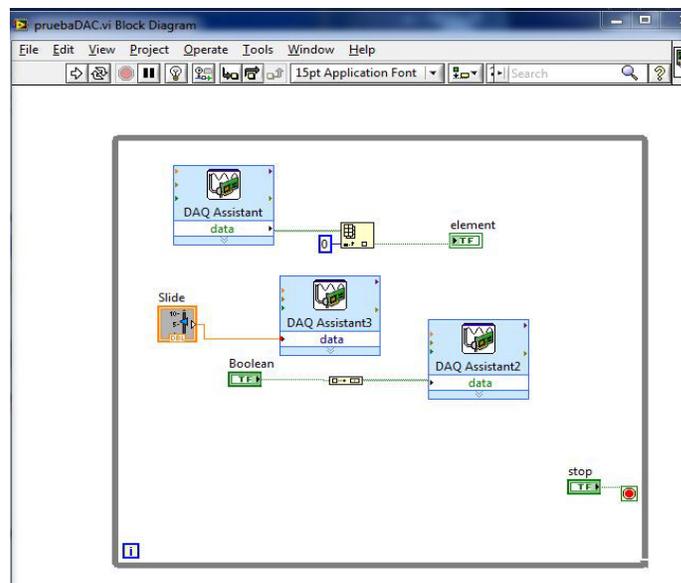


Figura 6.: Diagrama de Bloques

### **1.3. MOTOR**

El motor es un elemento indispensable en un gran número de equipos electrónicos. El conocimiento de su forma de trabajo y sus propiedades es imprescindible para cualquiera que emplee estos componentes para el montaje o mantenimiento de dichos equipos, con el objeto de poder efectuar la elección del modelo más adecuado y así poder obtener el mejor rendimiento de los mismos.

La misión fundamental del motor eléctrico es la de transformar la energía eléctrica, que se le suministra, en una energía mecánica que será la que se emplea para poner en movimiento el mecanismo del equipo en el que se instale.

El funcionamiento de un motor, en general, se basa en las propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear, a partir de ellas, unas determinadas fuerzas de atracción y repulsión encargadas de actuar sobre un eje y generar un movimiento de rotación.

### 1.3.1. Características de los Motores

Normalmente los motores se caracterizan por dos parámetros que expresan directamente sus propiedades.

- Velocidad de rotación.
- Par motor.

**Velocidad de rotación:** Indica el número de vueltas por unidad de tiempo que produce el motor y depende por completo de la forma de construcción del mismo, de la tensión de alimentación, así como de la carga mecánica que se acople a su eje, aunque esto último no es aplicable a un tipo especial de motores denominados síncronos o sincrónicos. Las unidades empleadas son las revoluciones por minuto (r.p.m.) y las revoluciones por segundo (r.p.s.).

**Par motor:** expresa la fuerza de actuación de éste y depende lógicamente de la potencia que sea capaz de desarrollar dicho motor, así como de la velocidad de rotación del mismo. El concepto de par motor es importante a la hora de elegir un modelo para una aplicación determinada; se define como la fuerza que es capaz de vencer el motor multiplicada por el radio de giro. Esto significa que

no supone lo mismo mover, por ejemplo: una polea que transmita una fuerza de 10kg., con un radio de 5cm. que con otro radio de 10cm., ya que el par motor será en el segundo caso el doble que el del primero. Las unidades de medida suelen ser el kg. x cm. o bien, en g. x cm.

Además de estos factores también se tienen en cuenta otros como son las condiciones de arranque, la potencia absorbida y el factor de potencia.

Existe una relación matemática que liga ambos parámetros, ya que como se ha explicado no son independientes entre sí; dicha relación se expresa:

$$M = 0,95 \times \frac{P}{N}$$

Dónde:

M: par motor expresado (Kg. x cm.)

P: potencia absorbida (Watts.)

N: velocidad (r.p.m.)

En función de la corriente empleada para la alimentación del motor, que define por completo a las características constructivas del mismo, se pueden clasificar los motores en tres grandes grupos:

- Motores de corriente continua.
- Motores de corriente alterna.
- Motores universales.

#### **1.3.1.1. Motores de Corriente Continua**

Es necesario aplicar al inducido una corriente continua para obtener movimiento, así como al inductor en el caso de que éste sea del tipo de electroimán, conociéndose a esta última con la denominación de corriente de excitación.

Su construcción suele estar realizada mediante un inductor cilíndrico hueco (imán o electroimán) que contiene un cierto número de pares de polos magnéticos (Norte-Sur), que se conoce con el nombre de estator. En su interior se encuentra el inducido o rotor también cilíndrico sobre el cual se encuentra el arrollamiento, el eje está acoplado mediante rodamiento o cojinetes para permitir el giro y dispone de una superficie de contacto montada sobre un dispositivo llamado colector sobre el que se deslizan los contactos externos o escobillas.

### **1.3.1.2. Motores de Corriente Alterna**

Son los que se alimentan de este tipo de excitación y comprende dos tipos con propiedades bastantes diferenciadas:

- Motores asíncronos
- Motores síncronos

#### **1.3.1.2.1. Motores Asíncronos**

También conocidos con el nombre de motores de inducción, basan su funcionamiento en el efecto que produce un campo magnético alterno aplicado a un inductor o estator sobre un rotor con una serie de espiras sin ninguna conexión externa sobre el que se inducen unas corrientes por el mismo efecto de un transformador.

Por lo tanto, en este sistema solo se necesita una conexión a la alimentación, que corresponde

al estator, eliminándose el sistema de escobillas que se precisa en otros tipos de motores.

#### **1.3.1.2.2. Motores Síncronos**

Están constituidos por un inducido que suele ser fijo, formando por lo tanto el estator sobre el que se aplica una corriente alterna y por un inductor o rotor formado por un imán o electroimán que contiene un cierto número de pares de polos magnéticos. El campo variable del estator hace girar al rotor a una velocidad fija y constante de sincronismo que depende de la frecuencia alterna aplicada. De ello deriva su denominación de síncronos.

#### **1.3.1.3. Motores Universales**

Son aquellos que pueden recibir alimentación tanto continua como alterna, sin que por ello se alteren sus propiedades, básicamente responden al mismo principio de construcción que los de corriente continua pero excitando tanto a inductor

como al inducido con la misma corriente, disponiendo a ambos en serie sobre el circuito de alimentación.

#### **1.4. VARIADOR DE FRECUENCIA**

La mejor manera de acoplar un sistema motriz a las condiciones variables de los procesos involucrados es con un controlador de velocidad. Este control de velocidad ha jugado un papel importante en la ingeniería mecánica, desde los inicios de la Revolución Industrial.

A principios del siglo XVIII, James Watt desarrolló e incorporó a su máquina de vapor su ya famoso gobernador de velocidad centrífuga.

Posteriormente surgieron muchas aplicaciones donde era necesario variar la velocidad de los procesos y se desarrollaron varios métodos para lograrlo, tales como los moto-reductores, reductores de catarinas, bandas y poleas, embragues hidráulicos, etc. Todos ellos en su momento fueron la mejor opción mecánicamente hablando, para controlar o reducir la velocidad de un determinado proceso.

Sin embargo, se desarrolló también el motor de corriente directa cuyas condiciones de operación lo hacen idóneo para variar su velocidad sin deterioro de sus parámetros de funcionamiento, ya que para operar es necesario un control que alimente voltaje y corriente a su campo y su armadura, lo que provoca, que su velocidad varíe de acuerdo con las condiciones de alimentación de este control.

Aunque todos estos procesos son muy confiables y se aplican con mucha frecuencia aún en la actualidad, tienen una característica en común, desperdician mucha energía. Ya sea por la gran cantidad de engranajes, poleas, etc., para el caso de los de tipo mecánico, como por el dispendio de energía en devanados, armadura, excitación, etc. de los motores de corriente directa; mientras que para ambos casos el mantenimiento es complicado y costoso, lo que los hace aún más costosos.

Debido a todos estos inconvenientes para variar la velocidad en los procesos, se buscó la manera de poder hacerlo de una forma sencilla, confiable y de bajo costo.

Esto no fue posible sino hasta finales de los setentas, ya que con el desarrollo de la electrónica de potencia, se pudo lograr el control de

velocidad de un motor de corriente alterna de inducción, mediante la utilización de un variador de frecuencia.

Este variador alimenta al motor con un voltaje modulado, con lo que simula una variación de frecuencia en las terminales del motor y con ello varía la velocidad de dicho motor sin perjuicios considerable de su características de par y manteniendo la simplicidad de operación y facilidad de mantenimiento del motor jaula de ardilla, comparativamente con los motores de corriente directa; además de presentar mejores prestaciones en el control de velocidad.

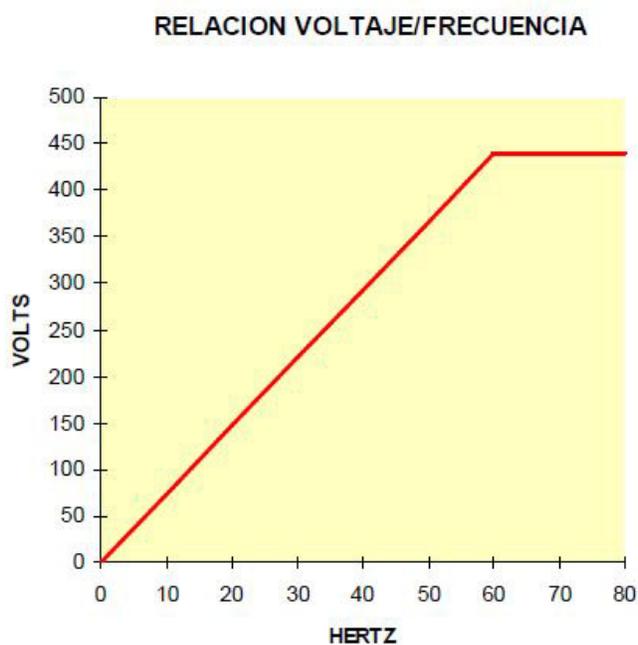
Este Variador de Frecuencia Variable (*VDF*) es conocido con diferentes nombres: variador de velocidad, drive, inversor, etc.; pero el nombre correcto es el de variador de frecuencia ya que incorpora el término de frecuencia que es lo correcto en este caso, por tanto variadores de velocidad lo son la mayoría aunque la variación la hagan por métodos mecánicos o por corriente directa e inversores, solo se refiere a uno de los pasos del VDF.

La manera como un VDF convierte voltaje y frecuencia constante en voltaje y frecuencia variable es:

- La corriente alterna es rectificadada y convertida a voltaje de corriente continua, después la invierte y vuelve a entregar corriente alterna pero con valores de frecuencia y voltajes variables.
- El suministro de voltaje de un VDF puede realizarse a frecuencias que van desde 0 hasta 300 o más Hz.; por lo tanto la velocidad del motor es variable en la misma proporción que la variación de la frecuencia, así el motor puede girar lento o muy rápido dependiendo de la frecuencia que le suministra el VDF.

Al mismo tiempo el voltaje también es variable en la misma proporción que la variación de la frecuencia para asegurar que la relación voltaje/frecuencia se mantenga con el mismo valor en todo el rango de velocidades mientras no pase de 60 Hz.

Esto es porque el par que entrega el motor según diseño es determinado por esta relación y un motor de 460V tendrá una relación volt/frec de 7.6, si este mismo motor lo manejamos a una frecuencia de 30 Hz., tendremos que suministrarle un voltaje de 230V para mantener la misma relación y el mismo par. Cualquier cambio en esta relación puede afectar el par, temperatura, velocidad o el ruido del mismo.



**Figura 7.: Relación Voltaje/Frecuencia**

Por lo que se deduce que para producir el par nominal en cada motor a diferentes velocidades, es necesario modificar el voltaje suministrado conforme modificamos la frecuencia. El VDF mantiene esa relación de volt/hz suministrada al motor de manera automática.

#### **1.4.1 PARTES DEL VARIADOR DE FRECUENCIA**

Básicamente todos los variadores de frecuencia están formado por tres partes principales:

**RECTIFICADOR DE C.D.-** La parte rectificadora en el VDF convierte el voltaje en C.A. en voltaje en C.D. que es más fácil internamente para el VFD para generar la frecuencia variable de salida necesaria de una fuente no alterna de voltaje, dependiendo del tipo de VDF este voltaje de C.D. puede ser fijo o variable.

La mayoría de los VDF manufacturados actualmente son del tipo de modulación del ancho del pulso (PWM por sus siglas en inglés) que operan con un voltaje en C.D. suavizado. Los diodos de potencia son usados para producir el voltaje de C.D. fijo y los rectificadores controlados de silicio (SCR's por sus siglas en inglés) son usados para el de voltaje de C.D. variable.

Es importante hacer notar que el voltaje del bus de C.D. es 1.41 veces mayor al voltaje de C.A. pues toma el valor del pico de voltaje y no el voltaje r.m.s., por lo que el voltaje en bus de C.D. de un VDF de 460V será de 648VCD.

**FILTRO Ó ENLACE.-** El cual dependiendo del tipo de variador, es como está conformado; también se denomina a esta parte bus de corriente directa

**INVERSOR.-** Como se mencionaba, este es sólo uno de los pasos del VDF y no representa la función total del mismo. En esta sección el voltaje en C.D. se invierte y vuelve a tomar la forma alterna por medio de rectificadores controlados de silicio o transistores de potencia conectados directamente al bus de C.D. y controlados por microprocesadores, pero esta vez con una frecuencia y voltaje variables.

Esta generación trifásica de C.A. al hacerse a través de aperturas instantáneas de los transistores aunque tiene ciclos positivos y negativos toma una forma cuadrática e interrumpida similar a la alimentación de entrada simulando la onda senoidal, según las necesidades de frecuencia pero que mantiene la misma relación volts/hz para el motor, a esta tecnología se le llama modulación del ancho del pulso. (Pulse Width Modulation PWM).

Una tarjeta lógica de microprocesadores determina la frecuencia de conmutación de la sección de inversión, permitiendo un rango amplio de frecuencias de salida al motor, que van desde 0 hasta 300 Hz. o más Hertz.

# CAPITULO 2

## 2.1. CONTROL DE PUERTAS

### 2.1.1. Puente tipo H

Es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, avance y retroceso. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia. Los puentes H están disponibles como circuitos integrados, pero en este caso vamos a construir uno.

Hacer girar los motores impulsores de mecanismos como robots, máquinas herramientas o cualquier otro sistema electromecánico que requiera de movimiento de piezas puede pensarse como una de las fases sencillas del desarrollo.

El conocido y famoso “puente H” o “H bridge” siempre es la solución en sistemas donde el sentido de giro es una necesidad de operación.

Sin embargo, el mundo real y físico nos presenta incontables dificultades a la hora de operar el puente H. Comenzando por la inercia del sistema mecánico, pasando por la velocidad de respuesta y terminando en el proceso de frenado y detención apropiados.

Como hemos dicho el puente H se usa para invertir el giro de un motor, pero también puede usarse para frenarlo (de manera brusca), al hacer un corto entre los bornes del motor o incluso puede usarse para permitir que el motor frene bajo su propia inercia, cuando desconectamos el motor de la fuente que lo alimenta.

Para este tipo de circuitos se utilizan interruptores de estado sólido (como transistores), puesto que su tiempo de vida y frecuencias de conmutación son mucho más altas.

En convertidores de potencia es impensable usar interruptores mecánicos, dado su bajo número de conmutaciones de vida útil y las altas frecuencias que se suelen emplear.

Además los interruptores se acompañan de diodos (conectados a ellos en paralelo) que permitan a las corrientes circular en sentido inverso al previsto cada vez que se conmute la tensión, puesto que el motor está



## 2.2. FUENTES DE ALIMENTACIÓN

### 2.2.1. Componentes de una fuente de alimentación

La función de una fuente de alimentación es convertir la tensión alterna en una tensión continua y lo más estable posible, para ello se usan los siguientes componentes:

- Transformador de entrada
- Rectificador a diodos
- Filtro para el rizado
- Regulador (o estabilizador) lineal, (este último no es imprescindible.)

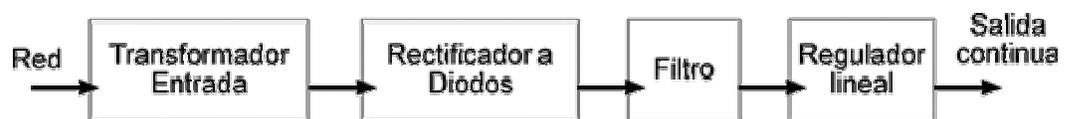


Figura 9.: Componentes de una fuente de alimentación

#### 2.2.1.1. Transformador de entrada

El transformador de entrada reduce la tensión de la red (generalmente de 220V ó 120 V) a otra tensión más adecuada para ser tratada. Solo es capaz de trabajar con corrientes

alternas, esto quiere decir que la tensión de entrada será alterna y la de salida también.

Consta de dos arrollamientos sobre un mismo núcleo de hierro, ambos arrollamientos, primario y secundario, son completamente independientes y la energía eléctrica se transmite del primario al secundario en forma de energía magnética a través del núcleo.

La corriente que circula por el arrollamiento primario (el cual está conectado a la red) genera una circulación de corriente magnética por el núcleo del transformador.

Esta corriente magnética será más fuerte cuantas más espiras (vueltas) tenga el arrollamiento primario. Si acercas un imán a un transformador en funcionamiento notarás que el imán vibra, esto es debido a que la corriente magnética del núcleo es alterna, igual que la corriente por los arrollamientos del transformador.

En el arrollamiento secundario ocurre el proceso inverso, la corriente magnética que circula por el núcleo genera una tensión que será tanto mayor cuanto mayor sea el número de espiras del

secundario y cuanto mayor sea la corriente magnética que circula por el núcleo (la cual depende del número de espiras del primario).

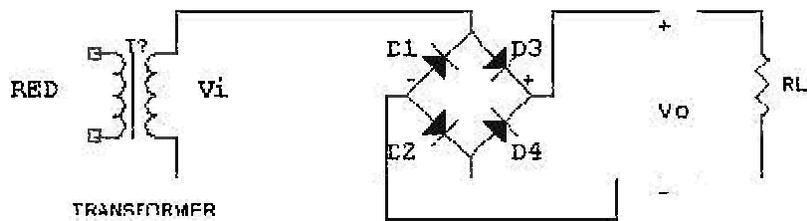
#### **2.2.1.2. Rectificador**

El rectificador es el que se encarga de convertir la tensión alterna que sale del transformador en tensión continua. Para ello se utilizan diodos. Un diodo conduce cuando la tensión de su ánodo es mayor que la de su cátodo. Es como un interruptor que se abre y se cierra según la tensión de sus terminales.

El rectificador se conecta después del transformador, por lo tanto le entra tensión alterna y tendrá que sacar tensión continua, es decir, un polo positivo y otro negativo.

#### **2.2.1.3. Rectificador en puente**

El rectificador más usado es el llamado rectificador en puente, su esquema es el siguiente:



**Figura 10.: Rectificador en puente**

Cuando  $V_i$  es positiva los diodos D2 y D3 conducen, siendo la salida  $V_o$  igual que la entrada  $V_i$ .

Cuando  $V_i$  es negativa los diodos D1 y D4 conducen, de tal forma que se invierte la tensión de entrada  $V_i$  haciendo que la salida vuelva a ser positiva.

#### **2.2.1.4. El filtro**

La tensión en la carga que se obtiene de un rectificador es en forma de pulsos. En un ciclo de salida completo, la tensión en la carga aumenta de cero a un valor de pico, para caer después de nuevo a cero. Esta no es la clase de tensión continua que

precisan la mayor parte de circuitos electrónicos. Lo que se necesita es una tensión constante, similar a la que produce una batería.

Para obtener este tipo de tensión rectificada en la carga es necesario emplear un filtro, el del condensador a la entrada.

### 2.2.1.5. El regulador

Un regulador o estabilizador es un circuito que se encarga de reducir el rizado y de proporcionar una tensión de salida de la tensión exacta que deseamos.

Este es el esquema de una fuente de alimentación regulada con uno de estos reguladores:

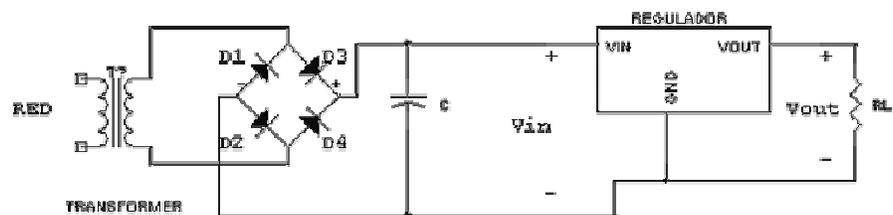


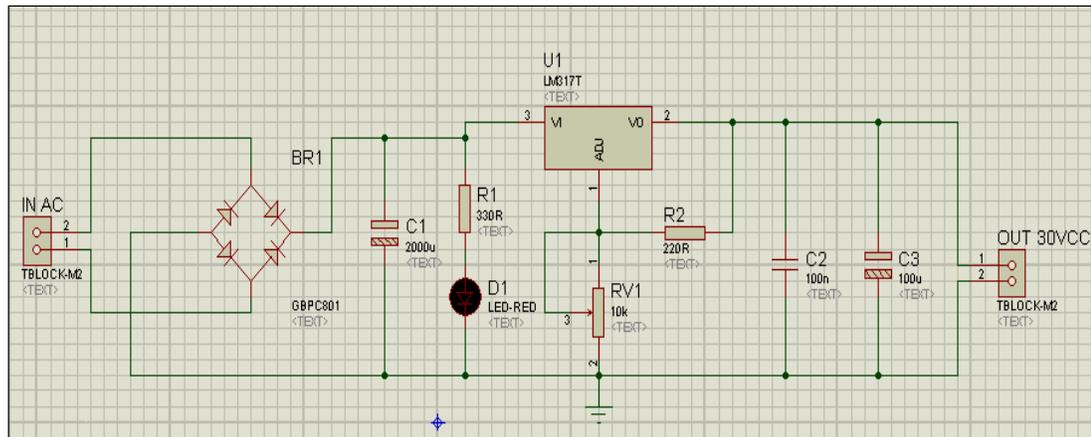
Figura 11.: Diagrama de un regulador

Es muy común encontrarse con reguladores que reducen el rizado en 10000 veces (80 dB), esto significa que si usas la regla del 10% el rizado de salida será del 0.001%, es decir, inapreciable.

Las ideas básicas de funcionamiento de un regulador de este tipo son:

- La tensión entre los terminales Vout y GND es de un valor fijo, no variable, que dependerá del modelo de regulador que se utilice.
- La corriente que entra o sale por el terminal GND es prácticamente nula y no se tiene en cuenta para analizar el circuito de forma aproximada. Funciona simplemente como referencia para el regulador.
- La tensión de entrada Vin deberá ser siempre unos 2 o 3V superior a la de Vout para asegurarnos el correcto funcionamiento.

### 2.3. FUENTE DE VOLTAJE REGULABLE CON LM317T



**Figura 12.: Fuente de Voltaje Regulable con LM317T**

Una fuente de voltaje variable con LM317T es una fuente de voltaje ideal para una salida de voltaje variable (0V a 30V) con capacidad de entrega de corriente continua de hasta de 1.5A.

Si se utiliza el LM317 solo se obtienen 500mA a la salida, suficiente para muchas aplicaciones, pero en este caso utilizamos el LM317T porque puede entregar más corriente.

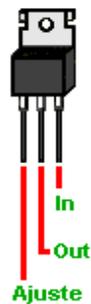
Este dispositivo tiene protección contra sobre corrientes que evita al integrado se queme accidentalmente debido a un cortocircuito.

El voltaje de salida depende de la posición que tenga el terminal variable del potenciómetro de 10 K $\Omega$ , terminal que se conecta al terminal de ajuste del integrado COM.

El transformador debe tener un secundario con un voltaje lo suficientemente alto como para que la entrada al regulador IN se mantenga 3V por encima de su salida OUT a plena carga, esto debido a requisitos de diseño del circuito integrado.

En este caso se espera obtener, a la salida, un máximo de 30V lo que significa que a la entrada del integrado debe de haber por lo menos 33V.

Un capacitor electrolítico de 100 $\mu$ F se coloca a la salida para mejorar la respuesta transitoria, y un capacitor de 0.1 $\mu$ F se recomienda colocar en la entrada del regulador si éste no se encuentra cerca del capacitor electrolítico de 4,700 $\mu$ F.



**Figura 13.: Configuración de los terminales del LM317T.**

## 2.4. CONTROL DE FUERZA MOTOR

Este control permite manejar cargas de corriente alterna, desde un circuito electrónico que genera señales de control de bajo nivel.

Un relé de estado sólido, como su nombre lo indica, es un dispositivo que utiliza un interruptor de estado sólido como el tiristor, en lugar de contactos mecánicos (como los de los relés normales), para conmutar cargas de potencia a partir de señales de control de bajo nivel, como los circuitos digitales y estar dirigidas a motores, lámparas, solenoides, calefactores, etc. El aislamiento entre la circuitería de control y la etapa de potencia lo proporciona generalmente un opto acoplador.

Un relé de estado sólido ofrece varias ventajas notables respecto a los tradicionales relés y contactores electromecánicos: son más rápidos, silenciosos, livianos y confiables, no se desgastan, son inmunes a los choques y a las vibraciones, pueden conmutar altas corrientes y altos voltajes sin producir arcos ni ionizar el aire circundante, generan muy poca interferencia, proporcionan varios kilovatios de aislamiento entre la entrada y la salida, etc.

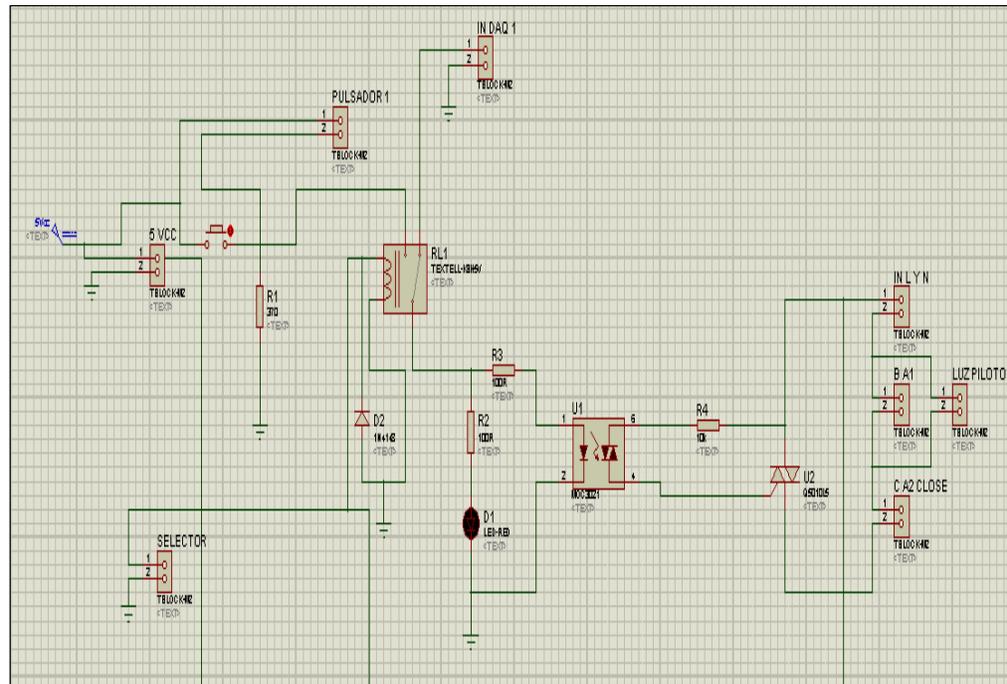


Figura 14.: Control de Fuerza Motor

## 2.5. RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

El relé de estado sólido (SSR) es un elemento que permite aislar eléctricamente el circuito de entrada o mando y el circuito de salida.

Las diferentes partes que forman un SSR son:

- Circuito de entrada.

- El aislamiento está asegurado, generalmente por un acoplamiento óptico con semiconductor como un fototriac.
- Detector paso por cero.

Un relé de estado sólido con función de paso por cero opera cuando la tensión de la carga (tensión alterna) se acerca o alcanza el punto cero. Los relés con esta función tienen una buena inmunidad a los parásitos de entrada y producen unas bajas radiaciones al conmutar tensiones bajas.

Los relés de estado sólido para corriente alterna (AC) son circuitos híbridos compuestos de un TRIAC de potencia y un opto acoplador. De esta forma es posible aislar totalmente la carga de alto voltaje del circuito de control que opera a +5V o en un rango de 3~32VDC. Un circuito de "Zero Cross" está normalmente incluido en estos dispositivos para optimizar el control de la corriente alterna.

## **2.6. TACÓMETRO**

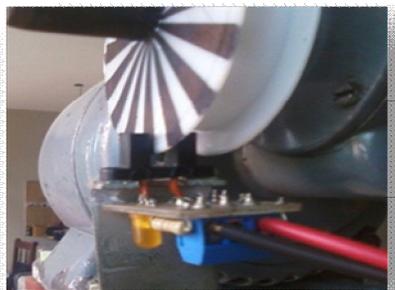
Un tacómetro es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor. Se mide en revoluciones por

minuto (RPM). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia los tacómetros digitales, por su mayor precisión.

Este prototipo de tacómetro se basa en un tren de pulsos que se forma con el giro del motor en el cual se acopla un disco con blancos y negros y pasan por la ranura del circuito integrado MOC70N, al pasar por medio del opto acoplador polariza 2 transistores y hace cambiar el estado de 0 a 1, esta señal podemos conectarla como entrada en la tarjeta y formar parte del control de velocidad del motor de fuerza.



**Figura 15.: Tacómetro**



**Figura 16.: Tacómetro e integrado MOC70N**

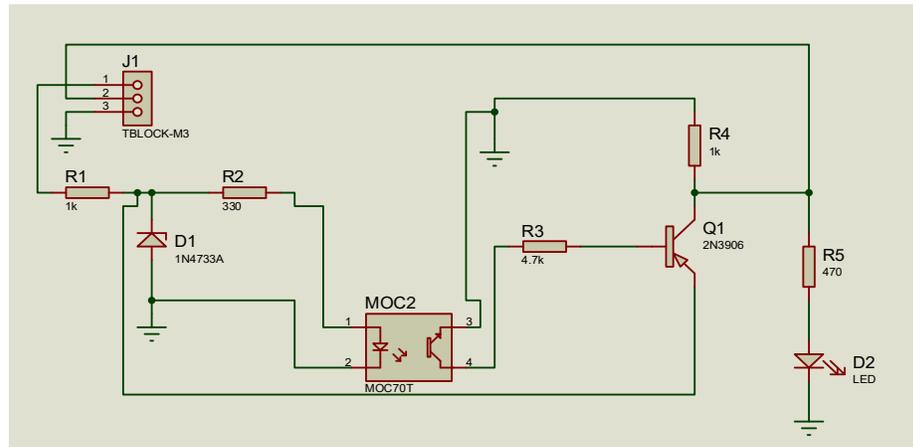


Figura 17.: Diagrama de Circuito del Tacómetro

## 2.7. AMPLIFICADOR DE CORRIENTE DE SALIDA DE LA DAQ 6009

El circuito es utilizado para aumentar la corriente de salida de la DAQ ya que la tarjeta solo emite corrientes mínimas de  $10\mu\text{A}$ , con este circuito la tarjeta aumenta hasta  $10\text{mA}$  que serán captados por los circuitos de interface.

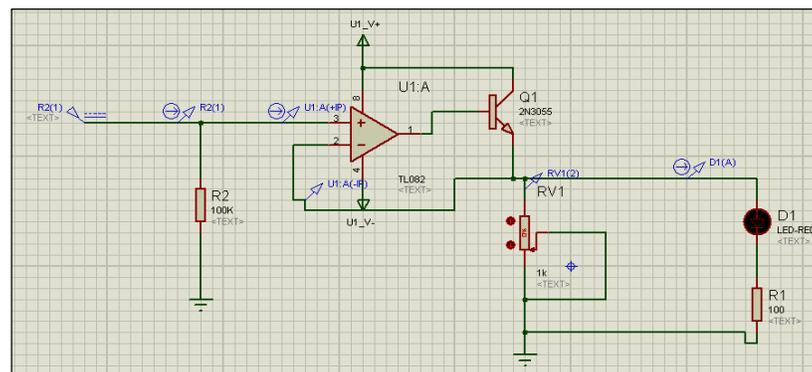


Figura 18.: Circuito Amplificador de corriente de salida

# CAPITULO 3

## 3.1. REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO

Se construyó una maqueta para implementar el control y así mismo probar cómo funcionaría en la parte práctica el ascensor.

### 3.1.1. Panel de Control

En el panel de control se encuentran los indicadores y controles de las funciones que realiza el proyecto. A continuación se detallarán cada uno de ellos:

#### **Indicador de posición del ascensor**

Se muestra la animación del movimiento del proyecto, como es la cabina subiendo y bajando, la apertura y cierre de puertas.

**Control externo**

Se observa desde el panel de control los botones que fueron pulsados desde cada piso.

**Indicador de sensores**

Observamos cada sensor de posición en cada piso donde se estaciona el ascensor.

**Indicador del motor del ascensor**

Observamos el motor en movimiento si está subiendo o bajando.

**Indicador del motor de puertas**

Observamos en los indicadores al motor abriendo y cerrando las puertas, también en las imágenes se aprecia el indicador de posición del ascensor.

**Indicador de velocidad**

Aquí se podrán observar las (r.p.m.) revoluciones por minuto.

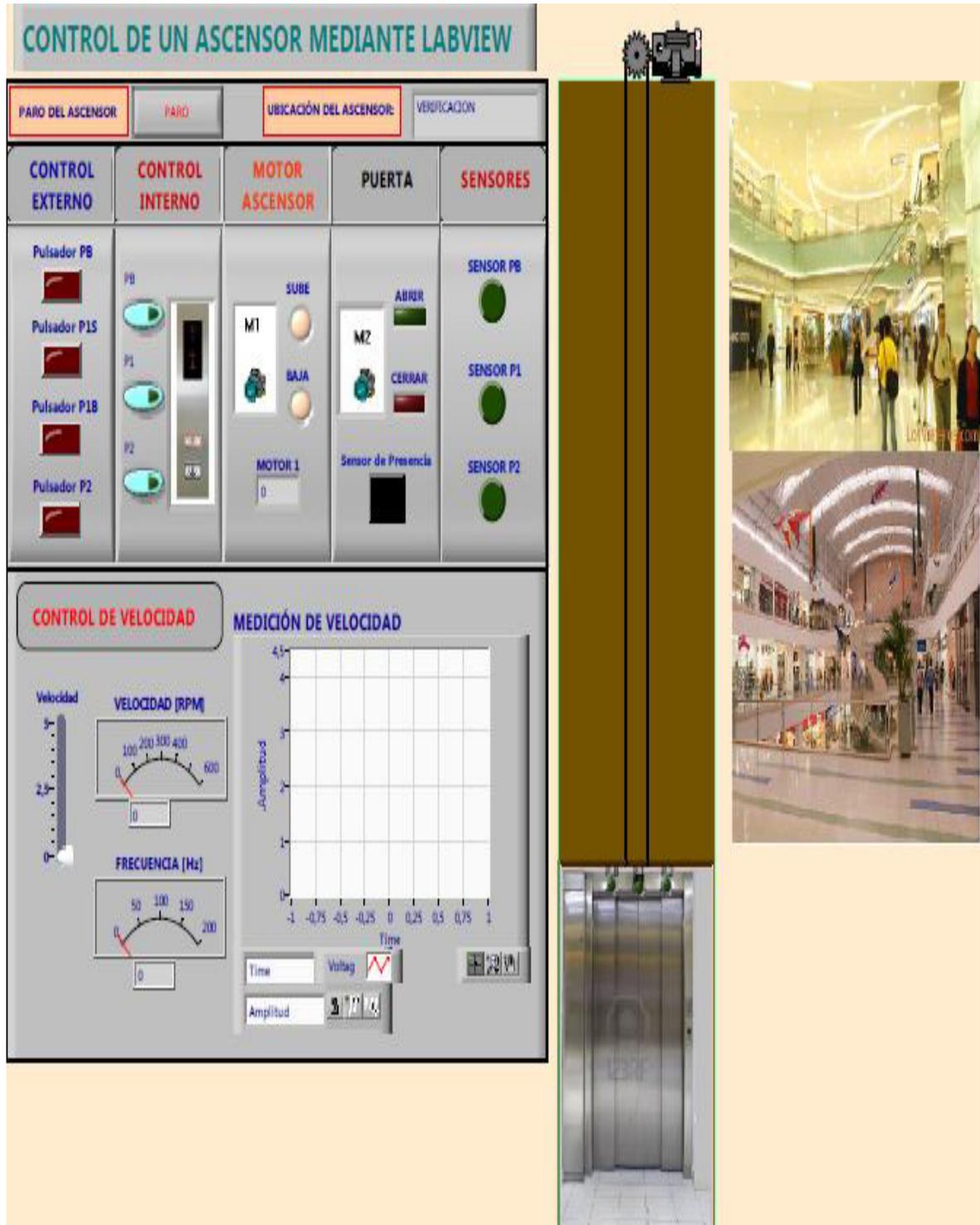
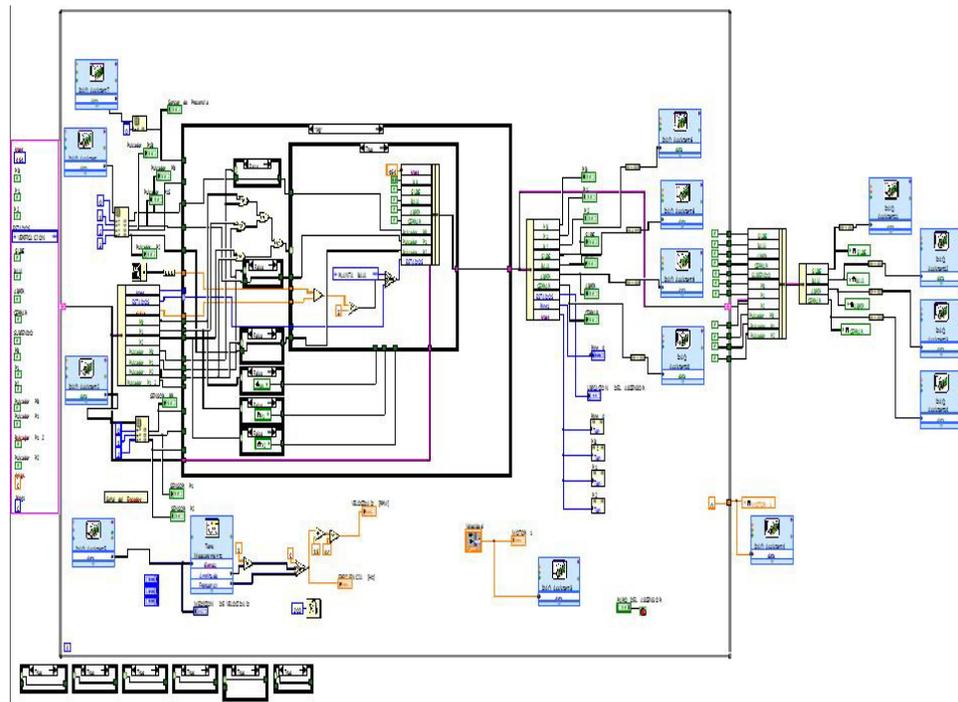


Figura 19.: Panel de Control de un Ascensor por Labview

### 3.1.2. Diagrama de Bloques

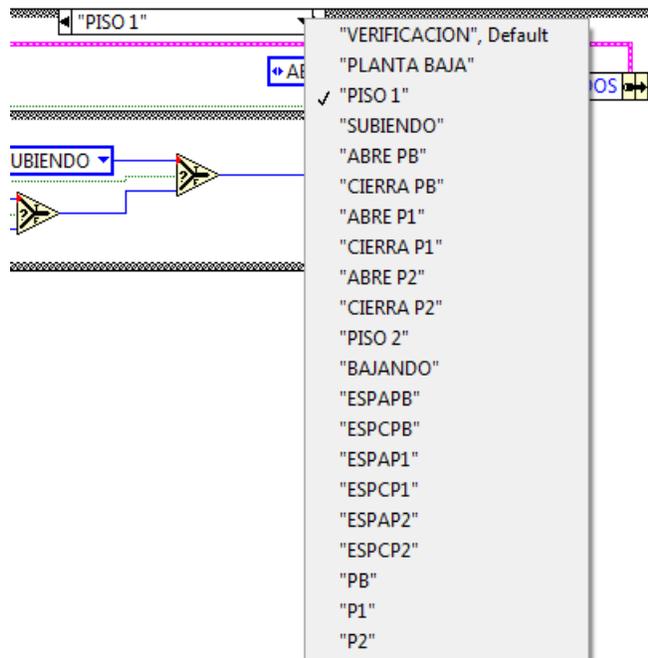
Para realizar el diagrama de bloques tenemos que utilizar un diagrama de estados para la programación del mismo.



**Figura 20.: Diagrama de Bloques del Control de un Ascensor**

Se aprecia todo el diagrama de bloques, en el cual se encuentra un lazo *WHILE* como matriz para reiniciar, luego que pasa de estado en estado en la programación gráfica observamos las entradas y salidas de la DAQ y las entradas simuladas desde el mismo programa.

Internamente en este lazo *WHILE* se encuentra una estructura de casos (*Case Structure*) en el cual se colocan todos los estados posibles del ascensor. Estos estados se observan a continuación.



**Figura 21.: Case Structure**

En cada *Case Structure* tenemos otro *Case Structure* con dos estados *False* y *True*, en los cuales colocamos las condiciones que se necesitan para cada estado.

A continuación cada uno de los casos utilizados en el *Structure Case* principal.

### **Verificación**

La verificación implica que cada vez que se inicia el programa sea donde se encuentre la cabina del ascensor. Siempre debe colocarse en planta baja la cabina.

En esta estructura tenemos un *Select Function*. Este regresa el valor de entrada PB o ESTADO, dependiendo del valor en el SENSOR PB, si SENSOR PB es verdad la función regresa el valor de la línea es PB pero si es falso el valor de la línea es ESTADOS.

Una vez que elige la señal pasa a un paquete *For Función*, sustituye uno o más elementos del grupo. Esta función se refiere a los elementos del *Clúster* por su nombre en lugar de por su posición en el grupo, después de conectar el nodo a un *Clúster* de entrada.



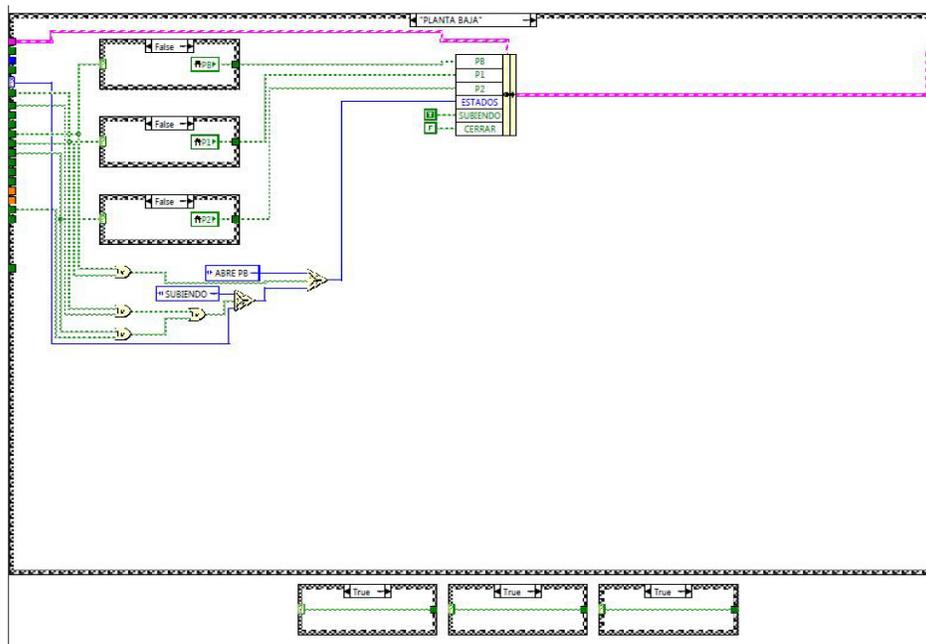
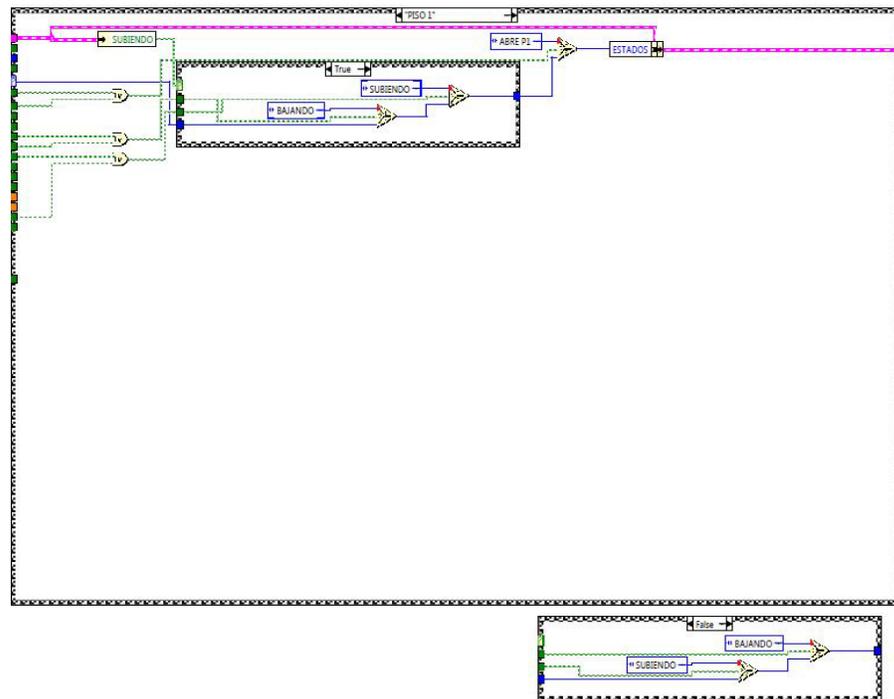


Figura 23.: Diagrama de bloques Planta Baja

### Piso 1

Cuando el ascensor reciba señales sea dentro de cabina o del hall de piso, éste se encuentra de subida se detiene en el Piso 1 (P1), si no existe ninguna señal seguirá su trayectoria hasta el siguiente piso, al momento de llegar al Piso 2 (P2) comienza a descender si existe una señal en el Piso 1 (P1) se detiene en el mismo, y siempre cumple las opciones de abrir y cerrar puertas. Tiene un *Case Structure* para cumplir con dos selectores de función dependiendo si está subiendo o bajando.



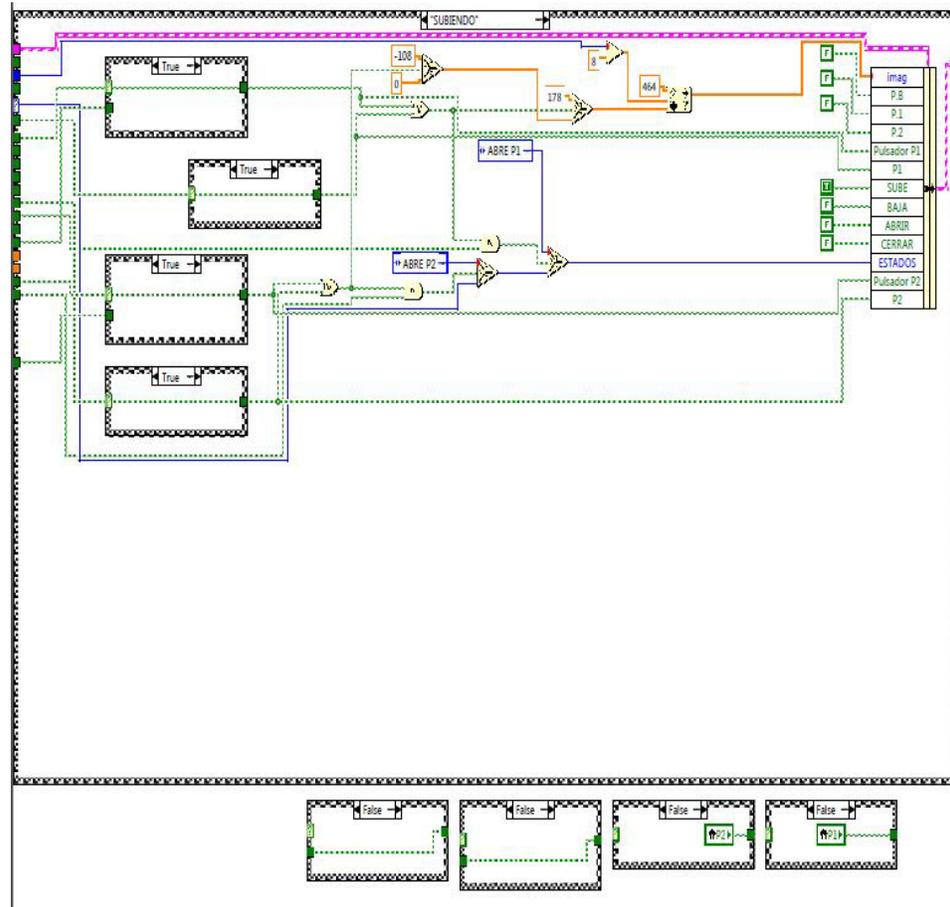
**Figura 24.: Diagrama de Control Piso 1 (P1) y Condición de Subida y Bajada**

### Subiendo

Estado en el cual el ascensor ya recibió la orden de subir buscando el sensor indicado que puede ser SENSOR P1 o SENSOR P2, el cual se detiene según la orden.

Para cada piso hay un seleccionador de funciones para abrir o cerrar puertas. Tenemos cuatro Case internos y observamos que son de dos

estados *True* o *False* en el dos y el cuatro cuando cambia el *Case* a *False* seleccionan un piso P1 y en el otro P2.



**Figura 25.: Diagrama de Control (Subiendo)**

### Abre PB

Cuando el ascensor se encuentra en Planta Baja (PB), este abre las las puertas de la cabina.





## Abre P2

Es en el caso de estar en P2 el ascensor abre las puertas.

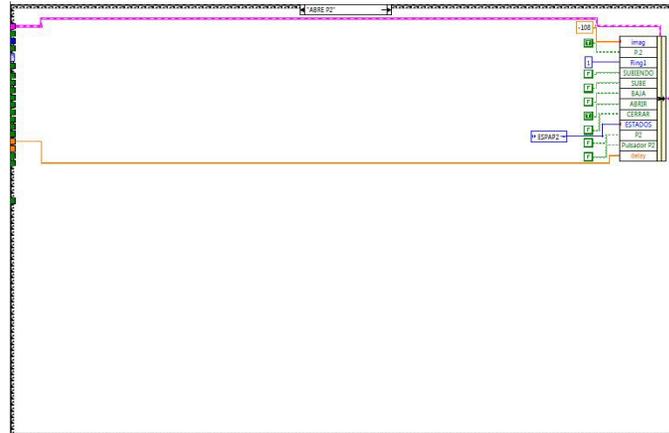


Figura 30.: Diagrama De Control (Abre P2)

## Cerrar P2

Cerrar las puertas una vez que pase el tiempo límite y tenga la señal del sensor de presencia para cerrar la puerta y volver abrir.

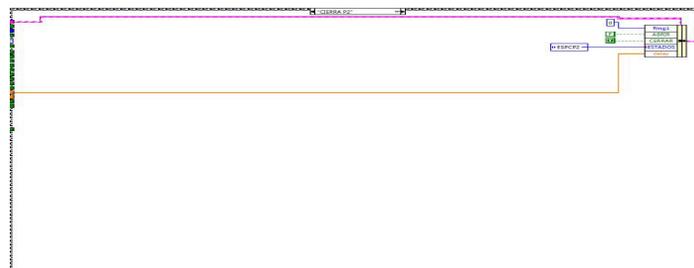


Figura 31.: Diagrama de Control (Cerrar P2)

## Piso 2

Cuando el ascensor reciba señales sea dentro de cabina o del hall de piso, si se encuentra de subida se detiene en el Piso 1 (P1), si no existe ninguna señal seguirá su trayectoria hasta el siguiente piso. Al momento de llegar al Piso 2 (P2) comienza a descender si existe una señal en el Piso 1 (P1), se detiene en el mismo y siempre cumple las opciones de abrir y cerrar puertas. Tiene un *Case Structure* para cumplir con dos selector de función dependiendo si está subiendo o bajando

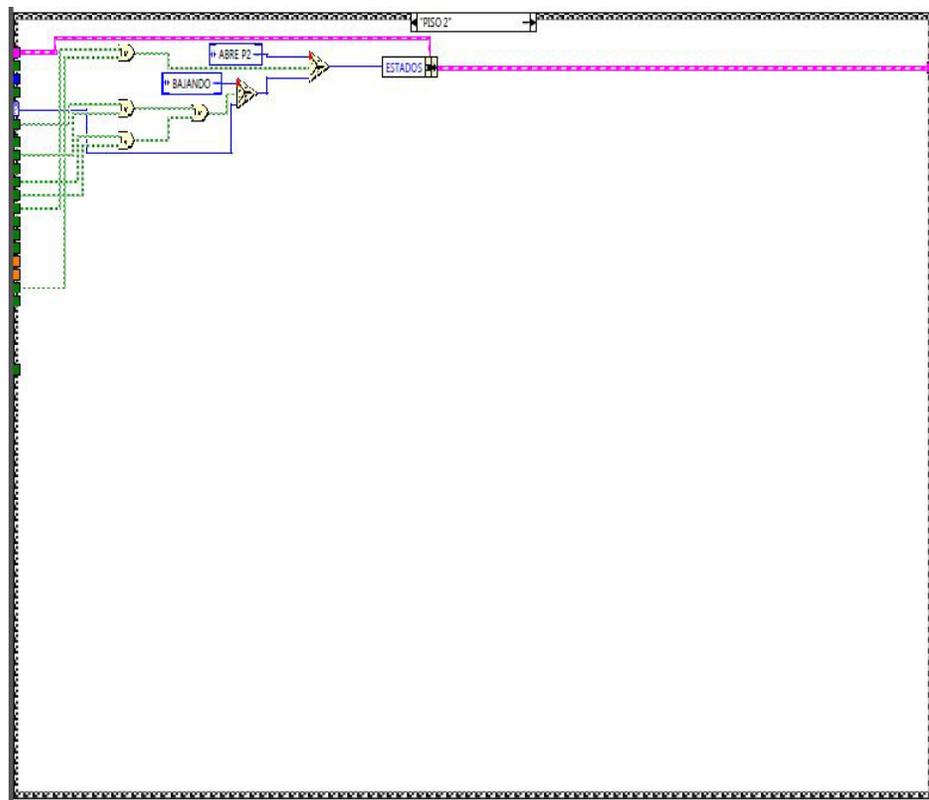


Figura 32.: Diagrama De Control (Piso 2)

## Bajada

Es el estado cuando el ascensor ya recibió la orden de bajar buscando el sensor indicado que puede ser SENSOR P1 o SENSOR PB en el cual se detiene según la orden.

Para cada piso hay un seleccionador de funciones para abrir o cerrar puertas. Tenemos cuatro *Case* internos y observamos dos son de estados *True* o *False* en el dos y el cuatro cuando cambia el *Case* a *False* seleccionan un piso P1 y en el otro PB.

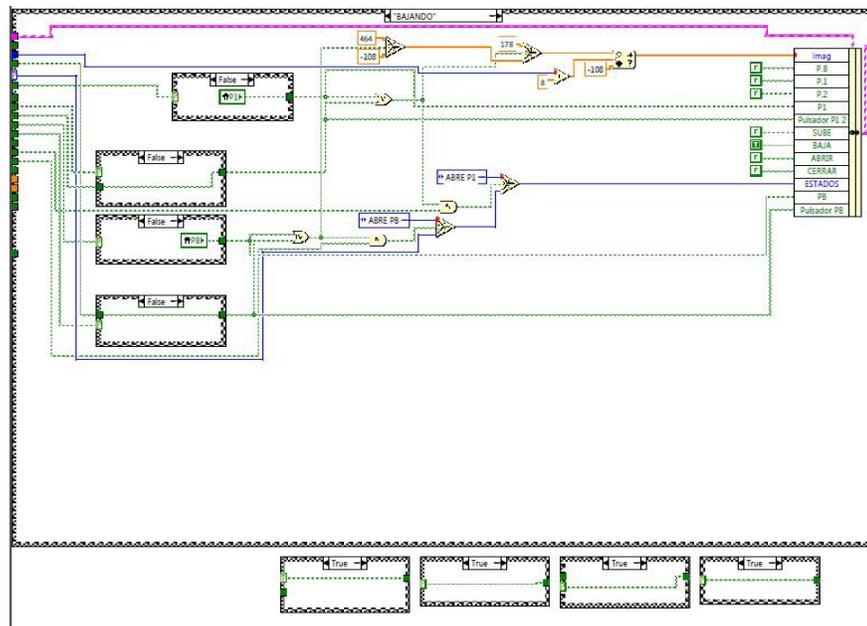


Figura 33.: Diagrama de Control (Bajada)



## EspcPB

Es el estado cuando el ascensor se encuentra parado y después de abrir la puerta, el sensor de presencia no detecta nada, cierra la puerta y pasa al siguiente estado el control del ascensor, si la orden así está dispuesta.

Para cada piso hay un seleccionador de funciones para cerrar donde selecciona el estado que se encuentra. Existen dos *case structure* internos para ver a dónde continúan con las ordenes.

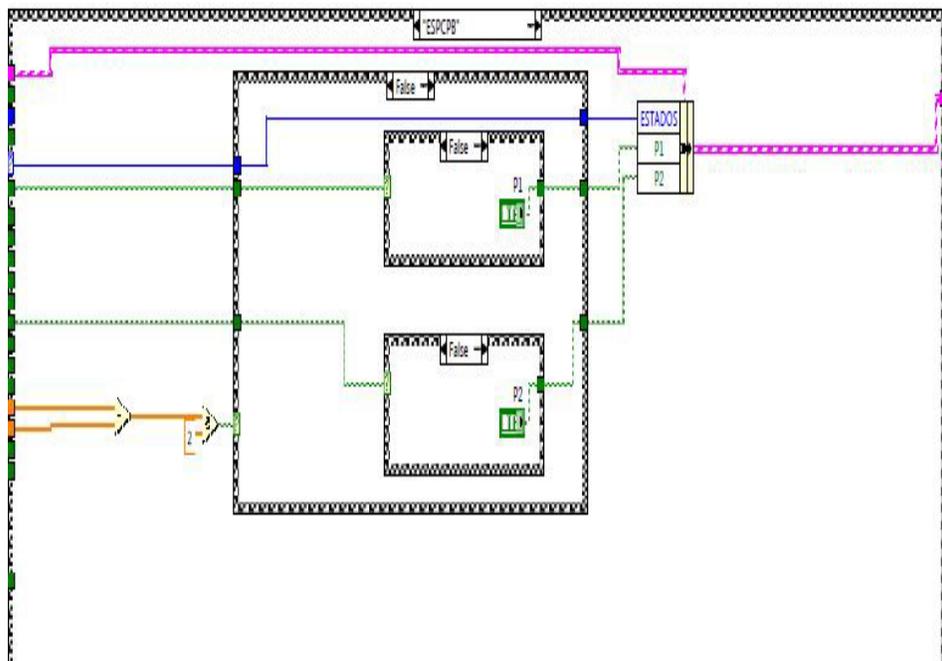


Figura 35.: Diagrama de Control (ESPACB)

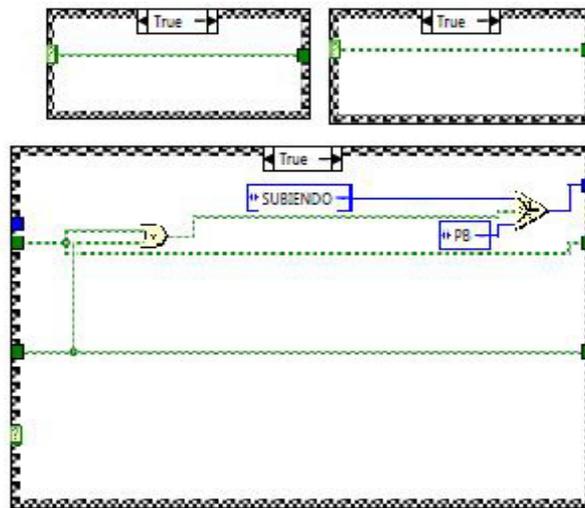


Figura 36.: Diagrama de Control (ESPCPB Case Structure True)

## EspaP1

Es el estado cuando el ascensor se encuentra parado en el Piso 1 (p1) y envía la señal de abrir la puerta en este piso.

Para cada piso hay un selector de funciones para abrir donde selecciona el estado en que se encuentra.

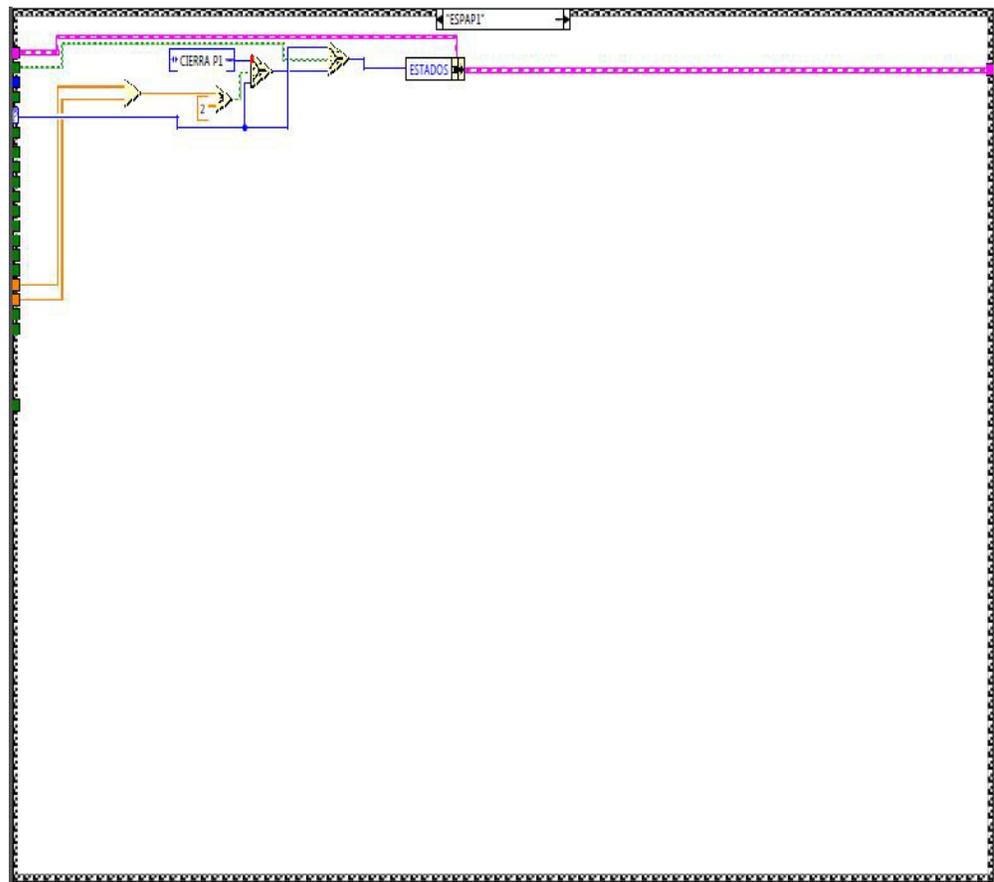


Figura 37.: Diagrama de Control (ESPAP1)

## EspcP1

Es el estado cuando el ascensor se encuentra parado y después de abrir la puerta, el sensor de presencia no detecta nada, cierra la puerta y pasa al siguiente estado el control del ascensor, si la orden así está dispuesta.

Para cada piso hay un seleccionador de funciones para cerrar donde selecciona el estado que se encuentra. Existen dos *Case Structure* internos para ver a dónde continúan con las ordenes.

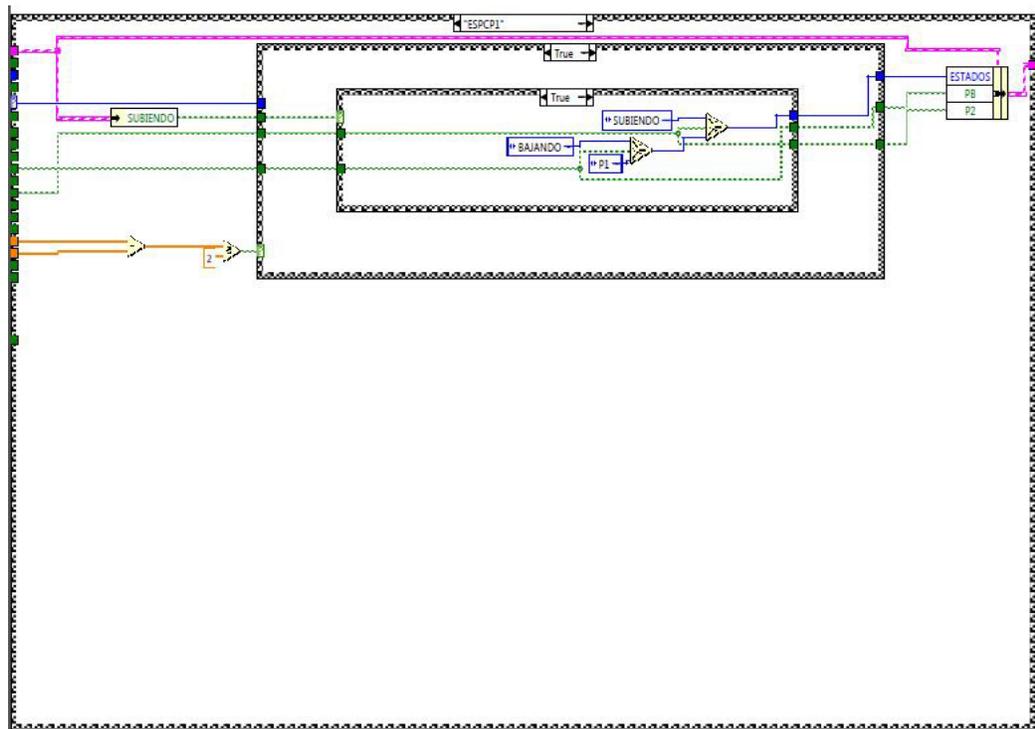


Figura 38.: Diagrama de Control (ESPC1)

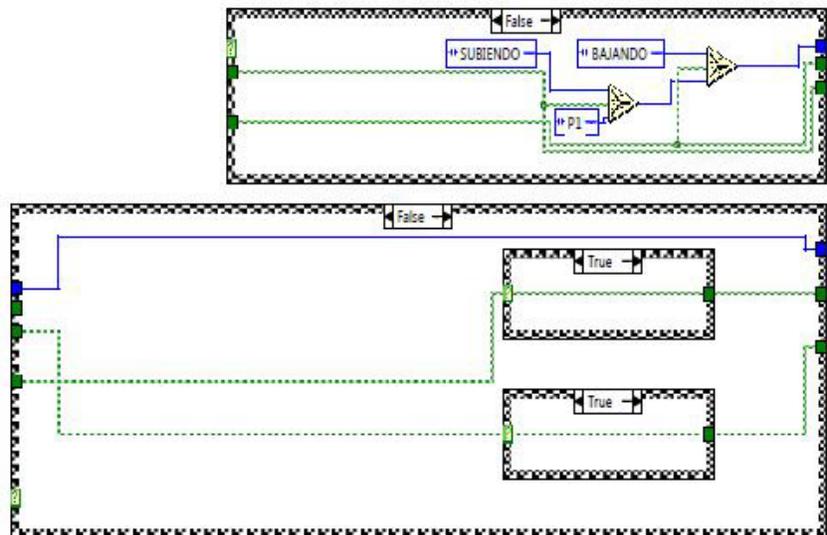


Figura 39.: Diagrama de Control (ESPCP1 Case Structure True)

## ESPAP2

Es el estado cuando el ascensor se encuentra parado en el Piso 2 (P2) y envía la señal de abrir la puerta en este piso.

Para cada piso hay un seleccionador de funciones para abrir donde selecciona el estado en que se encuentra.

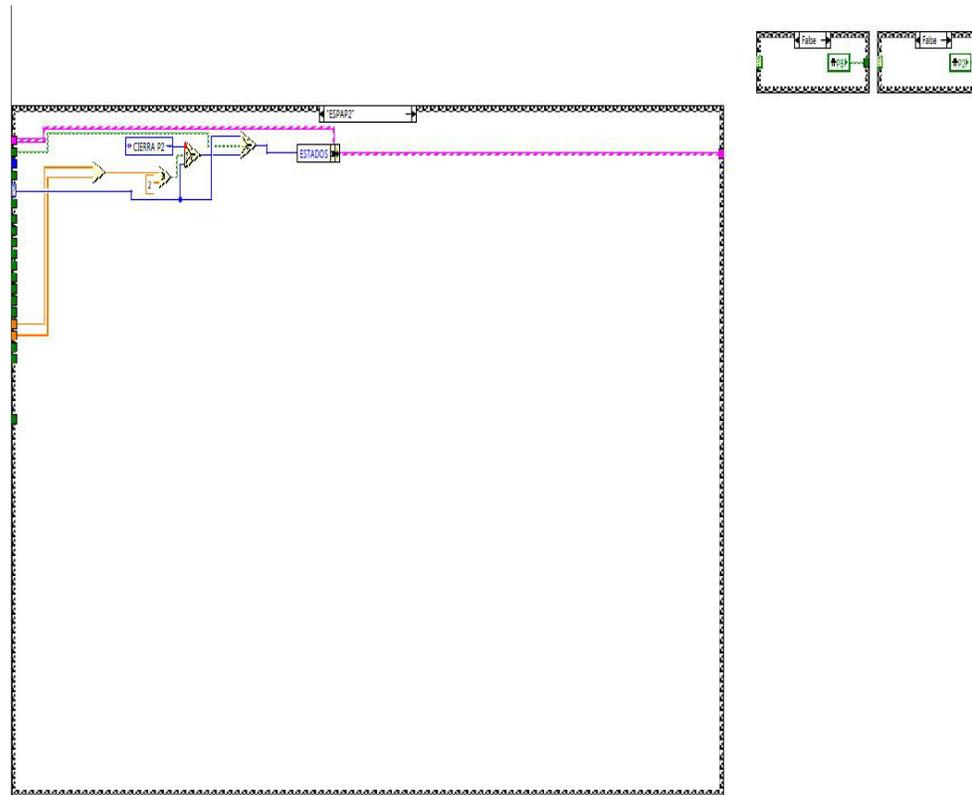


Figura 40.: Diagrama de Control (ESPAP2 Case Structure True)

### EspcP2

Es el estado cuando el ascensor se encuentra parado y después de abrir la puerta y el sensor de presencia no detecta nada, cierra la puerta y pasa al siguiente estado el control del ascensor, si la orden así está dispuesta.

Para cada piso hay un seleccionador de funciones para cerrar donde selecciona el estado que se encuentra. Existen dos *Case Structure* internos para ver a dónde continúan con los ordenes.

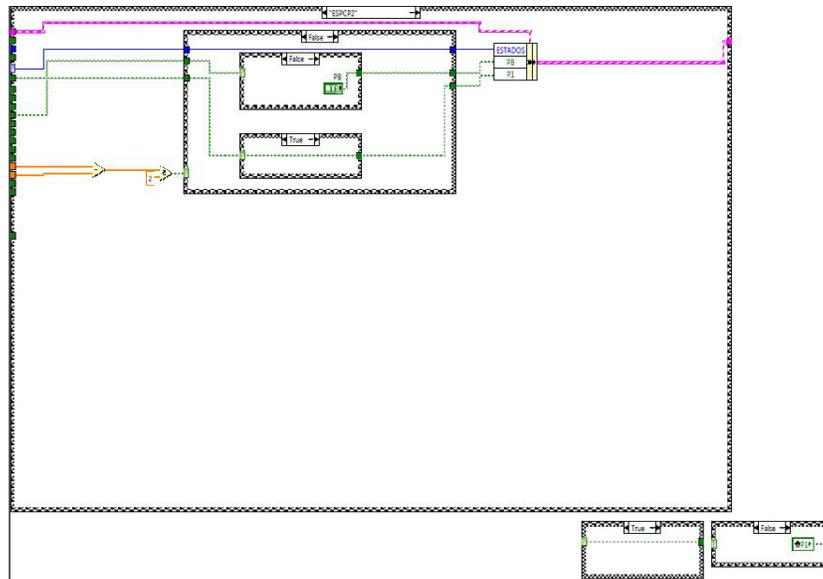


Figura 41.: Diagrama de Control (ESPAC2)

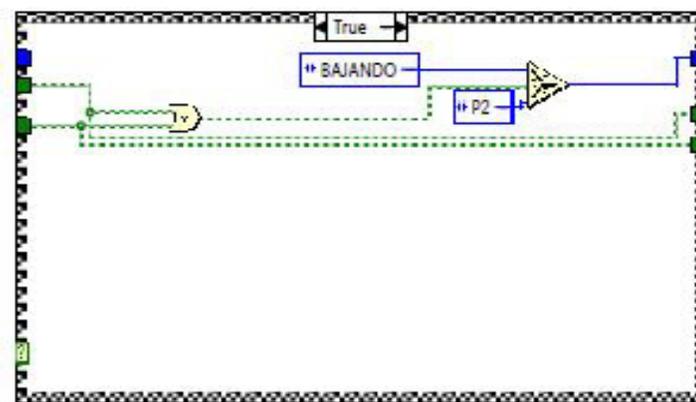


Figura 42.: Diagrama de Control (ESPAC2 Case Structure True)

## PB

Es el *Case Structure* que tiene el seleccionador de estados para cumplir todos los requerimientos cuando el ascensor se encuentre en Planta Baja. Internamente tiene siete *Case Structure* de condiciones verdad o falso y otro con un seleccionador de estados.

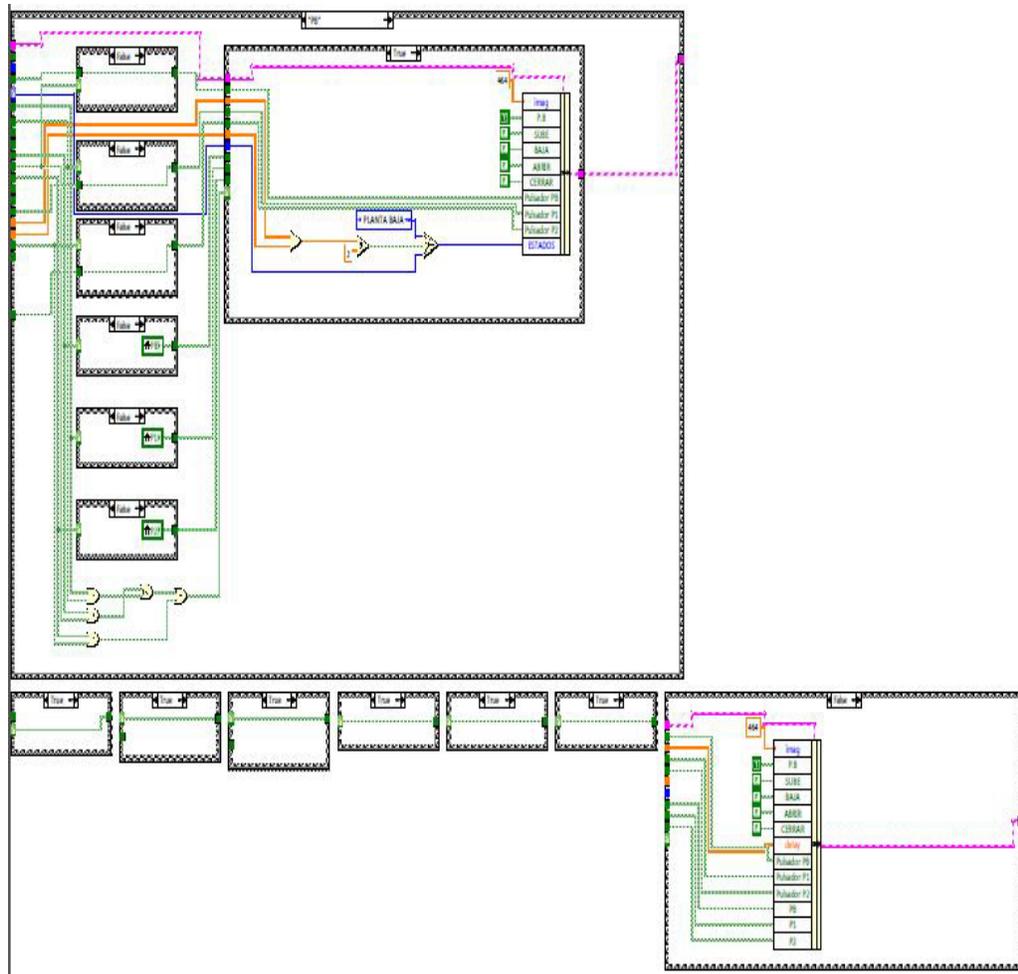


Figura 43.: Diagrama de Control (PB)

## P1

Es el *Case Structure* que tiene el seleccionador de estados para cumplir todos los requerimientos cuando el ascensor se encuentre en el Piso 1 (P1). Internamente tiene siete *Case Structure* de condiciones verdad o falso y otro con un seleccionador de estados.

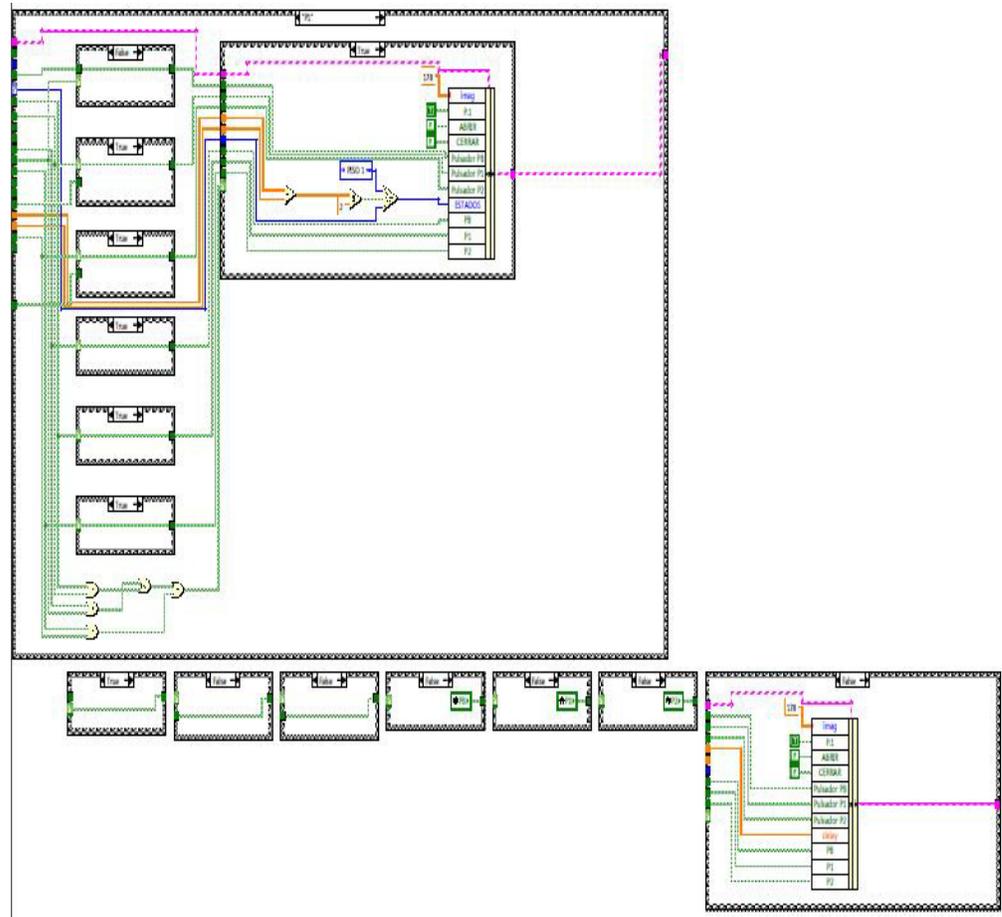


Figura 44.: Diagrama de Control (P1)

## P2

Es el *Case Structure* que tiene el seleccionador de estados para cumplir todos los requerimientos cuando el ascensor se encuentre en el piso 2. Internamente tiene siete *Case Structure* de condiciones verdaderas o falsas y otro con un seleccionador de estados.

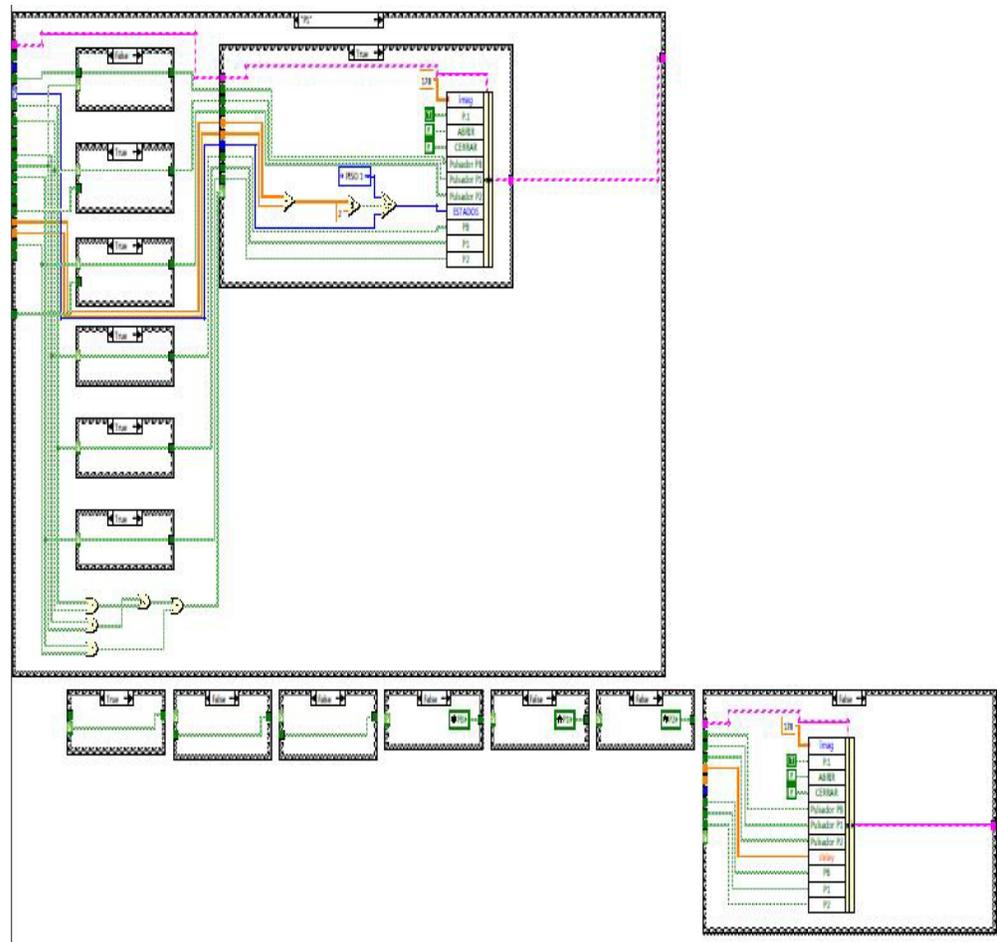


Figura 45.: Diagrama de Control (P2)

# CAPITULO 4

## 4.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación mostramos las pruebas de funcionamiento realizadas en el laboratorio.

En la siguiente foto se describe la maqueta:

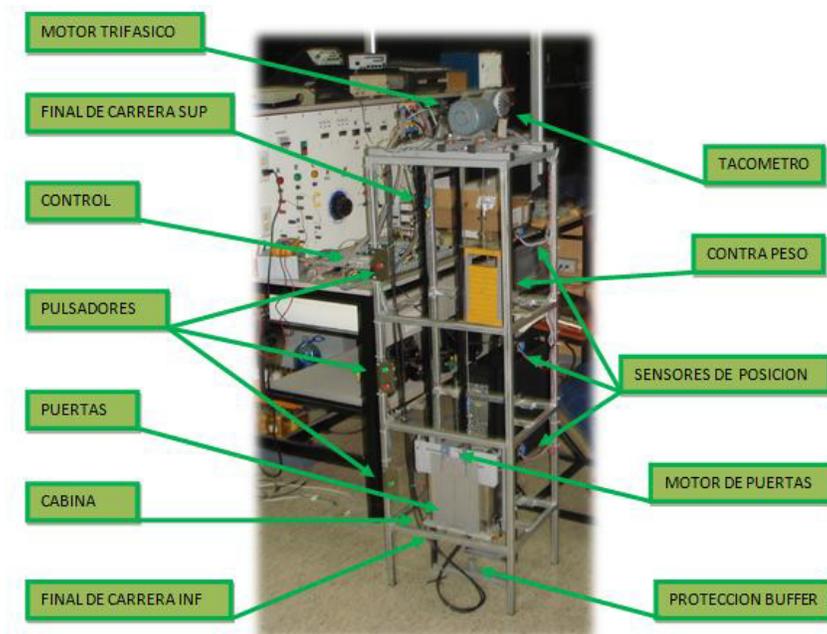


Figura 46.: Maqueta del Ascensor

#### 4.1.1. Pruebas de Funcionamiento de los Finales de Carrera

Para realizar estas pruebas tenemos que colocar el ascensor en el selector en control manual para poder enviar a los límites tanto inferiores como superiores el ascensor.

Colocar en estado manual permite manejar el ascensor desde un control el cual es útil para el técnico encargado en revisar y dar mantenimiento el equipo.

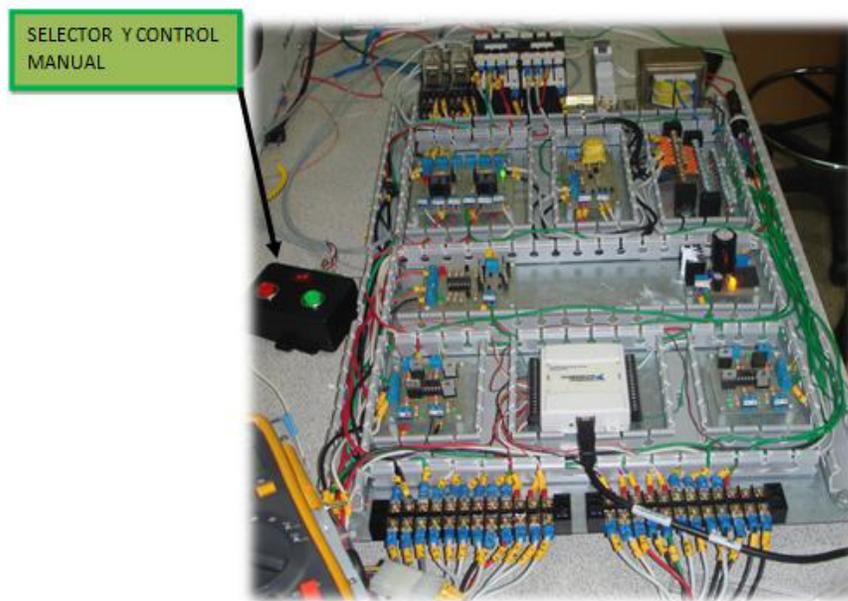
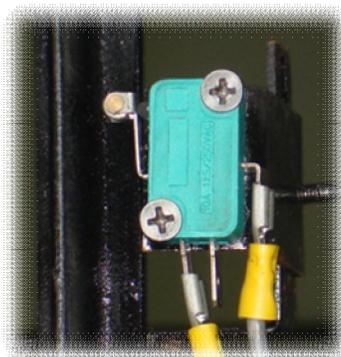
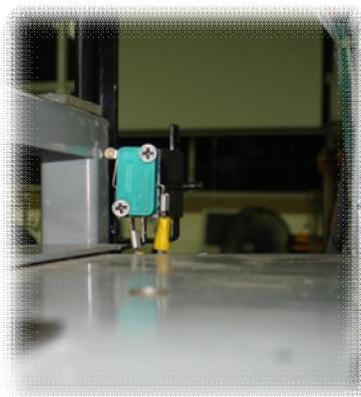


Figura 47.: Control y Selector Manual

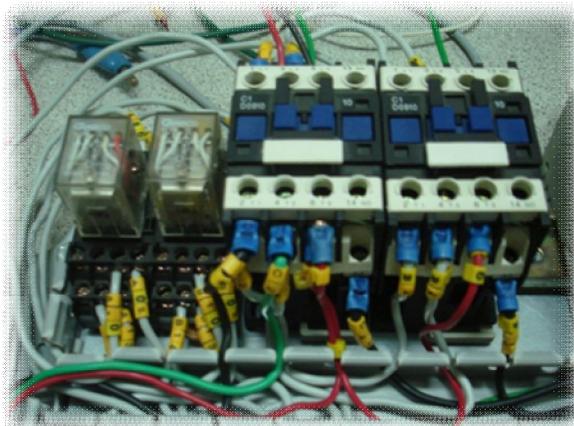
Una vez que tenemos el selector en manual, presionamos el botón verde que significa subir y la cabina sube sin detenerse en los sensores de posición, observamos que el final de carrera tiene una conexión normalmente cerrado que cuando la cabina impulse el final de carrera para abrir y así abrir el circuito del contactor de subida en este caso el contactor D. A continuación observamos los gráficos de las pruebas.



**Figura 48.: Final de Carrera Superior**

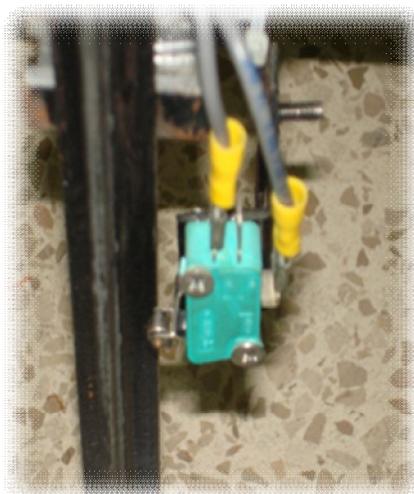


**Figura 49.: Final de Carrera Presionado por la Cabina**



**Figura 50.: Contactor D no se Activa**

Ahora presionamos el botón rojo para bajar y probar el final de carrera inferior, con este final de carrera protegemos la cabina de una caída libre.



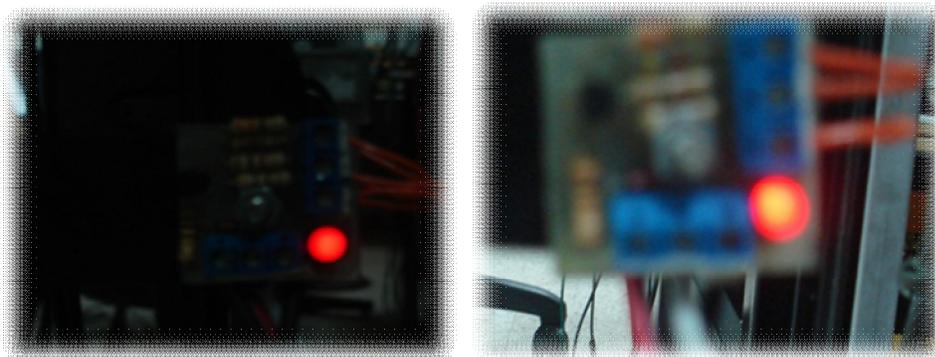
**Figura 51.: Final de Carrera Inferior**



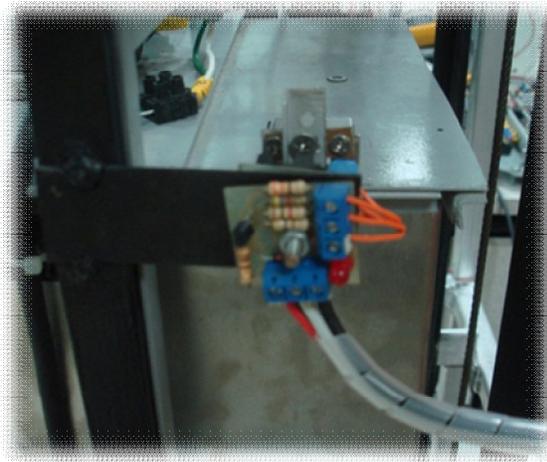
**Figura 52.: Final de Carrera Presionado por la Cabina**

#### **4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES**

Para observar el funcionamiento de cada sensor, este tiene un indicador con un diodo LED, ayudando a observar cuando detecta, el diodo LED se apaga.

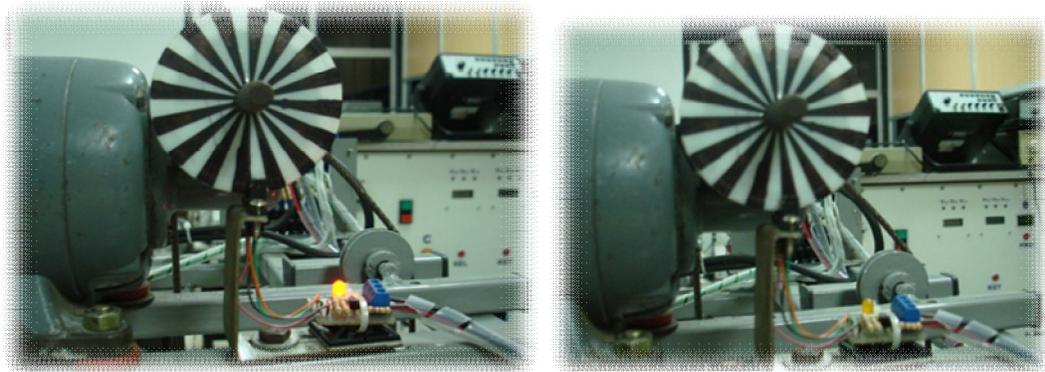


**Figura 53.: Sensor de Presencia Prendido**



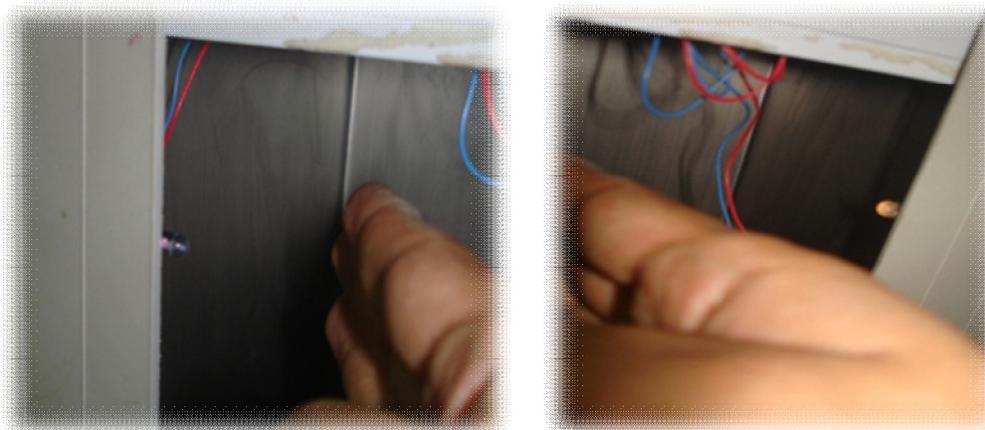
**Figura 54.: Sensor de Presencia Detecta la Cabina**

Probamos a continuación el contador de pulsos en el motor. Cuando la rueda de dos colores gira, el detector emite un pulso que se enciende cuando sea el color blanco y se apaga cuando sea el color negro.

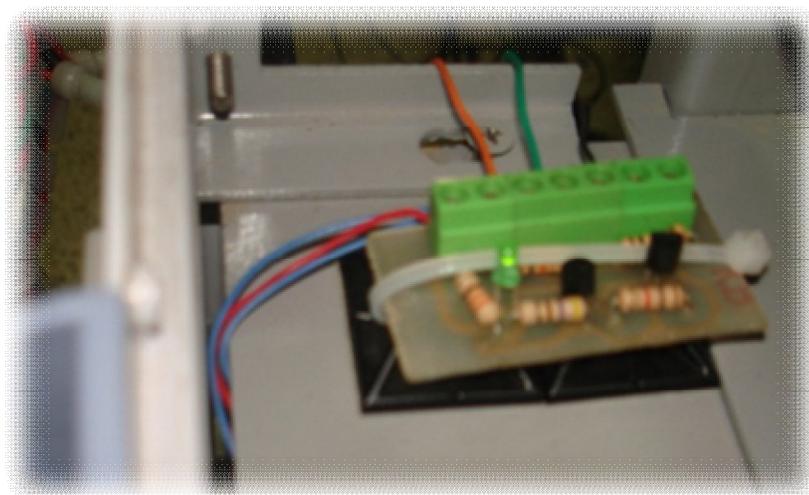


**Figura 55.: Detector de Pulsos**

La siguiente prueba es del sensor de presencia cuando abre las puertas colocamos la mano y la puerta permanece abierta.



**Figura 56.: Detector de Presencia del Emisor y Receptor en las Puertas**



**Figura 57.: Detector de Presencia Encendido**

### 4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

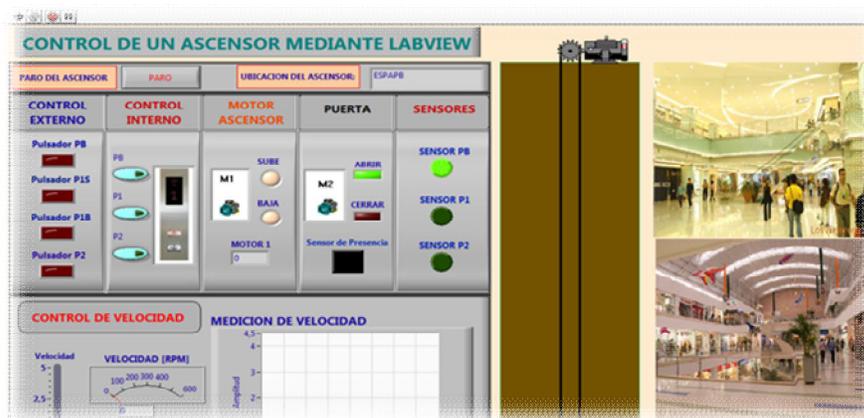
A continuación se presenta el programa funcionando.

El ascensor siempre se ubica en la Planta Baja (PB).



**Figura 58.: Ascensor en PB en la Pantalla señala el indicador**

Abrimos puertas en planta baja PB.



**Figura 59.: Ascensor en PB y Apertura de Puertas**

Cerramos las puertas en planta baja PB.



Figura 60.: Ascensor en PB y Cierre de Puertas

Si el sensor de presencia detecta a alguien ingresando a la cabina entonces se enciende el indicador de color azul en la pantalla del control y abre las puertas.



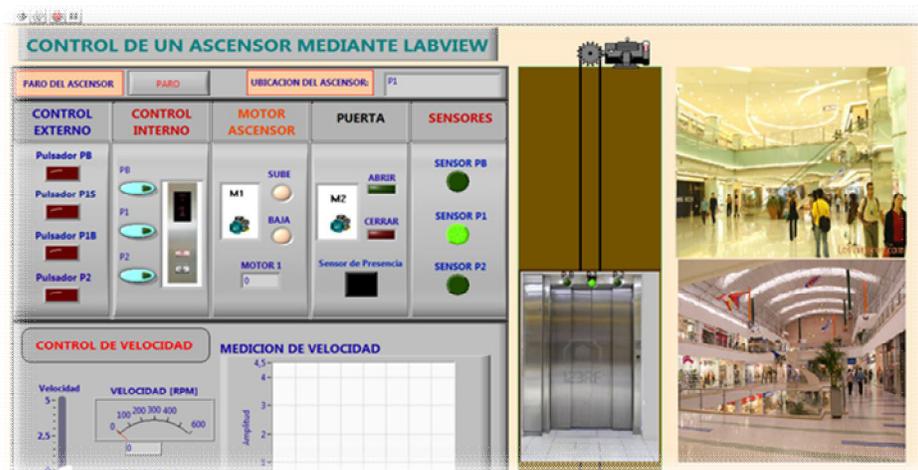
Figura 61.: Ascensor en PB y Sensor de Presencia Encendido

Si se llama al ascensor desde el corredor, este debe seguir al Piso que lo llamen, en esta prueba sube al Piso 1 (P1).



**Figura 62.: Ascensor en PB, Subiendo a P1**

Llega al piso 1 P1 y se detiene, el sensor de presencia indica que está en el P1.



**Figura 63.: Ascensor en P1**

En el Piso 1 (P1) abriendo puertas.



Figura 64.: Ascensor en P1 Abriendo Puertas

En el Piso 1 (P1) cerrando puertas.



Figura 65.: Ascensor en P1 Cerrando Puertas

La siguiente prueba es pedir al ascensor subir al Piso 2 (P2).



Figura 66.: Ascensor Subiendo a P2

Llega al Piso 2 (P2) y se detiene, el sensor de presencia indica que está en el (P1).



Figura 67.: Ascensor en P2

En Piso 2 (P2) abriendo puertas.



Figura 68.: Ascensor en P2 Abriendo Puertas

En el Piso 2 (P2) cerrando puertas.



Figura 69.: Ascensor en P2 Cerrando Puertas

La siguiente prueba es al mismo tiempo, se pide el ascensor en PB control interno y P1 control externo. Entonces procede a bajar para cumplir las órdenes.



Figura 70.: Ascensor en P2 Bajando a P1.

Abriendo puertas en P1.



Figura 71.: Ascensor Abriendo Puertas en P1.

Cerrando puertas en P1.



Figura 72.: Ascensor Cerrando Puertas P1.

Llega a Planta Baja y termina la orden.



Figura 73.: Ascensor en PB Terminando la Orden.

# CONCLUSIONES

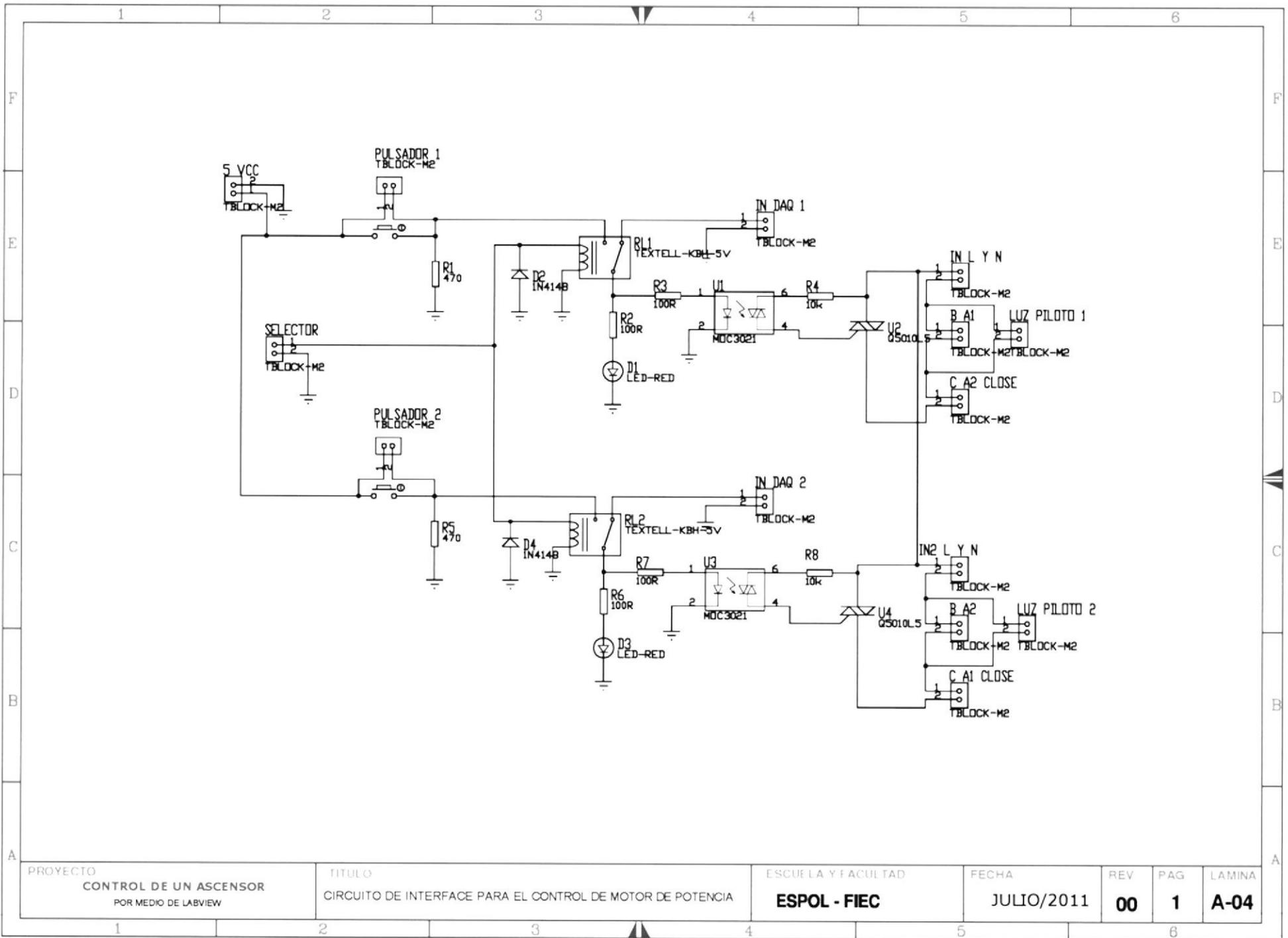
1. A través de la metodología de diseño empleada para el desarrollo de este proyecto, encontramos que la manera de abordar y resolver los problemas presentados en este tipo de actividades nos ayudan a adquirir destrezas para resolver en el futuro problemas de ingeniería y en el plano profesional.
2. El desarrollar el concepto de diagramas de estado fue de gran importancia, debido a que a través de este, el planteamiento del funcionamiento de cualquier tipo de sistema puede ser esquematizado de tal forma que sea de fácil interpretación y en donde los posibles problemas de funcionamiento puedan llegar a ser rápidamente detectados, como lo fue para nuestro proyecto enfocado en un sistema de control de un ascensor maqueta empleando diagramas de estado y luego pasando a programar en el lenguaje grafico de Labview.
3. Por medio de un minucioso análisis y en unión con el manejo de herramientas de programación y tarjetas de adquisición de datos se logró comprender como pueden ser usadas las señales de salida de un circuito digital, en dispositivos electromecánicos como motores. Como lograr obtener señales para ingresar a la tarjeta de adquisición y luego controlar todo el sistema.

# RECOMENDACIONES

1. Es importante documentar a fondo el código utilizado para el desarrollo de proyectos para evitar inconvenientes en el mantenimiento y modificación del mismo.
2. La conexión de la fuente de alimentación DC debe ser conectada en una toma diferente a la alimentación trifásica del motor para evitar armónicos y proteger la tarjeta de adquisición de datos.
3. Está señalizado con advertencias de no colocar la mano por seguridad, debido que puede ocurrir un accidente si alguien no tiene los cuidados necesarios para manipular la maqueta.
4. El proyecto puede seguir siendo ampliado y dando las facilidades para que futuros estudiantes de acuerdo al desarrollo de la tecnología y necesidades del medio puedan hacer prototipos de productos útiles para la sociedad.
5. Al conectar los elementos verificar con los planos que se esté haciendo las conexiones de acuerdo a los planos y las marcas en cada cable.

# **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**PLANOS DE DIAGRAMAS**



PROYECTO  
CONTROL DE UN ASCENSOR  
POR MEDIO DE LABVIEW

TITULO  
CIRCUITO DE INTERFACE PARA EL CONTROL DE MOTOR DE POTENCIA

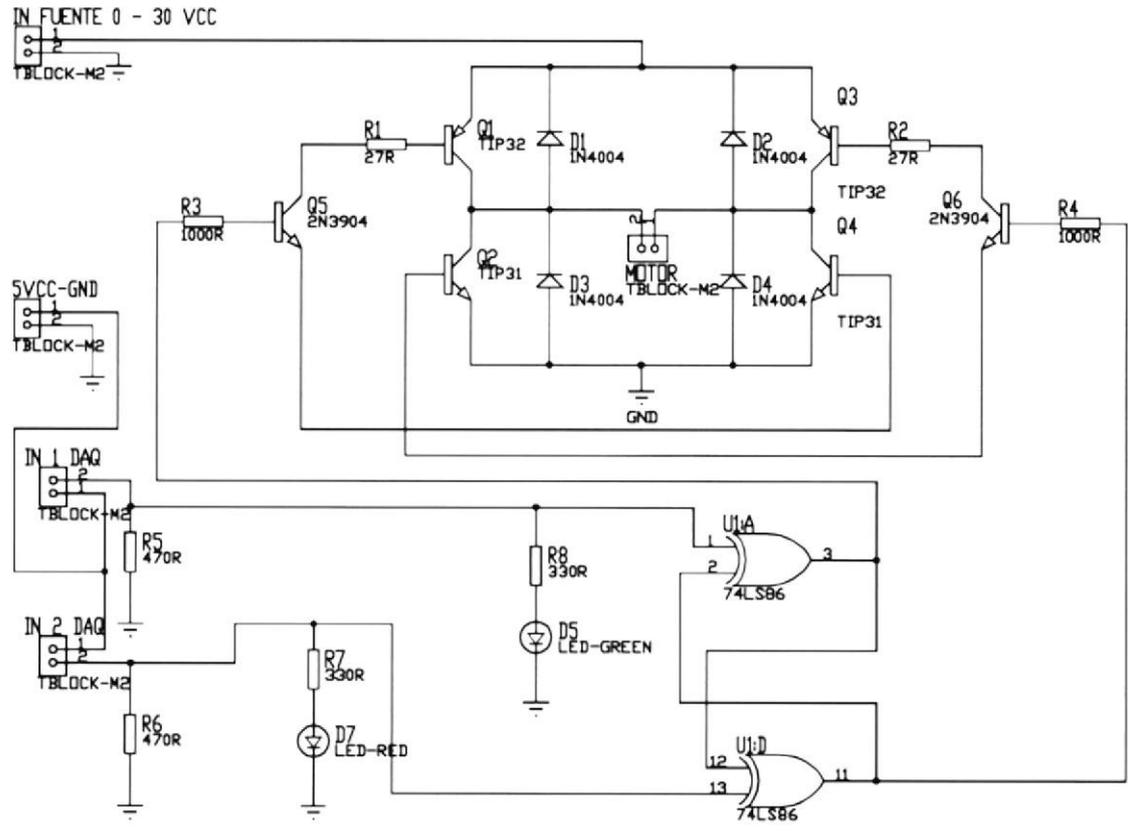
ESCUELA Y FACULTAD  
ESPOL - FIEC

FECHA  
JULIO/2011

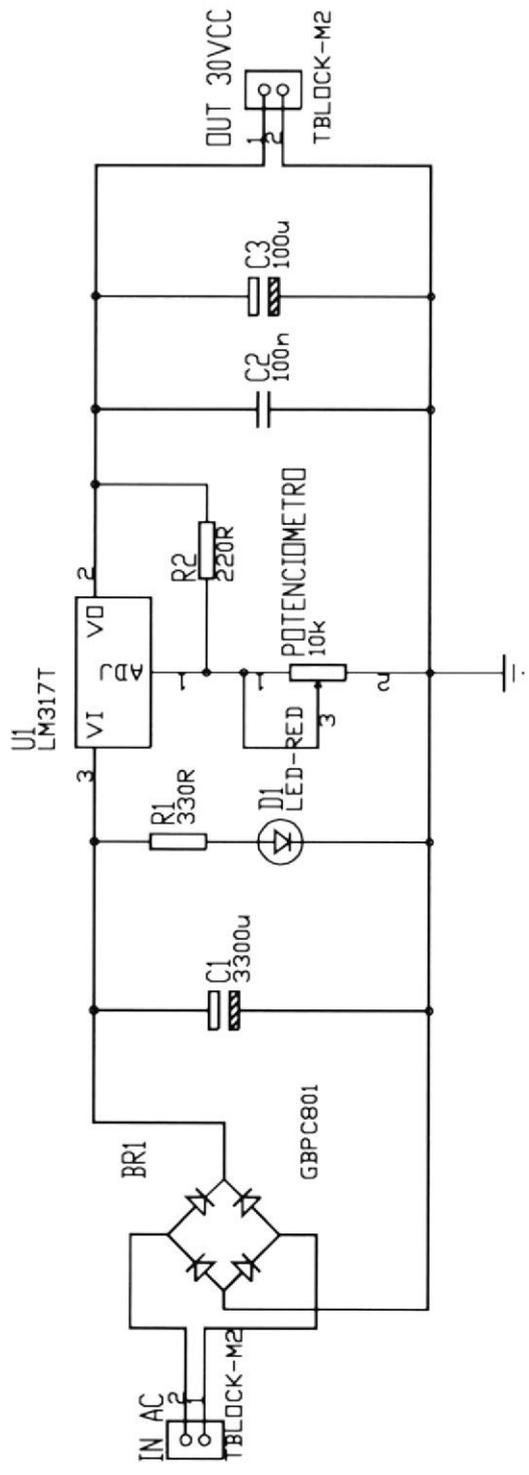
REV  
00

PAG  
1

LAMINA  
A-04

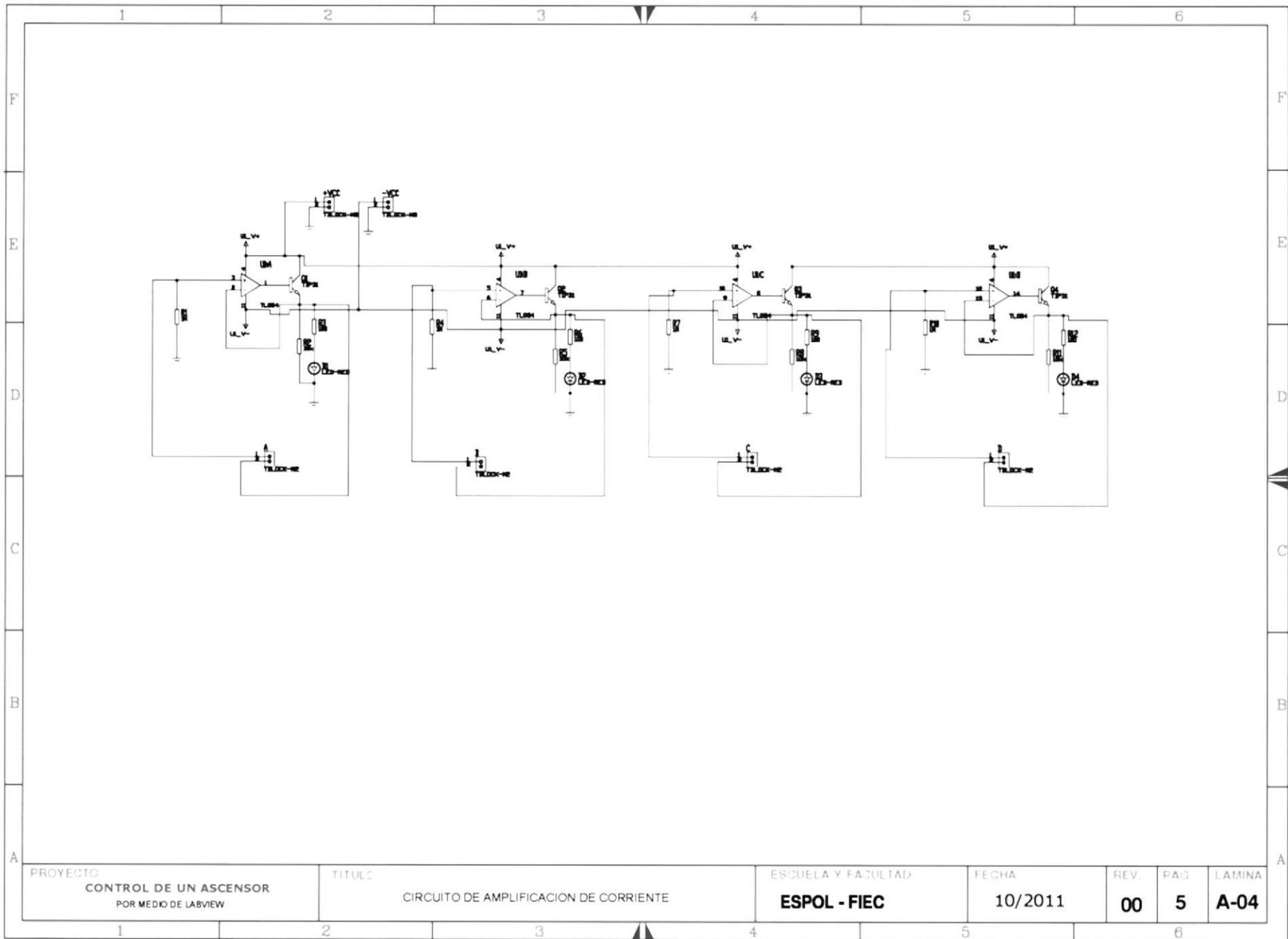


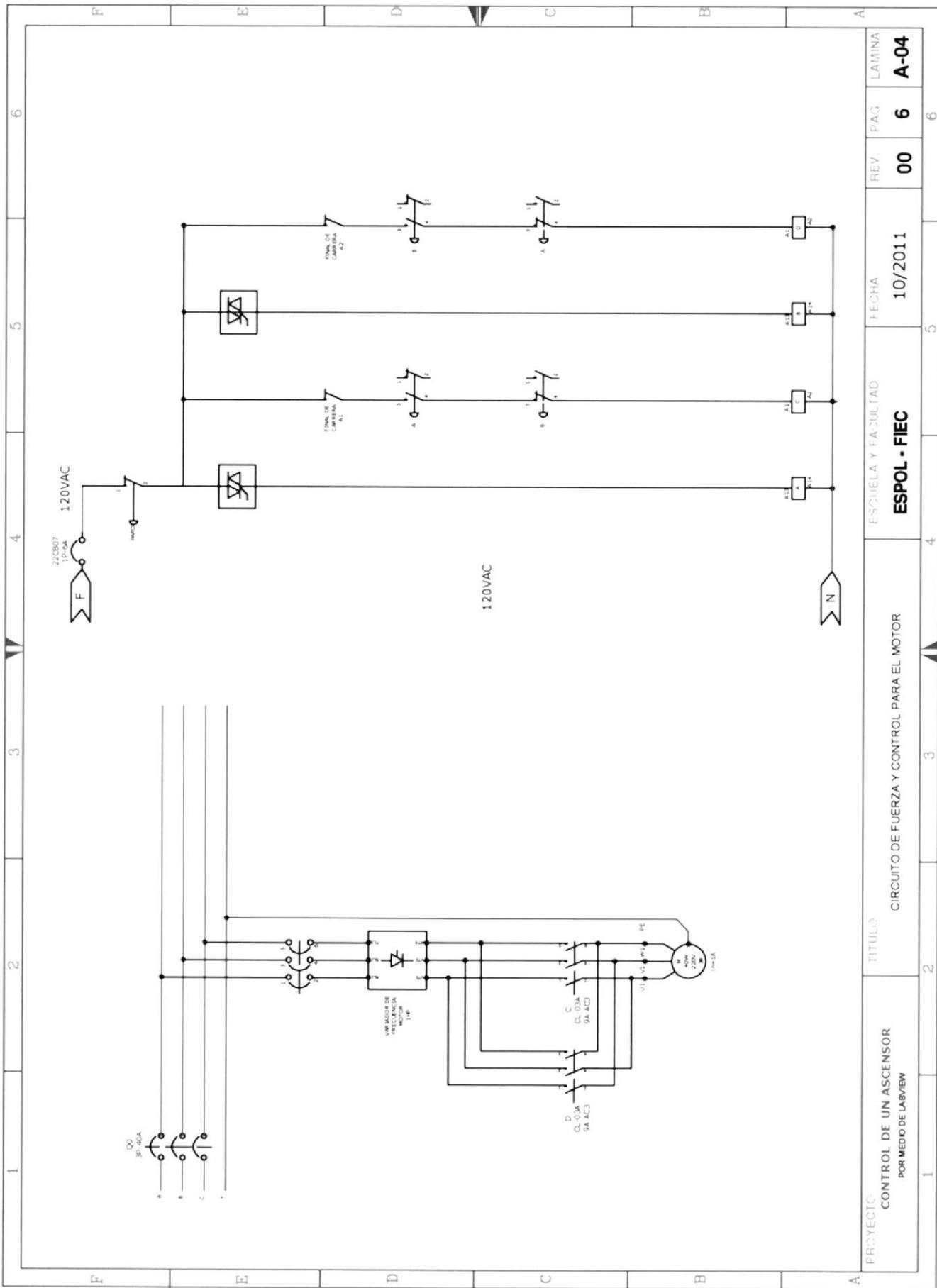
PROYECTO <b>CONTROL DE UN ASCENSOR</b> POR MEDIO DE LABVIEW	TITULO <b>CIRCUITO DE CONTROL DE PUERTAS CON PUENTE H</b>	ESCUELA Y FACULTAD <b>ESPOL - FIEC</b>	FECHA <b>10/2011</b>	REV <b>00</b>	PAG <b>2</b>	LAMINA <b>A-04</b>
---	--	---	-------------------------	------------------	-----------------	-----------------------



PROYECTO	TITULO	ESUELA Y FACULTAD	FECHA	REV.	FAG.	LAMINA
CONTROL DE UN ASCENSOR POR MEDIO DE LABVIEW	CIRCUITO DE FUENTE VARIABLE PARA MOTOR DE PUERTAS	ESPOL - FIEC	10/2011	00	3	A-04







PROYECTO:  
CONTROL DE UN ASCENSOR  
POR MEDIO DE LA/B'VIEW

TITULO:  
CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL PARA EL MOTOR

ESCUELA Y FACULTAD  
ESPOL - FIEC

FECHA  
10/2011

REV.  
00

PAG.  
6

LAMINA  
A-04

1

2

3

4

5

6

1

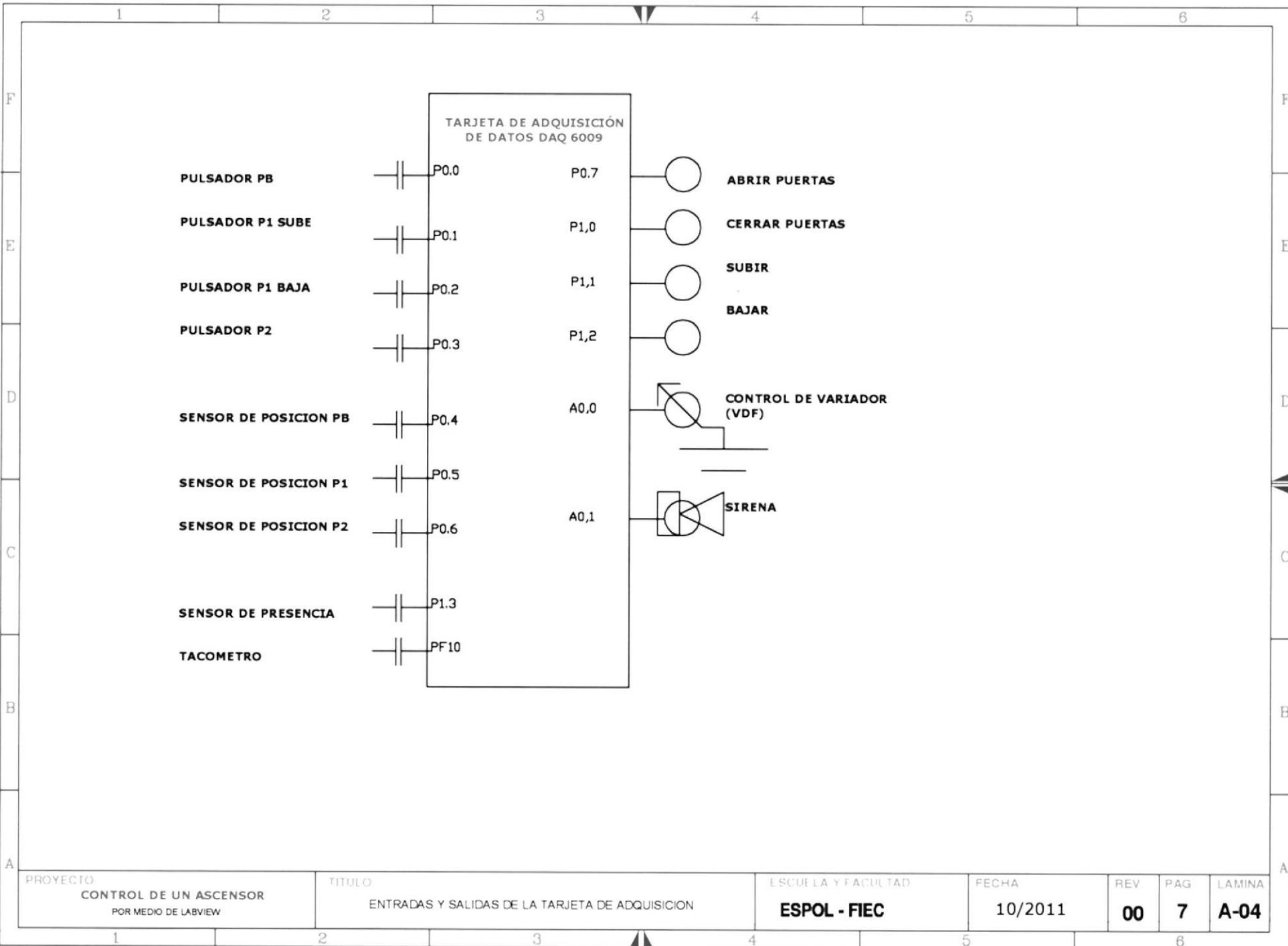
2

3

4

5

6



PROYECTO  
CONTROL DE UN ASCENSOR  
POR MEDIO DE LABVIEW

TITULO  
ENTRADAS Y SALIDAS DE LA TARJETA DE ADQUISICION

ESCUELA Y FACULTAD  
**ESPOL - FIEC**

FECHA  
10/2011

REV  
**00**

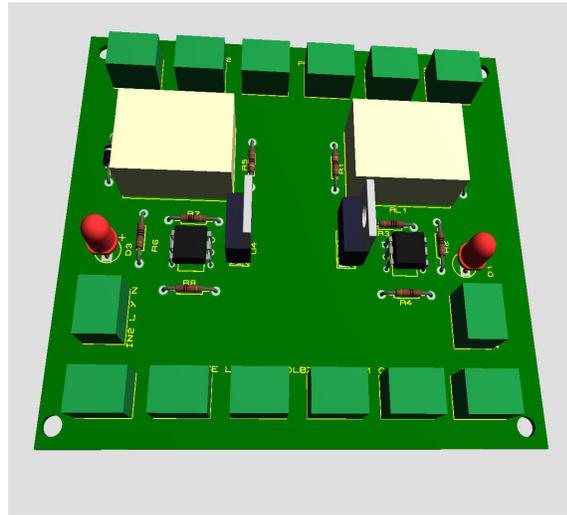
PAG  
**7**

LAMINA  
**A-04**

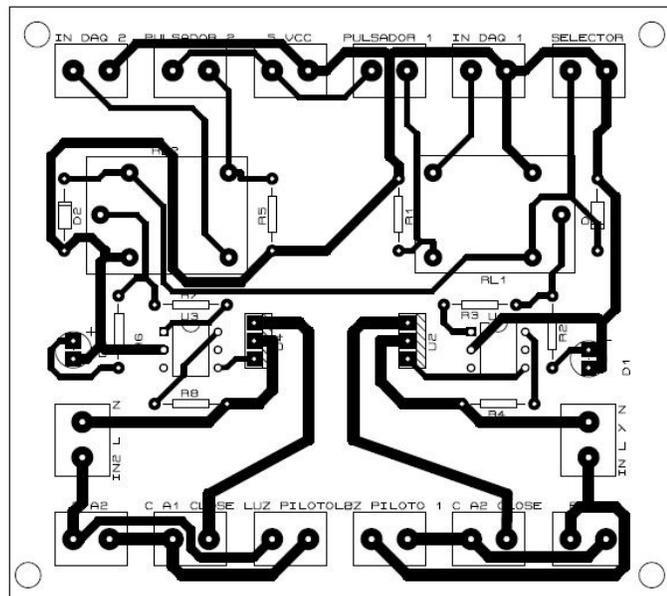
**ANEXO B**

**PISTAS Y VISTA DE TARJETAS**

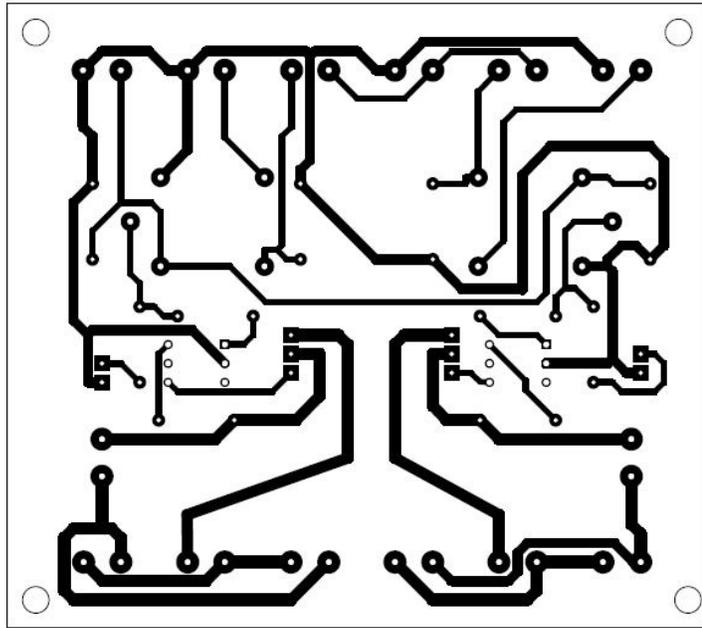
# TARJETA DE CONTROL DE POTENCIA



VISTA 3D

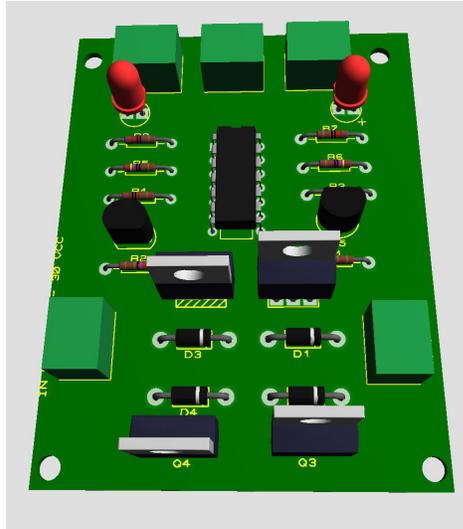


VISTA SUPERIOR CON ELEMENTOS

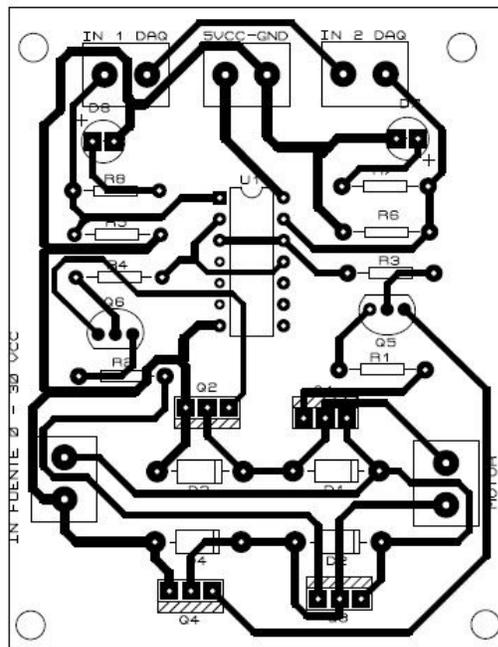


VISTA DE PISTAS

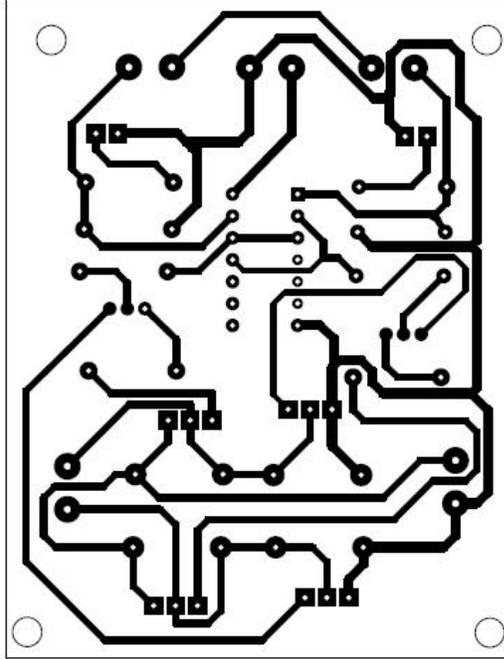
# TARJETA DEL PUENTE H



VISTA 3D

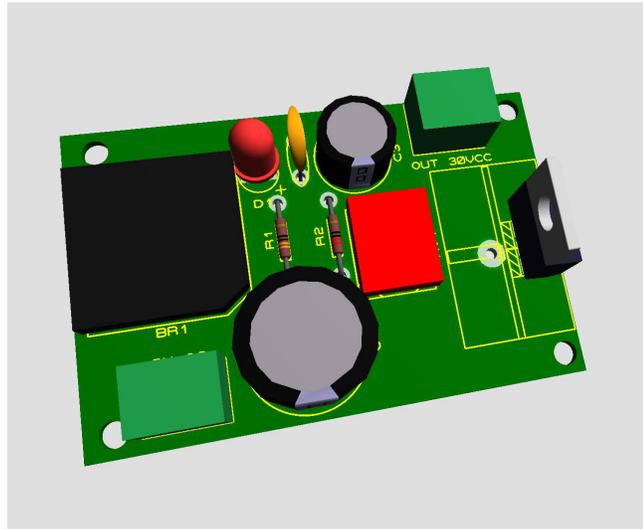


VISTA SUPERIOR CON ELEMENTOS

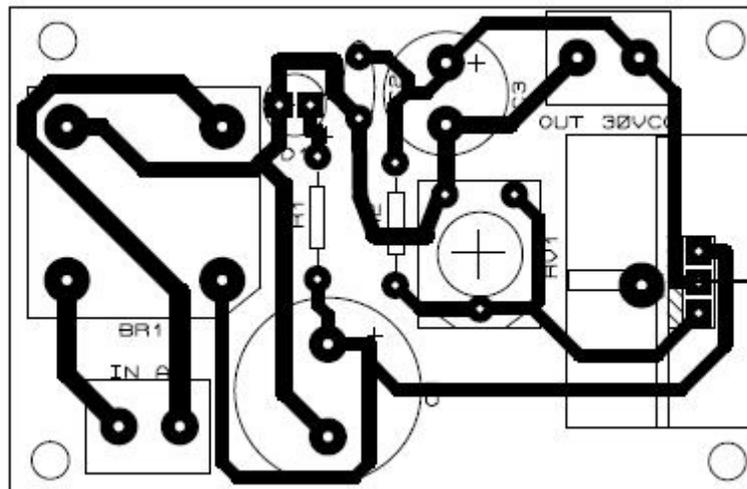


VISTA INFERIOR

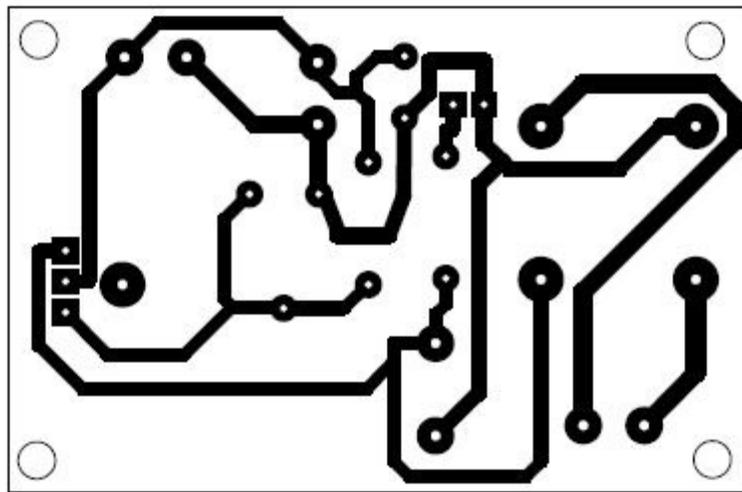
# FUENTE VARIABLE



VISTA 3D

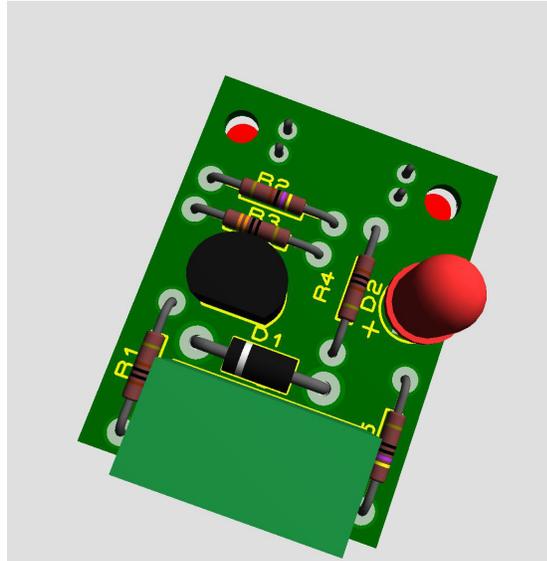


VISTA SUPERIOR CON ELEMENTOS

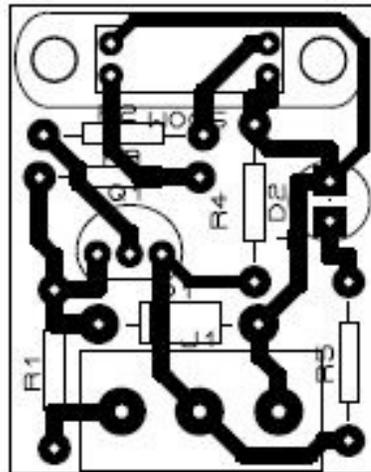


VISTA INFERIOR

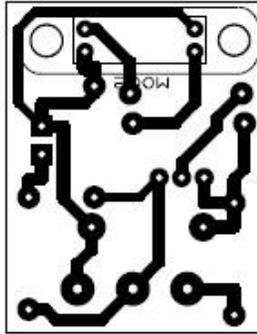
# TACOMETRO Y SENSOR DE POSICION



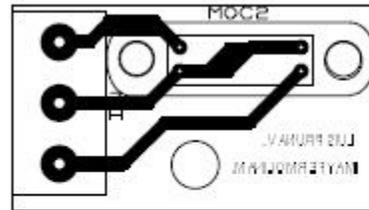
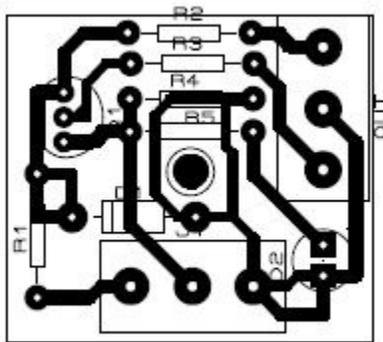
VISTA 3D



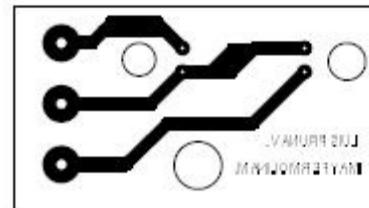
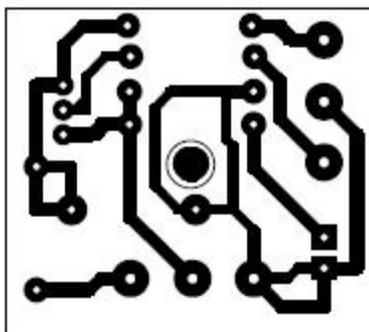
VISTA SUPERIOR CON ELEMENTOS



VISTA INFERIOR

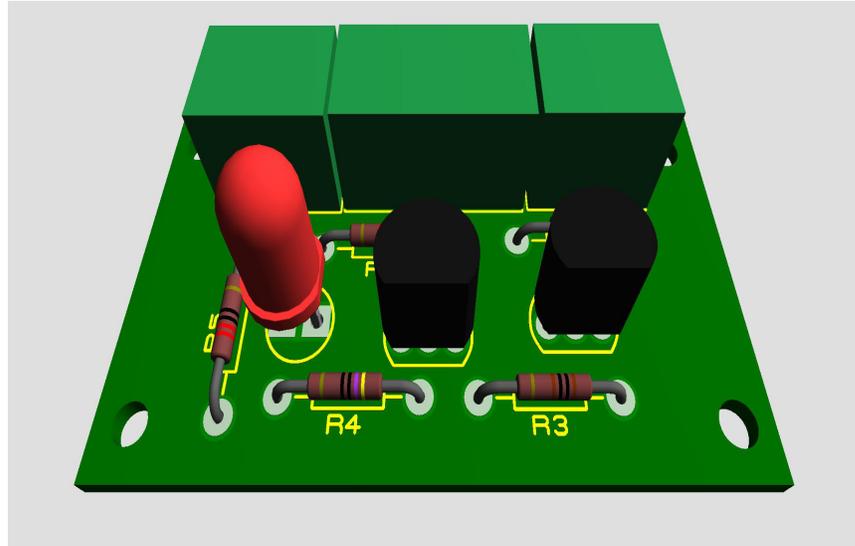


VISTA SUPERIOR CON ELEMENTOS

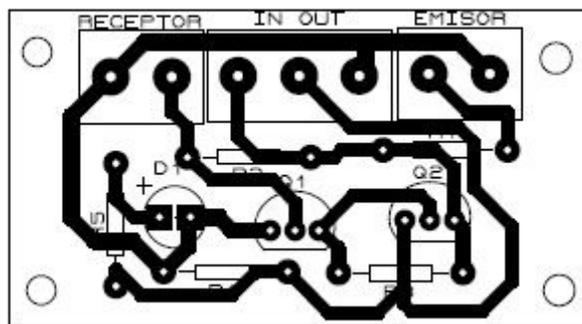


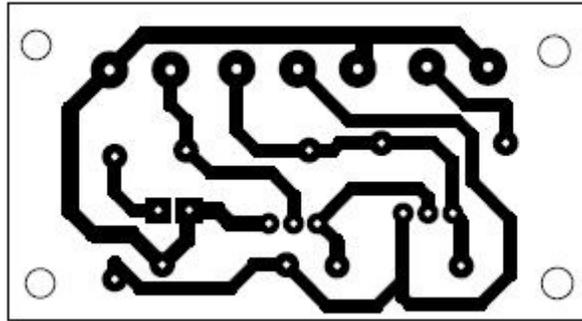
VISTA INFERIOR

# SENSOR DE PRESENCIA



VISTA 3D





VISTA INFERIOR

**ANEXO C**  
**COSTOS DEL PROYECTO**

CANTIDAD	MATERIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Maqueta del elevador en hierro negro con cabina, cable de tracción doble puerta abertura central con su respectivo contrapeso y seguridades mecánicas	\$800,00	\$800,00
1	Motor trifasico de 1/4 HP	\$160,00	\$160,00
1	Reductor de velocidad 1 a 50	\$90,00	\$90,00
1	Tarjeta de adquisicion de datos USB 6009	\$390,00	\$390,00
1	Motor de corriente directo	\$20,00	\$20,00
1	plafom	\$34,00	\$34,00
2	relé dde control 14 pines tetradecales con base	\$5,35	\$10,70
2	contactores de 9A	\$9,80	\$19,60
4	borneras repartidoras de 12 terminales	\$2,00	\$8,00
1	breaker de 20 A monofásico	\$14,00	\$14,00
2	finales de carrera	\$2,00	\$4,00
1	riel din	\$1,00	\$1,00
2	canaletas de 25 * 25	\$5,60	\$11,20
3	repartidores de carga	\$1,80	\$5,40
1	transformador 120V a 12-0-12	\$8,55	\$8,55
1	fuelle de corriente directa de 500W	\$15,50	\$15,50
1	Variador de frecuencia	\$350,00	\$350,00
	<b>PARA CIRCUITOS IMPRESOS</b>		
1	tarjetas en fibra de control de potencia	\$6,00	\$6,00
1	tarjetas en fibra de control puente h	\$5,05	\$5,05
1	tarjetas en fibra de control de fase	\$5,35	\$5,35
2	tarjetas en fibra de amplificación de corriente	\$5,35	\$10,70
3	tarjetas en fibra con opto acoplador	\$2,75	\$8,25
1	tarjeta en fibra para el tacómetro	\$2,75	\$2,75
70	resistencias a 1/2 W	\$0,50	\$35,00
12	transistores TIP 31 C	\$0,40	\$4,80
2	transistores TIP 32 C	\$0,40	\$0,80
1	transistor 2n2646	\$1,40	\$1,40
6	transistores 2n3906	\$0,25	\$1,50
5	transistores 2n3904	\$0,25	\$1,25

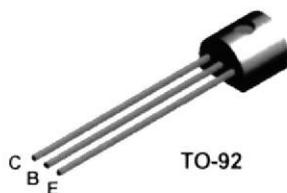
12	capacitores ceramica	\$0,15	\$1,80
8	diodos zener	\$0,15	\$1,20
12	diodos 1N4007	\$0,10	\$1,20
1	transformador de pulsos	\$15,50	\$15,50
1	74Ls14	\$0,40	\$0,40
2	TL084	\$0,50	\$1,00
13	dioos LED	\$0,10	\$1,30
2	diodos Infrarrojos	\$15,00	\$30,00
	<b>MATERIALES EXTRAS</b>		
20	CABLE # 14	\$0,35	\$7,00
20	CABLE # 16	\$0,35	\$7,00
5	CABLE CONCENTRICO # 3*18	\$1,45	\$7,25
1	Marquillas, correas, cinta, pintura, conectores etc.	\$100,00	\$100,00

	<b>TOTAL</b>		<b>\$2.198,45</b>
--	--------------	--	-------------------

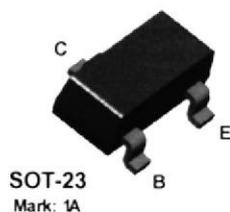
## **ANEXO D**

# **CATALOGOS DE ELEMENTOS UTILIZADOS**

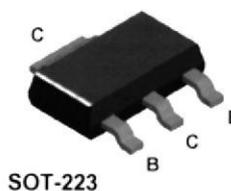
## 2N3904



## MMBT3904



## PZT3904



## NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

### Absolute Maximum Ratings\* T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V <sub>CEO</sub>	Collector-Emitter Voltage	40	V
V <sub>CBO</sub>	Collector-Base Voltage	60	V
V <sub>EBO</sub>	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I <sub>C</sub>	Collector Current - Continuous	200	mA
T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

#### NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

### Thermal Characteristics T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
P <sub>D</sub>	Total Device Dissipation	625	350	1,000	mW
	Derate above 25°C	5.0	2.8	8.0	mW/°C
R <sub>θJC</sub>	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			°C/W
R <sub>θJA</sub>	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	°C/W

\* Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06"

\*\* Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6 cm<sup>2</sup>.

## NPN General Purpose Amplifier

(continued)

2N3904 / MMBT3904 / PZT3904

### Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0\text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10\text{ }\mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10\text{ }\mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
$I_{BL}$	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{ V}, V_{EB} = 3\text{ V}$		50	nA
$I_{CEX}$	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{ V}, V_{EB} = 3\text{ V}$		50	nA

### ON CHARACTERISTICS\*

$h_{FE}$	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 1.0\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 50\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 100\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 1.0\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}, I_B = 5.0\text{ mA}$		0.2 0.3	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 1.0\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}, I_B = 5.0\text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V

### SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

$f_T$	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 20\text{ V},$ $f = 100\text{ MHz}$	300		MHz
$C_{obo}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0\text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$		4.0	pF
$C_{ibo}$	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5\text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure	$I_C = 100\text{ }\mu\text{A}, V_{CE} = 5.0\text{ V},$ $R_S = 1.0\text{ k}\Omega, f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$		5.0	dB

### SWITCHING CHARACTERISTICS

$t_d$	Delay Time	$V_{CC} = 3.0\text{ V}, V_{BE} = 0.5\text{ V},$		35	ns
$t_r$	Rise Time	$I_C = 10\text{ mA}, I_{B1} = 1.0\text{ mA}$		35	ns
$t_s$	Storage Time	$V_{CC} = 3.0\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}$		200	ns
$t_f$	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 1.0\text{ mA}$		50	ns

\*Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$

### Spice Model

NPN (Is=6.734f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=416.4 Ne=1.259 Ise=6.734 Ikf=66.78m Xtb=1.5 Br=.7371 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=3.638p Mjc=.3085 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=4.493p Mje=.2593 Vje=.75 Tr=239.5n Tf=301.2p Itf=.4 Vtf=4 Xtf=2 Rb=10)

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

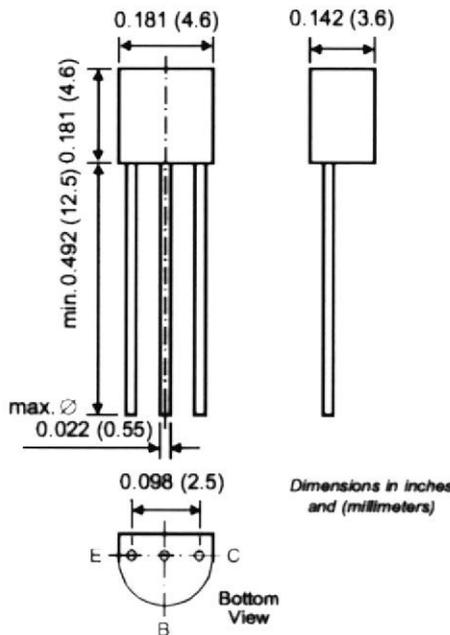
- [1] Bishop Robert H, LabVIEW 2009 Student Edition, Prentice Hall, 2010.
- [2] Johnson Gary W. and Jennings Richard, LabVIEW Graphical Programming, McGraw-Hill, 2008.
- [3] National Instruments, Guía de Introducción a LabVIEW en 6 horas, National Instruments, 2008.
- [4] Beyon Jeffrey, Manual for LabVIEW Programming Data Adquisition and Analysis, Prentice Hall, 2008.
- [5] Mihura Bruce, LabVIEW for Data adquisition, Prentice Hall, 2008.
- [6] Carlos Reyes, Microcontroladores PIC Programación en Basic Tercera edición, RISPGRAF 2008.
- [7] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 1, National Instruments, Año 2010.
- [8] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 2, National Instruments, Año 2010.
- [9] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 2, National Instruments, Año 2010.
- [10] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 2, National Instruments, Año 2010.



### Small Signal Transistor (PNP)



TO-226AA (TO-92)



#### Features

- PNP Silicon Epitaxial Planar Transistor for switching and amplifier applications.
- As complementary type, the NPN transistor 2N3904 is recommended.
- On special request, this transistor is also manufactured in the pin configuration TO-18.
- This transistor is also available in the SOT-23 case with the type designation MMBT3906.

#### Mechanical Data

Case: TO-92 Plastic Package

Weight: approx. 0.18g

Packaging Codes/Options:

E6/Bulk – 5K per container, 20K/box

E7/4K per Ammo mag., 20K/box

### Maximum Ratings & Thermal Characteristics Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	-V <sub>CEO</sub>	40	V
Collector-Base Voltage	-V <sub>CBO</sub>	40	V
Emitter-Base Voltage	-V <sub>EBO</sub>	5.0	V
Collector Current	-I <sub>C</sub>	200	mA
Power Dissipation	P <sub>tot</sub>	T <sub>A</sub> = 25°C	625
		T <sub>C</sub> = 25°C	1.5
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	R <sub>θJA</sub>	250 <sup>(1)</sup>	°C/W
Junction Temperature	T <sub>J</sub>	150	°C
Storage Temperature Range	T <sub>S</sub>	-65 to +150	°C

Note: (1) Valid provided that leads are kept at ambient temperature.


**Electrical Characteristics** ( $T_J = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
DC Current Gain	$h_{FE}$	$-V_{CE} = 1\text{ V}, -I_C = 0.1\text{ mA}$	60	—	—	—
		$-V_{CE} = 1\text{ V}, -I_C = 1\text{ mA}$	80	—	—	
		$-V_{CE} = 1\text{ V}, -I_C = 10\text{ mA}$	100	—	300	
		$-V_{CE} = 1\text{ V}, -I_C = 50\text{ mA}$	60	—	—	
		$-V_{CE} = 1\text{ V}, -I_C = 100\text{ mA}$	30	—	—	
Collector-Emitter Cutoff Current	$-I_{CEV}$	$-V_{EB} = 3\text{ V}, -V_{CE} = 30\text{ V}$	—	—	50	nA
Emitter-Base Cutoff Current	$-I_{EBV}$	$-V_{EB} = 3\text{ V}, -V_{CE} = 30\text{ V}$	—	—	50	nA
Collector Saturation Voltage	$-V_{CEsat}$	$-I_C = 10\text{ mA}, -I_B = 1\text{ mA}$	—	—	0.25	V
		$-I_C = 50\text{ mA}, -I_B = 5\text{ mA}$	—	—	0.4	
Base Saturation Voltage	$-V_{BEsat}$	$-I_C = 10\text{ mA}, -I_B = 1\text{ mA}$	—	—	0.85	V
		$-I_C = 50\text{ mA}, -I_B = 5\text{ mA}$	—	—	0.95	
Collector-Emitter Breakdown Voltage	$-V_{(BR)CEO}$	$-I_C = 1\text{ mA}, I_B = 0$	40	—	—	V
Collector-Base Breakdown Voltage	$-V_{(BR)CBO}$	$-I_C = 10\text{ }\mu\text{A}, I_E = 0$	40	—	—	V
Emitter-Base Breakdown Voltage	$-V_{(BR)EBO}$	$-I_E = 10\text{ }\mu\text{A}, I_C = 0$	5	—	—	V
Input Impedance	$h_{ie}$	$-V_{CE} = 10\text{ V}, -I_C = 1\text{ mA},$ $f = 1\text{ kHz}$	1	—	10	k $\Omega$
Voltage Feedback Ratio	$h_{re}$	$-V_{CE} = 10\text{ V}, -I_C = 1\text{ mA},$ $f = 1\text{ kHz}$	$0.5 \cdot 10^{-4}$	—	$8 \cdot 10^{-4}$	—
Current Gain-Bandwidth Product	$f_T$	$-V_{CE} = 20\text{ V}, -I_C = 10\text{ mA}$ $f = 100\text{ MHz}$	250	—	—	MHz
Collector-Base Capacitance	$C_{CBO}$	$-V_{CB} = 5\text{ V}, f = 100\text{ kHz}$	—	—	4.5	pF
Emitter-Base Capacitance	$C_{EBO}$	$-V_{EB} = 0.5\text{ V}, f = 100\text{ kHz}$	—	—	10	pF
Small Signal Current Gain	$h_{fe}$	$-V_{CE} = 10\text{ V}, -I_C = 1\text{ mA}$ $f = 1\text{ kHz}$	100	—	400	—
Output Admittance	$h_{oe}$	$-V_{CE} = 1\text{ V}, -I_C = 1\text{ mA}$ $f = 1\text{ kHz}$	1	—	40	$\mu\text{S}$

## Triacs sensitive gate

## BT136 series E

### GENERAL DESCRIPTION

Passivated, sensitive gate triacs in a plastic envelope, intended for use in general purpose bidirectional switching and phase control applications, where high sensitivity is required in all four quadrants.

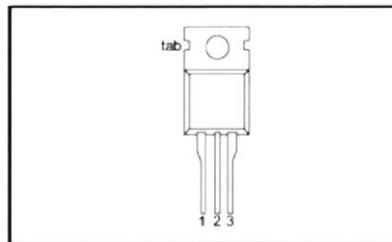
### QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	UNIT
$V_{\text{DRM}}$	Repetitive peak off-state voltages	<b>600E</b> 600	<b>800E</b> 800	V
$I_{\text{T(RMS)}}$	RMS on-state current	4	4	A
$I_{\text{TSM}}$	Non-repetitive peak on-state current	25	25	A

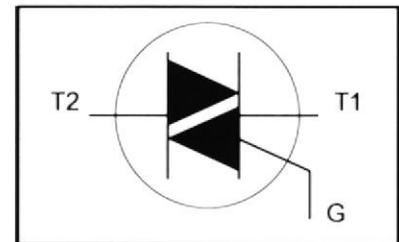
### PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

### PIN CONFIGURATION



### SYMBOL



### LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

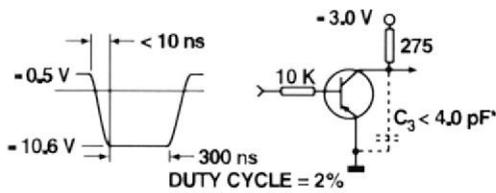
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.		UNIT
				-600 600 <sup>1</sup>	-800 800	
$V_{\text{DRM}}$	Repetitive peak off-state voltages		-	-600 600 <sup>1</sup>	-800 800	V
$I_{\text{T(RMS)}}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{\text{mb}} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4		A
$I_{\text{TSM}}$	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_{\text{j}} = 25^\circ\text{C}$ prior to surge $t = 20\text{ ms}$	-	25		A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	27		A
		$t = 10\text{ ms}$	-	3.1		A <sup>2</sup> s
$i^2t$	$i^2t$ for fusing		-			A <sup>2</sup> s
$di_{\text{T}}/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{\text{TM}} = 6\text{ A}$ ; $I_{\text{G}} = 0.2\text{ A}$ ; $di_{\text{G}}/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-			A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G+	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G-	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2- G-	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2- G+	-	10		A/ $\mu\text{s}$
$I_{\text{GM}}$	Peak gate current		-	2		A
$V_{\text{GM}}$	Peak gate voltage		-	5		V
$P_{\text{GM}}$	Peak gate power		-	5		W
$P_{\text{G(AV)}}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5		W
$T_{\text{stg}}$	Storage temperature		-40	150		$^\circ\text{C}$
$T_{\text{j}}$	Operating junction temperature		-	125		$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ $\mu\text{s}$ .

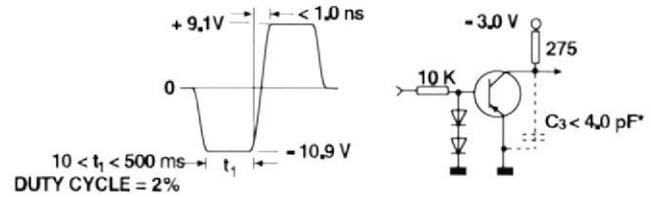
**Electrical Characteristics** ( $T_J = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Noise Figure	F	$-V_{CE} = 5\text{ V}$ , $-I_C = 100\ \mu\text{A}$ , $R_G = 1\ \text{k}\Omega$ , $f = 10\dots 15000\ \text{Hz}$	—	—	4	dB
Delay Time (see fig. 1)	$t_d$	$-I_{B1} = 1\ \text{mA}$ , $-I_C = 10\ \text{mA}$	—	—	35	ns
Rise Time (see fig. 1)	$t_r$	$-I_{B1} = 1\ \text{mA}$ , $-I_C = 10\ \text{mA}$	—	—	35	ns
Storage Time (see fig. 2)	$t_s$	$I_{B1} = -I_{B2} = 1\ \text{mA}$ , $-I_C = 10\ \text{mA}$	—	—	225	ns
Fall Time (see fig. 2)	$t_f$	$I_{B1} = -I_{B2} = 1\ \text{mA}$ , $-I_C = 10\ \text{mA}$	—	—	75	ns

**Fig. 1:** Test circuit for delay and rise time  
 \* total shunt capacitance of test jig and connectors



**Fig. 2:** Test circuit for storage and fall time  
 \* total shunt capacitance of test jig and connectors



Triacs  
sensitive gate

## BT136 series E

## THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j-mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	3.0	K/W
$R_{th\ j-a}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	-	3.7	K/W
			-	60	-	K/W

## STATIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$I_{GT}$	Gate trigger current	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	-	-	-
		T2+ G+	-	2.5	10	mA
		T2+ G-	-	4.0	10	mA
		T2- G-	-	5.0	10	mA
		T2- G+	-	11	25	mA
$I_L$	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	-	-	-
		T2+ G+	-	3.0	15	mA
		T2+ G-	-	10	20	mA
		T2- G-	-	2.5	15	mA
		T2- G+	-	4.0	20	mA
$I_H$	Holding current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	2.2	15	mA
$V_T$	On-state voltage	$I_T = 5\text{ A}$	-	1.4	1.70	V
$V_{GT}$	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.7	1.5	V
$I_D$	Off-state leakage current	$V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	0.25	0.4	-	V
		$V_D = V_{DRM(max)}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5	mA

## DYNAMIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$dV_D/dt$	Critical rate of rise of off-state voltage	$V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C};$ exponential waveform; gate open circuit	-	50	-	V/ $\mu\text{s}$
$t_{gt}$	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 6\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}; I_G = 0.1\text{ A};$ $dI_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-	2	-	$\mu\text{s}$

# LM317

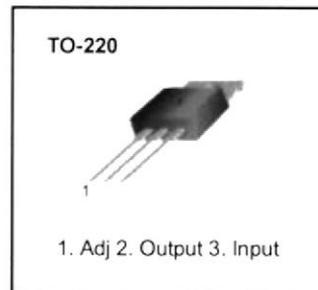
## 3-Terminal Positive Adjustable Regulator

### Features

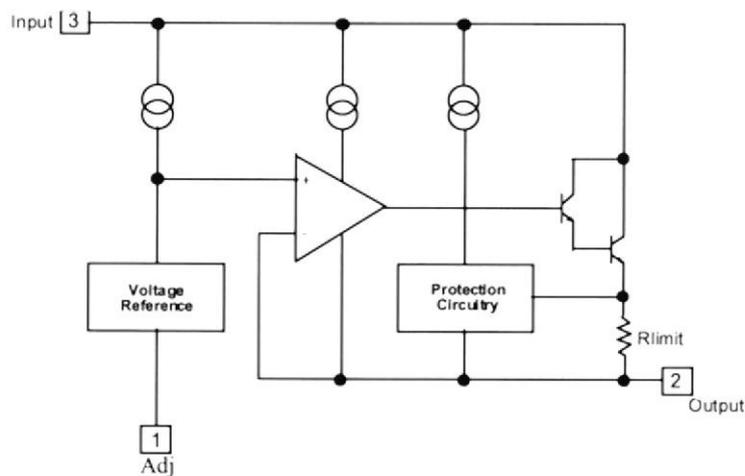
- Output Current In Excess of 1.5A
- Output Adjustable Between 1.2V and 37V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe Operating Area Compensation
- TO-220 Package

### Description

This monolithic integrated circuit is an adjustable 3-terminal positive voltage regulator designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V. It employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area compensation.



### Internal Block Diagram



## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	$V_I - V_O$	40	V
Lead Temperature	$T_{LEAD}$	230	°C
Power Dissipation	PD	Internally limited	W
Operating Junction Temperature Range	$T_j$	0 ~ +125	°C
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +125	°C
Temperature Coefficient of Output Voltage	$\Delta V_o / \Delta T$	±0.02	%/°C

## Electrical Characteristics

( $V_I - V_O = 5V$ ,  $I_O = 0.5A$ ,  $0^\circ C \leq T_J \leq +125^\circ C$ ,  $I_{MAX} = 1.5A$ ,  $P_{DMAX} = 20W$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
Line Regulation (Note1)	Rline	$T_A = +25^\circ C$ $3V \leq V_I - V_O \leq 40V$	-	0.01	0.04	% / V
		$3V \leq V_I - V_O \leq 40V$	-	0.02	0.07	% / V
Load Regulation (Note1)	Rload	$T_A = +25^\circ C$ , $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $V_O < 5V$ $V_O \geq 5V$	-	18 0.4	25 0.5	mV% / $V_O$
		$10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $V_O < 5V$ $V_O \geq 5V$	-	40 0.8	70 1.5	mV% / $V_O$
Adjustable Pin Current	IADJ	-	-	46	100	μA
Adjustable Pin Current Change	$\Delta I_{ADJ}$	$3V \leq V_I - V_O \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	-	2.0	5	μA
Reference Voltage	VREF	$3V \leq V_{IN} - V_O \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.20	1.25	1.30	V
Temperature Stability	STT	-	-	0.7	-	% / $V_O$
Minimum Load Current to Maintain Regulation	$I_{L(MIN)}$	$V_I - V_O = 40V$	-	3.5	12	mA
Maximum Output Current	$I_{O(MAX)}$	$V_I - V_O \leq 15V$ , $P_D \leq P_{MAX}$ $V_I - V_O \leq 40V$ , $P_D \leq P_{MAX}$ $T_A = 25^\circ C$	1.0	2.2 0.3	-	A
RMS Noise, % of $V_{OUT}$	eN	$T_A = +25^\circ C$ , $10Hz \leq f \leq 10KHz$	-	0.003	0.01	% / $V_O$
Ripple Rejection	RR	$V_O = 10V$ , $f = 120Hz$ without CADJ CADJ = $10\mu F$ (Note2)	66	60 75	-	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{HIGH}$	ST	$T_A = +25^\circ C$ for end point measurements, 1000HR	-	0.3	1	%
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$	-	-	5	-	°C / W

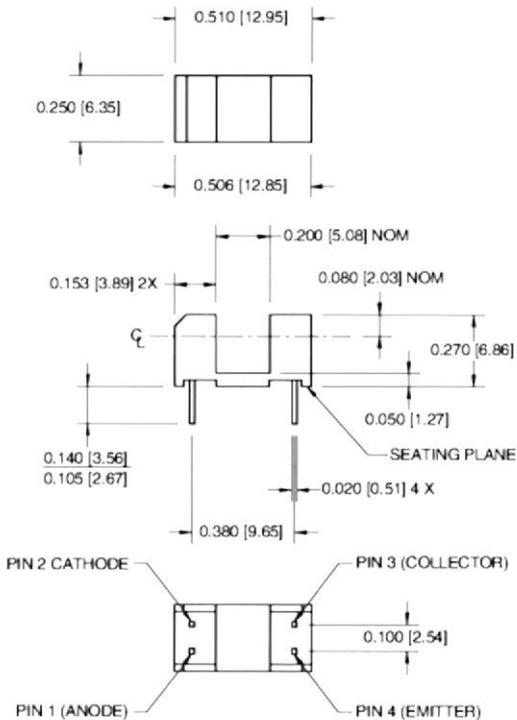
### Note:

- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in  $V_D$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used. ( $P_{MAX} = 20W$ )
- CADJ, when used, is connected between the adjustment pin and ground.

# MOC70P1 / MOC70P2 / MOC70P3

## PHOTOTRANSISTOR OPTICAL INTERRUPTER SWITCH

### PACKAGE DIMENSIONS

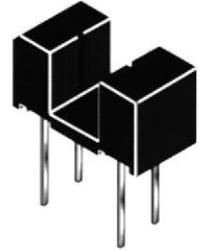


**NOTES:**

1. Dimensions for all drawings are in inches (millimeters).
2. Tolerance of  $\pm .010$  (.25) on all non-nominal dimensions unless otherwise specified.

### DESCRIPTION

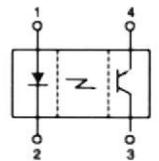
The MOC70PX consists of an infrared light emitting diode coupled to an NPN silicon phototransistor packaged into an injection molded housing. The housing is designed for wide gap, non contact sensing.



### FEATURES

- No contact sensing
- 5 mm gap
- .040" aperture
- Low profile
- PCB mount
- Transistor output

### SCHEMATIC



### NOTES

1. Derate power dissipation linearly, on each component, 1.67 mW/°C above 25°C.
2. RMA flux is recommended.
3. Methanol or isopropyl alcohols are recommended as cleaning agents.
4. Soldering iron tip 1/16" (1.6mm) from housing.
5. As long as leads are not under any stress or spring tension.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Rating	Units
Operating Temperature	$T_{OPR}$	-55 to +100	°C
Storage Temperature	$T_{STG}$	-55 to +100	°C
Soldering Temperature (Iron) <sup>(2,3,4,5)</sup>	$T_{SOL-I}$	240 for 5 sec	°C
Soldering Temperature (Flow) <sup>(2,3,5)</sup>	$T_{SOL-F}$	260 for 10 sec	°C
<b>EMITTER</b>			
Continuous Forward Current	$I_F$	50	mA
Reverse Voltage	$V_R$	6	V
Power Dissipation <sup>(1)</sup>	$P_D$	100	mW
<b>SENSOR</b>			
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	V
Emitter-Collector Voltage	$V_{ECO}$	4.5	V
Collector Current	$I_C$	20	mA
Power Dissipation <sup>(1)</sup>	$P_D$	150	mW

# MOC70P1 / MOC70P2 / MOC70P3

## PHOTOTRANSISTOR OPTICAL INTERRUPTER SWITCH

ELECTRICAL / OPTICAL CHARACTERISTICS (T <sub>A</sub> = 25°C)						
PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>EMITTER</b>						
Forward Voltage	I <sub>F</sub> = 50 mA	V <sub>F</sub>	—	—	1.8	V
Reverse Leakage Current	V <sub>R</sub> = 6 V	I <sub>R</sub>	—	—	100	μA
<b>SENSOR</b>						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	I <sub>C</sub> = 10 mA	BV <sub>CEO</sub>	30	—	—	V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	I <sub>E</sub> = 100 μA	BV <sub>ECO</sub>	4	—	—	V
Collector-Emitter Leakage	V <sub>CE</sub> = 10 V, I <sub>F</sub> = 0	I <sub>CEO</sub>	—	—	100	nA
<b>COUPLED</b>						
Collector Current (See selection guide below)		I <sub>C(ON)</sub>				
Collector Emitter Saturation Voltage ( See selection guide below)		V <sub>CE(SAT)</sub>				
Turn-on Time	I <sub>F</sub> = 30 mA, V <sub>CC</sub> = 5 V, R <sub>L</sub> = 2.5 kΩ	t <sub>(ON)</sub>	—	20	—	μs
Turn-off Time	I <sub>F</sub> = 30 mA, V <sub>CC</sub> = 5 V, R <sub>L</sub> = 2.5 kΩ	t <sub>(OFF)</sub>	—	80	—	μs

MOC70PX OPTICAL SWITCH SELECTION GUIDE						
PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>ON-STATE COLLECTOR CURRENT</b>						
MOC70P1	I <sub>F</sub> = 5 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	0.15	—	—	mA
MOC70P2	I <sub>F</sub> = 5 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	0.30	—	—	mA
MOC70P3	I <sub>F</sub> = 5 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	0.60	—	—	mA
MOC70P1	I <sub>F</sub> = 20 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	1.0	—	—	mA
MOC70P2	I <sub>F</sub> = 20 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	2.0	—	—	mA
MOC70P3	I <sub>F</sub> = 20 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	4.0	—	—	mA
MOC70P1	I <sub>F</sub> = 30 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	1.9	—	—	mA
MOC70P2	I <sub>F</sub> = 30 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	3.0	—	—	mA
MOC70P3	I <sub>F</sub> = 30 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V	I <sub>C(ON)</sub>	5.5	—	—	mA
<b>COLLECTOR-EMITTER SATURATION VOLTAGE</b>						
MOC70P1	I <sub>F</sub> = 1.8 mA, I <sub>F</sub> = 30 mA	V <sub>CE(SAT)</sub>	—	—	0.40	V
MOC70P2	I <sub>F</sub> = 1.8 mA, I <sub>F</sub> = 20 mA	V <sub>CE(SAT)</sub>	—	—	0.40	V
MOC70P3	I <sub>F</sub> = 1.8 mA, I <sub>F</sub> = 20 mA	V <sub>CE(SAT)</sub>	—	—	0.40	V



## 6-Pin DIP Random-Phase Optoisolators Triac Driver Output (250 Volts Peak)

The MOC3010 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to silicon bilateral switch and are designed for applications requiring isolated triac triggering, low-current isolated ac switching, high electrical isolation (to 7500 Vac peak), high detector standoff voltage, small size, and low cost.

- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.

### Recommended for 115 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

### MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

#### INFRARED EMITTING DIODE

Reverse Voltage	$V_R$	3	Volts
Forward Current — Continuous	$I_F$	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Transistor Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	100 1.33	mW mW/°C

#### OUTPUT DRIVER

Off-State Output Terminal Voltage	$V_{DRM}$	250	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	$I_{TSM}$	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	300 4	mW mW/°C

#### TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	$V_{ISO}$	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	330 4.4	mW mW/°C
Junction Temperature Range	$T_J$	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range <sup>(2)</sup>	$T_A$	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range <sup>(2)</sup>	$T_{stg}$	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	$T_L$	260	°C

1. Isolation surge voltage,  $V_{ISO}$ , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

**Preferred** devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

(Replaces MOC3009/D)

**MOC3010**  
[IFT = 15 mA Max]  
**MOC3011**  
[IFT = 10 mA Max]  
**MOC3012\***  
[IFT = 5 mA Max]

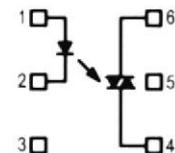
\*Motorola Preferred Device

#### STYLE 6 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04

#### COUPLER SCHEMATIC



1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE  
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL



# MOC3010 MOC3011 MOC3012

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT LED</b>					
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	0.05	100	$\mu\text{A}$
Forward Voltage ( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$V_F$	—	1.15	1.5	Volts
<b>OUTPUT DETECTOR (<math>I_F = 0</math> unless otherwise noted)</b>					
Peak Blocking Current, Either Direction (Rated $V_{DRM}^{(1)}$ )	$I_{DRM}$	—	10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction ( $I_{TM} = 100\text{ mA Peak}$ )	$V_{TM}$	—	1.8	3	Volts
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage (Figure 7, Note 2)	$dv/dt$	—	10	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
<b>COUPLED</b>					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = $3\text{ V}^{(3)}$ )	$I_{FT}$				mA
	MOC3010	—	8	15	
	MOC3011	—	5	10	
	MOC3012	—	3	5	
Holding Current, Either Direction	$I_H$	—	100	—	$\mu\text{A}$

1. Test voltage must be applied within  $dv/dt$  rating.
2. This is static  $dv/dt$ . See Figure 7 for test circuit. Commutating  $dv/dt$  is a function of the load-driving thyristor(s) only.
3. All devices are guaranteed to trigger at an  $I_F$  value less than or equal to max  $I_{FT}$ . Therefore, recommended operating  $I_F$  lies between max  $I_{FT}$  (15 mA for MOC3010, 10 mA for MOC3011, 5 mA for MOC3012) and absolute max  $I_F$  (60 mA).

## TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25^\circ\text{C}$

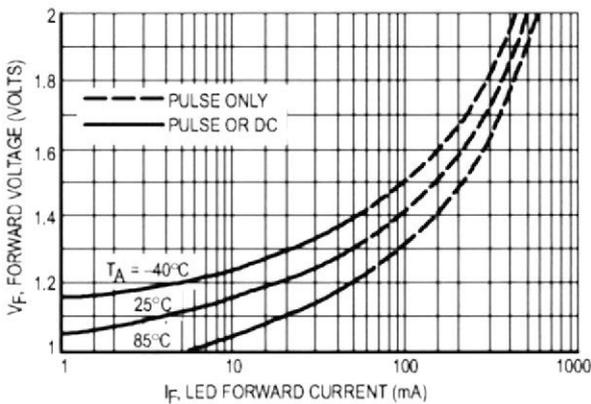


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

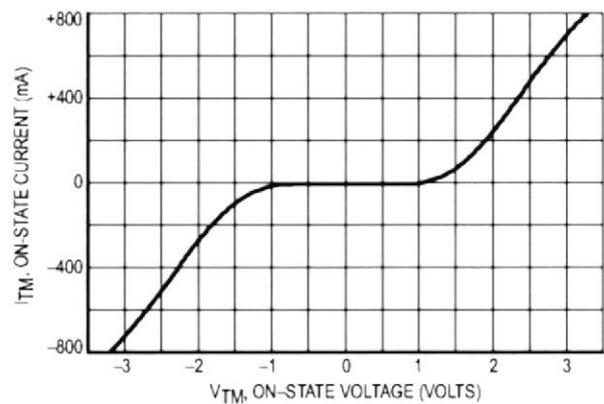


Figure 2. On-State Characteristics

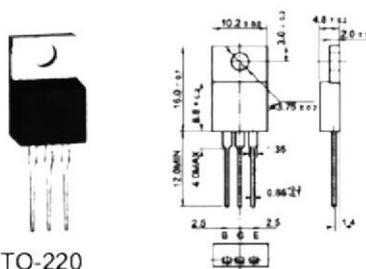


## TIP31C/TIP32C

## Silicon Epitaxial Planar Transistor

### GENERAL DESCRIPTION

Complementary, high power transistors in a plastic envelope, primarily for use in audio and general purpose



### QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYP	MAX	UNIT
$V_{CE0}$	Collector-emitter voltage peak value	$V_{BE} = 0V$	-	100	V
$V_{CE0}$	Collector-emitter voltage (open base)		-	100	V
$I_C$	Collector current (DC)		-	3	A
$I_{CM}$	Collector current peak value		-	5	A
$P_{tot}$	Total power dissipation	$T_{mb} \leq 25^\circ C$	-	40	W
$V_{CEsat}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_C = 3A; I_B = 0.4A$	-	1.2	V
$V_F$	Diode forward voltage	$I_F = 3A$	1.5	2.0	V
$t_f$	Fall time	$I_{Csat} = 3.0A; f = 16KHz$	0.5	-	$\mu s$

### LIMITING VALUES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT
$V_{CESM}$	Collector-emitter voltage peak value	$V_{BE} = 0V$	-	100	V
$V_{CE0}$	Collector-emitter voltage (open base)		-	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-base voltage (open collector)		-	5	v
$I_C$	Collector current (DC)		-	3	A
$I_B$	Base current (DC)		-	1	A
$P_{tot}$	Total power dissipation	$T_{mb} \leq 25^\circ C$	-	40	W
$T_{stg}$	Storage temperature		-55	150	$^\circ C$
$T_j$	Junction temperature		-	150	$^\circ C$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYP	MAX	UNIT
$I_{CBO}$	Collector-base cut-off current	$V_{CB} = 100V$	-	0.2	mA
$I_{EBO}$	Emitter-base cut-off current	$V_{EB} = 5V$	-	1.0	mA
$V_{(BR)CEO}$	Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 1mA$	100	-	v
$V_{CEsat}$	Collector-emitter saturation voltages	$I_C = 3A; I_B = 0.4A$	-	1.2	V
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 1A; V_{CE} = 5V$	25	-	
$f_T$	Transition frequency at $f = 5MHz$	$I_C = 0.5A; V_{CE} = 10V$	3.0	-	MHz
$C_c$	Collector capacitance at $f = 1MHz$	$V_{CB} = 10V$	85	-	pF
$t_{on}$	On times	$I_C = 3A, I_{B1} = -I_{B2} = 0.3A, V_{CC} = 30V$	0.4	-	us
$t_s$	Turn-off storage time	$I_C = 3A, I_{B1} = -I_{B2} = 0.3A, V_{CC} = 30V$	1.0	-	us
$t_f$	Fall time	$I_C = 3A, I_{B1} = -I_{B2} = 0.3A, V_{CC} = 30V$	0.5	1.0	us

# TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B TL082Y, TL084, TL084A, TL084B, TL084Y JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS081E – FEBRUARY 1977 – REVISED FEBRUARY 1999

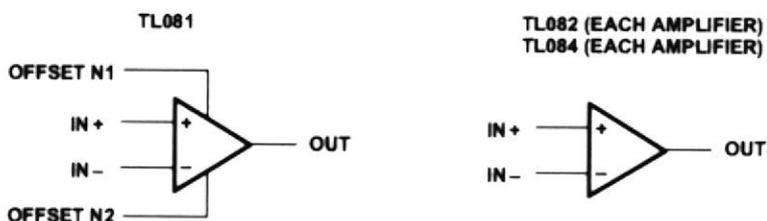
- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion . . . 0.003% Typ
- High Input Impedance . . . JFET-Input Stage
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . . 13 V/ $\mu$ s Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes  $V_{CC+}$

## description

The TL08x JFET-input operational amplifier family is designed to offer a wider selection than any previously developed operational amplifier family. Each of these JFET-input operational amplifiers incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient. Offset adjustment and external compensation options are available within the TL08x family.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from –40°C to 85°C. The Q-suffix devices are characterized for operation from –40°C to 125°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of –55°C to 125°C.

## symbols



C.I.B.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

**PRODUCTION DATA** information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated  
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.





## MVX9000 Adjustable Frequency Drives

Technical Data

MVX9000 Drives

Supersedes December 2002



Model MVX9000

### Product Description

Model MVX9000 sensorless vector adjustable frequency AC Drives are designed to provide adjustable speed control of 3-phase motors. These microprocessor-based, sensorless vector drives have standard features that can be programmed to tailor the drive's performance to suit a wide variety of application requirements.

The MVX9000 sensorless vector product line utilizes a 32-bit microprocessor and insulated gate bipolar transistors (IGBTs) which provide quiet motor operation, high motor efficiency and smooth low speed performance. The size and simplicity of the MVX9000 make it ideal for hassle free installation where size is a primary concern.

Models rated at 480 volts, 3-phase, 50/60 Hz are available in sizes ranging from 1 to 10 hp. Models rated at 240 volts, single- or 3-phase, 50/60 Hz are available in sizes ranging from 1/2 to 7-1/2 hp.

The standard drive includes a digital display, operating and programming keys on a removable keypad.

### Contents

Description	Page
Product Description	1
Features and Benefits	1
Technical Data and Specifications	2
Wiring Diagrams	3
Dimensions	5
Catalog Number Selection	6
Product Selection	6

The display provides drive monitoring as well as adjustment and diagnostic information. The keys are utilized for digital adjustment and programming of the drive as well as for operator control. Separate terminal blocks for control and power wiring are provided for customer connections. Other features provided as standard include built-in DC braking, RS-485 serial communications and PID control.

### Features and Benefits

Table 1. Features and Benefits

Feature	Customer Benefit
Sensorless Vector Control with auto tuning.	Provides 200% starting torque and advanced low speed torque control.
Clearly laid out and easy to understand keypad with 4-character LED display, 7 status indicating LEDs, speed potentiometer, and 6 function keys.	Most informative operator's interface in this class of VFD, provided as standard. All parameters, diagnostic information and metering values are displayed with a bright 4-character LED display.
2 analog inputs 6 programmable, intelligent digital inputs 1 programmable digital output 1 programmable relay	Provide enhanced application flexibility.
PID control of a process variable such as pressure, flow, temperature, liquid level, etc.	Eliminates requirement for separate setpoint controller.
Built-in dynamic braking chopper.	Superior deceleration performance.
Serial communication port (RS-485).	Direct connection to serial communications networks.
Single-phase or three-phase input capability on 240V AC rated units, 3 hp and below.	Operate three-phase motor with single-phase supply.

Technical Data and Specifications

Output Ratings

- Horsepower:
  - 200 – 240V: 1/2 – 7-1/2 hp
  - 380 – 480V: 1 – 10 hp
- Frequency Range: 0.1 – 400 Hz
- Overload Rating: 150% for 60 seconds
- Frequency Resolution:
  - Digital: 0.1 Hz
  - Analog: Max. (Set Frequency/1000) Hz
- Frequency Accuracy
  - Digital: ± 0.01% of max. frequency
  - Analog: ± 0.2% of max. frequency
- Undervoltage Carryover Limit: 0.3 to 25 seconds

Motor Performance

- Motor Control: Sensorless Vector
- Constant and Variable Torque: Standard
- Speed Regulation: 0.5% of base speed

Input Power

- Voltage at 50/60 Hz ± 3 Hz
  - 200V – 240V, -10% +5% / 1-phase
  - 200V – 240V, -10% +5% / 3-phase
  - 380V – 480V, -10% +10% / 3-phase
- Displacement Power Factor: Better than 0.95
- Efficiency: Typically greater than 95%

Design Type

- Microprocessor: 32-Bit
- Converter Type: Diode
- Inverter Type: Insulated Gate Bipolar Transistor
- Waveform: Sensorless Vector

Environment

- Operating Temperature:
  - -10°C to +50°C
  - -10°C to +40°C (above 7-1/2 hp)
- Humidity: 20 to 90% non-condensing
- Maximum Elevation: 1000 meters (3300 ft.)

Codes and Standards

- NEMA, IEEE, NEC: Design Standards
- UL Listed
- cUL Listed
- CE Marked (Requires EMI filter)

Enclosure

- Standard: Protected Chassis (IP20)

Protective Features

- Ground Fault: Standard
- Overload Protection: Standard
- Overcurrent: Standard
- Overvoltage: Standard
- Undervoltage: Standard
- Overtemperature: Standard
- Overload Limit: Standard

Set Up Adjustments, Performance Features, Operator Control and External Interface

Keypad

- Alphanumeric Display: Standard, 1 x 4 character
- Digital Indications: Frequency (Hz), Motor Current (amps), User-Defined RUN/STOP, FORWARD/REVERSE and Parameters
- Diagnostics: Last 3 trips with cause
- LED Status Indicators: 8 (RUN/STOP, FORWARD/REVERSE, Hz, Amps, User Defined, and Input Speed)
- Operator Functions: START/STOP, Speed control (digital or potentiometer), RESET, SETUP Keys and ENTER.

I/O Terminal Block

- Analog Inputs:
  - 2 Inputs: 0 – 10V DC, 4 – 20 mA
  - Potentiometer: 1K ohm to 2K ohm
  - Analog Voltage: Nominal 10V DC (10K ohm input impedance)
  - Analog Current: Nominal 4 – 20 mA (250 ohm)
- Digital Inputs: 6 Programmable Inputs
- Digital Outputs: 1 Programmable Open collector and 1 Form C Relay contact
- Analog Monitor Output:
  - Analog meter – frequency or output current

Programmable Parameters

- Out of the Box: Factory settings loaded for quick start-up.
- Accel. and Decel.: 2 separately adjustable Linear or S Curve times: 0.1 – 3000 seconds

- Auto Restart: Overcurrent, overvoltage and undervoltage with 4 selectable retry restart modes
- DC Braking: Standard Built-In
- External Fault: Terminal input
- Jog: Terminal input
- Fault Reset: STOP/RESET or terminal input
- I/O: NO/NC Selectable
- Jump Frequencies: 3 (with adjustable width)
- Parameter Security: Programmable software lock
- Preset Speeds: 7 preset speeds
- PID Controller: PID process control
- Reversing: Keypad or terminal
- Speed Setting: Keypad, terminal or pot
- START/STOP Control: Keypad or terminal
- Stop Modes: Decel, coast or DC injection

Reliability

- Pretested Components: Standard
- Surface Mount Technology: Standard (PCBs)
- Computerized Testing: Standard
- Final Test with Full Load: Standard
- Eaton's Cutler-Hammer Engineering Systems and Service: National network of AF drive specialists

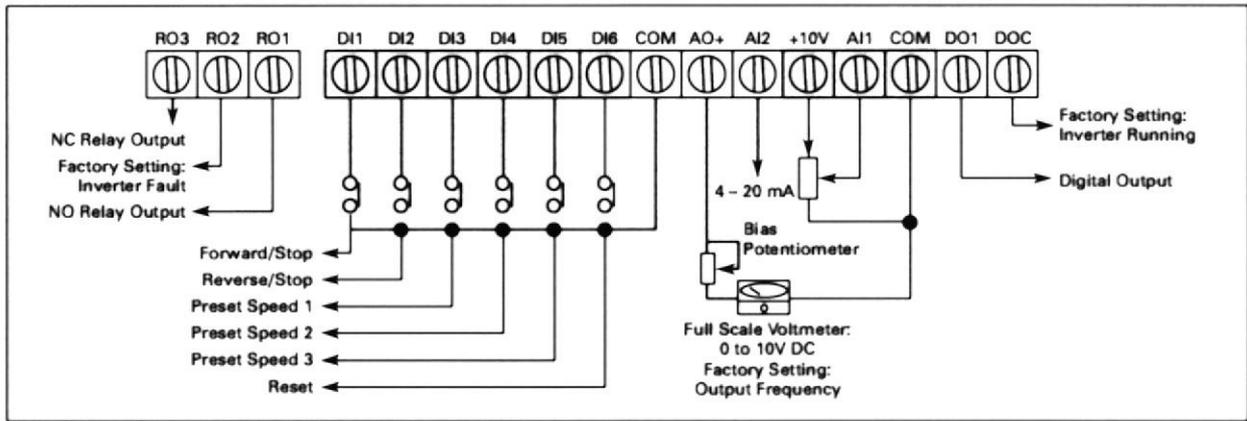
Table 2. Watts Loss

Horsepower	Catalog Number	Volts	Watts Loss	
			9 kHz	
1/2	MVXF50A0-2	230V AC	20W	
	MVX001A0-2		38W	
	MVX002A0-2		75W	
	MVX003A0-2		110W	
	MVX005A0-2		185W	
7-1/2	MVX007A0-2		275W	
1	MVX001A0-4	480V AC	38W	
	MVX002A0-4		75W	
	MVX003A0-4		110W	
	MVX005A0-4		185W	
	7-1/2		MVX007A0-4	275W
	10		MVX010A0-4	375W

**Table 3. Dynamic Braking Resistor Sizing**

Dynamic Braking Resistors, Open Units		Catalog Number	No. of Units Used	Resistor (Ohms)	Watts	Braking Torque	Duty Cycle
Horsepower	Volts						
1/2	230V Series	K13-000034-0821	1	100	80W	220%	10%
1		K13-000034-0821	1	80	80W	125%	10%
2		K13-000034-0824	1	55	300W	125%	10%
3		K13-000034-0824	1	35	300W	125%	10%
5		K13-000034-0825	1	25	400W	125%	10%
7-1/2		K13-000034-0826	2	16	250W	125%	10%
1	460V Series	K13-000034-0841	1	260	80W	125%	10%
2		K13-000034-0843	1	190	300W	125%	10%
3		K13-000034-0843	1	145	300W	125%	10%
5		K13-000034-0844	1	95	400W	125%	10%
7-1/2		K13-000034-0845	2	60	250W	125%	10%
10		K13-000034-0846	3	45	350W	125%	10%

**Wiring Diagrams**



**Figure 1. Control Terminal Wiring (Factory Settings)**

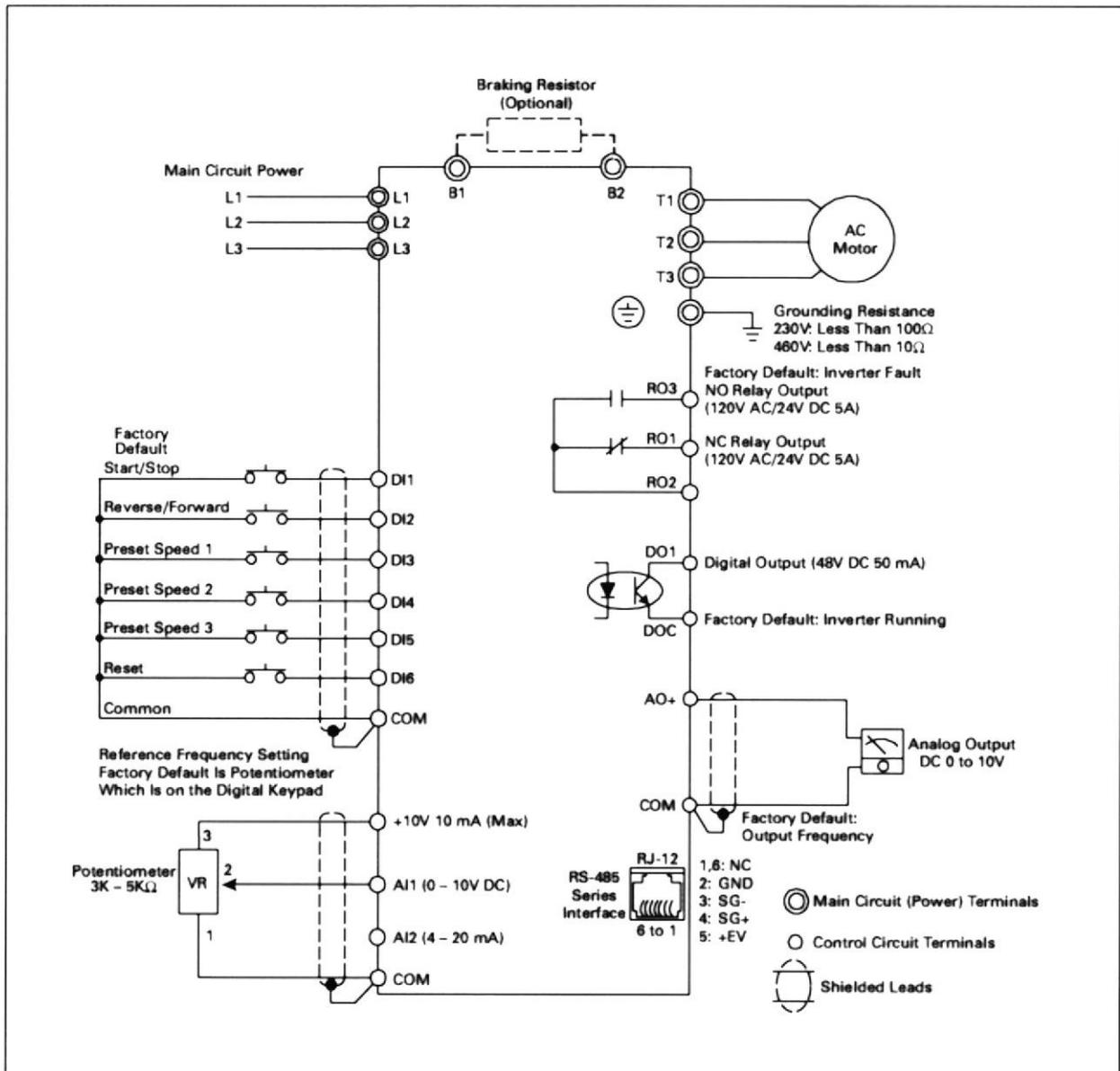


Figure 2. Basic Wiring Diagram

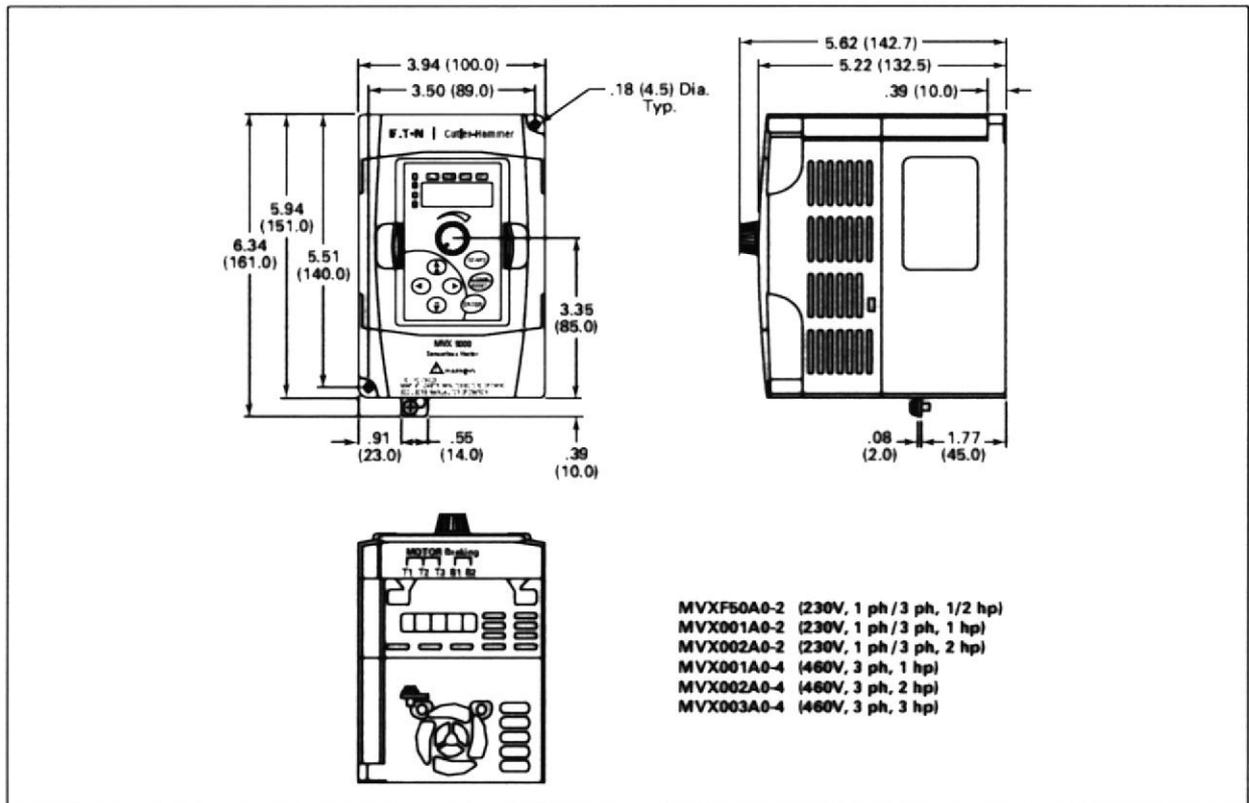
**Note:** Do not plug a modem or telephone line to the RS-485 communication port, permanent damage may result. Terminal 2 and 5 are the power sources for the optional copy keypad and should not be used while using RS-485 communication.

■ For single-phase application select correct model, and select any of the two input terminals for main circuit power.

**Dimensions**

**Table 4. Approximate Dimensions and Shipping Weights for Basic Controller**

Description	Dimensions in Inches (mm)	Shipping Weight			
		Horsepower	Volts	Lbs. (kg)	
1/2	200 – 240	3.9 (100)	5.9 (151)	5.7 (145)	6.2 (2.8)
1	200 – 240	3.9 (100)	5.9 (151)	5.7 (145)	6.2 (2.8)
2	200 – 240	3.9 (100)	5.9 (151)	5.7 (145)	6.2 (2.8)
3	200 – 240	4.9 (100)	8.6 (220)	7.6 (193)	12.1 (5.5)
5	200 – 240	4.9 (125)	8.6 (220)	7.6 (193)	12.1 (5.5)
7-1/2	200 – 240	4.9 (125)	8.6 (220)	7.6 (193)	12.1 (5.5)
1	380 – 480	3.9 (100)	5.9 (151)	5.7 (145)	6.2 (2.8)
2	380 – 480	3.9 (100)	5.9 (151)	5.7 (145)	6.2 (2.8)
3	380 – 480	3.9 (100)	5.9 (151)	5.7 (145)	6.2 (2.8)
5	380 – 480	4.9 (125)	8.6 (220)	7.6 (193)	12.1 (5.5)
7-1/2	380 – 480	4.9 (125)	8.6 (220)	7.6 (193)	12.1 (5.5)
10	380 – 480	4.9 (125)	8.6 (220)	7.6 (193)	12.1 (5.5)



**Figure 3. 1/2 to 3 hp Drive Approximate Dimensions in Inches (mm)**

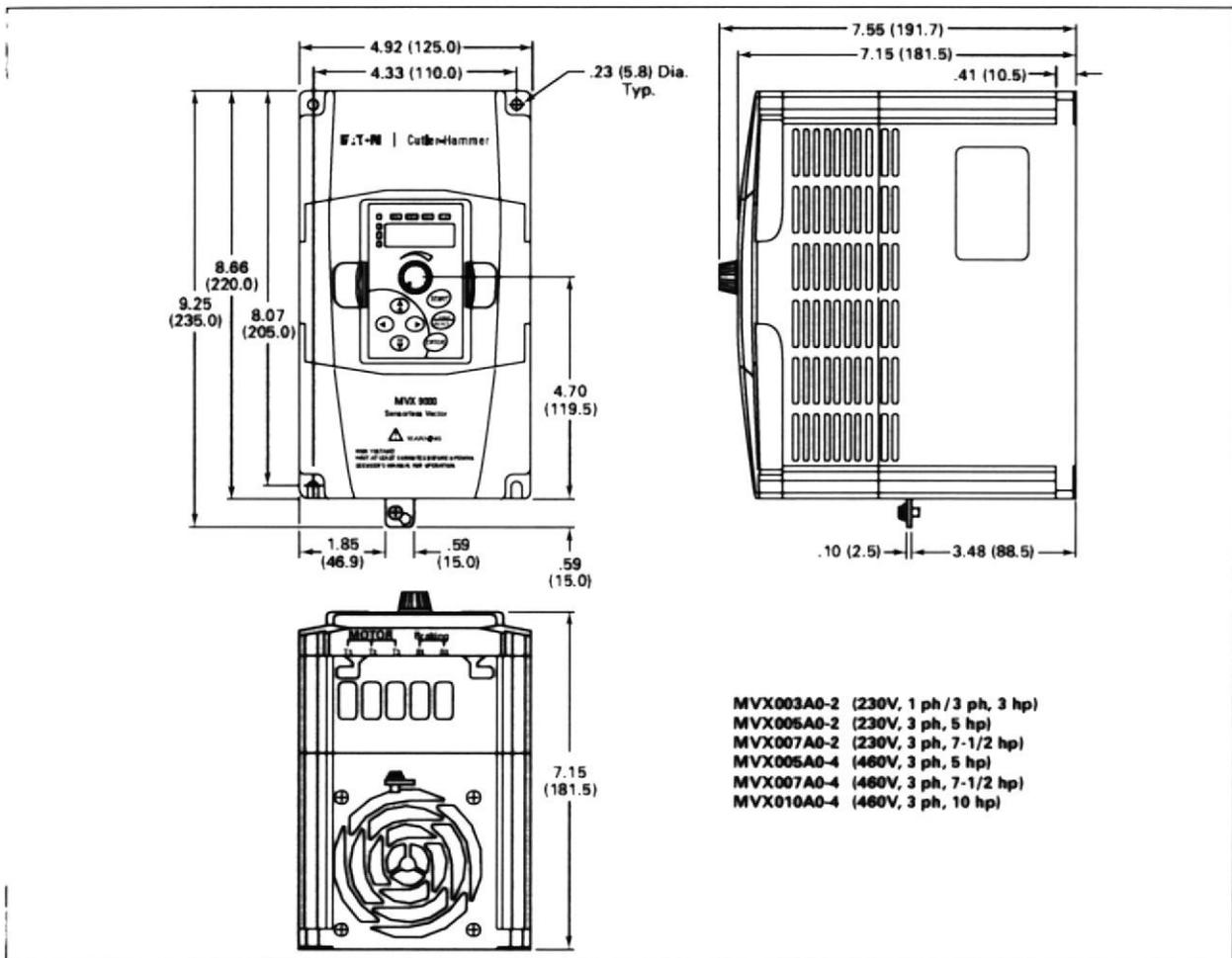
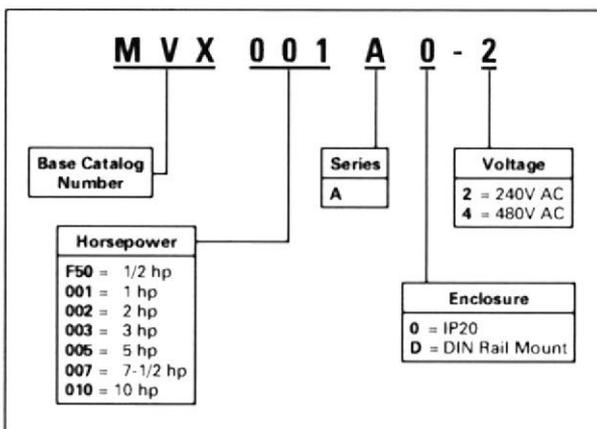


Figure 4.3 to 10 hp Drive Approximate Dimensions in Inches (mm)

Catalog Number Selection



Product Selection

Table 5. MVX9000 Basic Controller IP20

Description	Input Ampere	Continuous	Catalog
Horsepower ①	Single-/Three-Phase Rating	Output Amp Rating	Number
1/2	200 -	6.3/2.9	2.5
1	240	11.5/6.3	5.0
2		15.7/8.8	7.0
3		27.5/12.5	10
5		—/19.6	17
7-1/2		—/31.5	25
1	380 -	—/4.2	3.0
2	480	—/5.7	4.0
3		—/7.0	5.0
5		—/8.5	8.2
7-1/2		—/14	13
10		—/20.6	18

① Horsepower ratings are based on the use of a 230V or 460V NEMA B, 4- or 6-pole squirrel cage induction motor and are for reference only. Units are to be selected such that the motor current is less than or equal to the MVX9000 rated continuous output current.

② For 208V, 380V or 415V applications, select the unit such that the motor current is less than or equal to the MVX9000 rated continuous output current.

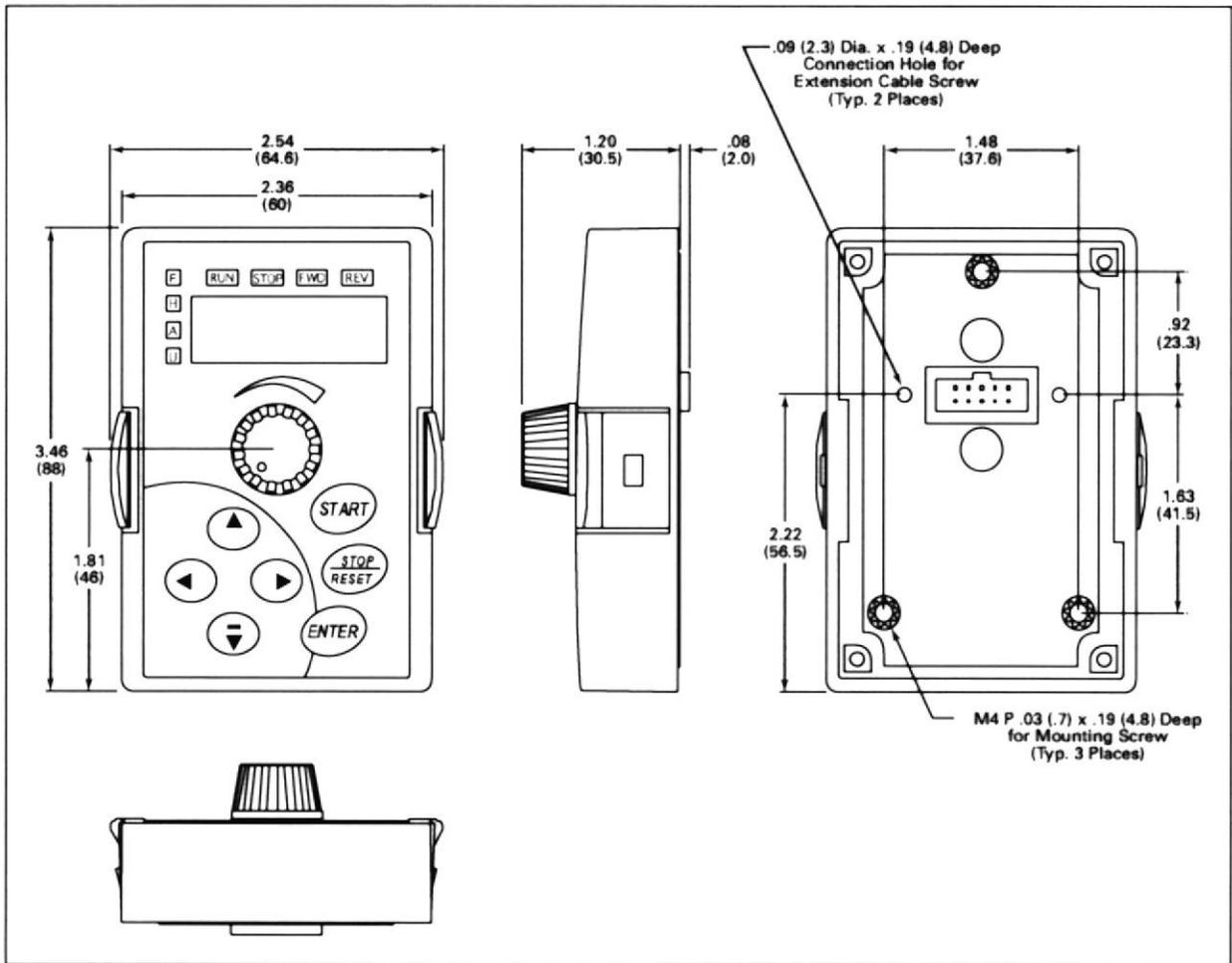


Figure 5. Digital Keypad Approximate Dimensions in Inches (mm)

[11] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 2, National Instruments, Año 2010.

[12] Eduardo J. Carletti, Puente H simple y barato,[http://robots-argentina.com.ar/MotorCC\\_PuenteHSol1.htm](http://robots-argentina.com.ar/MotorCC_PuenteHSol1.htm), fecha de consulta enero 2011.

[13] Foros de Electrónica, Relé de estado sólido con TRIAC , <http://www.forosdeelectronica.com/proyectos/rele-estado-solido.htm>, fecha de consulta febrero 2011.

[14] CACEL, Inversión del sentido de giro de un motor monofásico., <http://ntic.educacion.es/w3//recursos/fp/cacel/CACEL1/monofasico.htm>, fecha de consulta febrero 2011.

[15] Phillips semiconductor, Hoja de datos del Tlp31C, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Marzo 2011.

[16] Phillips semiconductor, Hoja de datos del Tlp32C, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Marzo 2011.

[17] Phillips semiconductor, Hoja de datos del BT136, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Abril 2011.

[18] Fairchild semiconductor, Hoja de datos del 2n3906, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Abril 2011.

[19] Fairchild semiconductor, Hoja de datos del 2n3904, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Abril 2011.

[20] Fairchild semiconductor, Hoja de datos del MOC70P, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Mayo 2011.

[21] Motorola semiconductor, Hoja de datos del MOC3011, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Mayo 2011.

[22] Texas instrument, Hoja de datos del tl084, <http://www.datasheetcatalog.com/>, fecha de consulta Mayo 2011.

[23] Cutler Hammer, Hoja de datos MVX9000 Adjustable Frequency Drives, <http://www.galco.com/scripts/cgiip.exe/wa/wcat/webpromo.htm?promo=110CHGPMVX9000/>, fecha de consulta Agosto 2011.