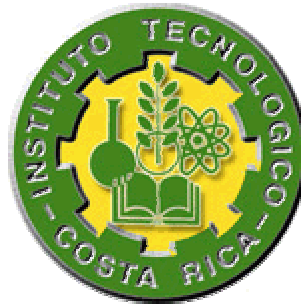


**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería en Electrónica**



**Sistema prototipo de automatización de la medición de los parámetros eléctricos de los arrancadores de lámparas fluorescentes**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniera en Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Kenia Jiménez Zumbado**

**Cartago, febrero de 2006**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA**  
**PROYECTO DE GRADUACIÓN**  
**TRIBUNAL EVALUADOR**

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniera en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del tribunal



Ing. Juan Carlos Jiménez Robles

Profesor Lector



Ing. Miguel Hernández Rivera

Profesor Lector



Ing. Victorino Rojas Madrigal

Profesor Asesor



Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 1 febrero 2006

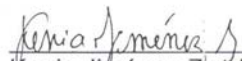
## Declaración de Autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

San José, 1 de febrero 2006

  
Kenia Jiménez Zumbado  
Cédula: 6-313-592

## Resumen

El presente documento describe los principales aspectos relacionados con la realización de un sistema que permite automatizar las pruebas eléctricas que se realizan a los arrancadores de lámparas fluorescentes, esto como respuesta a la necesidad que tiene la empresa Sylvania S.A de optimizar las evaluaciones eléctricas que se realizan a los arrancadores producidos en su planta. El arrancador es un interruptor automático que se utiliza para cerrar y abrir un circuito eléctrico que se encarga de encender la lámpara fluorescente.

Los arrancadores son probados en el laboratorio, donde a través de una secuencia de pruebas se determinan sus parámetros eléctricos, como los siguientes: la velocidad de operación, tiempo de cerrado, tensión de interrupción, tensión de cierre, etc.

Las pruebas consisten en alimentar un circuito formado por un balastro, la lámpara fluorescente y el arrancador. La forma con que este arrancador haga funcionar la lámpara determina los parámetros eléctricos de los arrancadores. Las respuestas de corriente y tensión de este circuito son el punto de partida para determinar los parámetros de los arrancadores.

Las evaluaciones actualmente se realizan en el laboratorio donde un grupo de operarios se encargan de determinar los diferentes parámetros de las pruebas haciendo uso de equipo de medición (osciloscopio y fuente de tensión), esto causa que los resultados de las pruebas dependan de la subjetividad de criterio con el cuál es determinado cada valor por parte de los operarios.

La solución al problema consiste en desarrollar un sistema que realice las evaluaciones a los arrancadores de forma automática. Por medio de una computadora el sistema debe inicializar el proceso de prueba del arrancador, obtener y procesar los datos para determinar los parámetros de cada prueba eléctrica.

Palabras claves: Arrancador, lámpara fluorescente, balastro, parámetros eléctricos de los arrancadores.

## **Abstract**

The present document describes the most important related aspects with the develop of a system who allows automatize the electrical test for the fluorescent lamp starters, this in response of a need of the Sylvania S.A. company to optimize the electrical evaluation of the starters produced at the company shop floor. The starter is an automatic switch used to close and open the electrical circuit that is in charge to turn on the fluorescent lamp.

The starters are test in a laboratory, with a several test the electrical parameters of the starter are bring out, like the following: speed of operation, closed time, breakdown voltage, closure voltage, etc.

The test consist in bring the power supply to a circuit formed by a ballast, a fluorescent lamp and a starter. The way that the starter makes the lamp work determines the starter electrical parameters. The voltage and current responses of this circuit are the start point to determine the parameters of the starters.

Nowadays the tests take place in the company laboratory where a workers group is in charge to determine the different parameters of the tests by using the measure equipment (oscilloscope and power supply), the results of the tests are affected by the subjective criteria of the worker who determine the value of the parameter.

The problem solution consist in develop a system that makes the tests of the starters in an automatic way. By a personal computer the system should initialize the starter test process, obtain and process the data to determine the electrical parameter of each test.

**Keywords:** starter, fluorescent lamp, ballast, starter electrical parameters.

## **Dedicatoria**

*A mami, tía Liz, tía Ana, a David y a la memoria de mi tío Gil.*

## **Agradecimiento**

A la empresa Sylvania S.A por ofrecerme la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación en sus instalaciones.

Agradezco al Ing. Javier Fallas Binda por su asesoramiento y su ayuda.

Al Ing. Victorino Rojas Madrigal por su guía y el tiempo brindado a este proyecto.

A la profesora Martha Eugenia Vílchez por su ayuda y amistad.

Agradezco al Instituto Tecnológico de Costa Rica y en particular a la Escuela de Ingeniería Electrónica por darme la oportunidad de aprender, por fomentar en mí los valores del trabajo, la responsabilidad, el esfuerzo y la dedicación.

## ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción .....	14
1.1 Problema existente e importancia de la solución .....	14
1.2 Solución del problema.....	15
Capítulo 2: Meta y objetivos.....	19
2.1 Meta .....	19
2.2 Objetivo general .....	19
2.3 Objetivos específicos .....	19
2.3.1 Objetivos de Software .....	19
2.3.2 Objetivos de Hardware.....	20
2.3.3 Objetivos de documentación .....	20
Capítulo 3: Marco teórico .....	21
3.1 Descripción del proceso .....	21
3.2 Descripción de un arrancador [7] .....	23
3.3 Descripción de las pruebas eléctricas realizadas a los arrancadores [ 8] .....	25
3.1.1 Requerimientos generales para las pruebas.....	25
3.1.2 Descripción específica de cada prueba.....	26
3.4 Antecedentes bibliográficos .....	35
3.5 Descripción de principios físicos y/o electrónicos .....	37
3.5.1 Fundamentos de las descargas eléctricas [2] .....	37
3.5.2 Características de tensión y corriente de las descargas eléctricas [2] .....	38
3.5.3 Acoplamiento y aislamiento ópticos [4] .....	40
3.5.4 Interfase entre diferentes niveles de tensión [1].....	42
Capítulo 4: Procedimiento metodológico.....	43
4.1 Reconocimiento y definición del problema .....	43
4.2 Obtención y análisis de la información.....	43
4.3 Evaluación de alternativas y síntesis de la solución.....	44
4.4 Implementación de la solución .....	44
4.5 Reevaluación y diseño .....	44



Capítulo 5: Descripción detallada de la solución.....	46
5.1 Análisis de soluciones y selección final.....	46
5.1.1 Solución 1 basada en una tarjeta entrada / salida digital.....	50
5.1.2 Solución 2 basada en un microcontrolador.....	52
5.1.3 Selección de la solución final.....	54
5.2 Descripción del hardware.....	56
5.2.1 Fuente de tensión de 5V.....	56
5.2.2 Acondicionamiento de la señal de salida de tensión del transformador...58	58
5.2.3 Etapa de acople óptico.....	61
5.2.4 Etapa de potencia.....	62
5.2.5 Etapa de acople con la interfaz serial.....	64
5.2.6 Etapa de sensado.....	66
5.2.7 Conexión del microcontrolador.....	67
5.3 Descripción del <i>software</i> .....	69
5.3.1 Descripción general del <i>software</i> principal.....	69
5.3.2 <i>Software</i> de comunicación serial de la computadora.....	72
5.3.3 <i>Software</i> de pruebas de tiempo.....	74
5.3.4 <i>Software</i> de pruebas de tensión.....	79
5.3.5 <i>Software</i> para almacenamiento de resultados.....	83
5.3.6 <i>Software</i> del microcontrolador.....	83
Capítulo 6: Análisis y resultados.....	90
6.1 <i>Software</i> del sistema.....	90
6.1.1 Interfaz de usuario.....	90
6.1.2 Resultados de las pruebas realizadas.....	94
6.2 Sistema de control automático de la señal de tensión.....	98
6.3 <i>Hardware</i> del sistema.....	100
Capítulo 7: Conclusiones.....	102
Capítulo 8: Recomendaciones.....	103
Bibliografía.....	104

Apéndices .....	105
A.1    Glosario, abreviaturas y simbología.....	106
A.2    Información sobre la empresa .....	107
Anexos .....	109
Anexo A.1    Hojas de datos transformador variable POWERSAT 236BT .....	110
Anexo A.2    Hojas de datos controlador digital con motor ajustable DM217CT ...	113
Anexo A.3    Hojas de datos del sensor de temperatura y RH, HTM1735-ND .....	116
Anexo A.4    Hojas de datos del regulador de tensión ajustable LM317. ....	119
Anexo A.5    Hojas de datos del medidor programable PAXHCDL .....	122
Anexo A.6    Hojas de datos de Optoacopladores PS2532L-1.....	128
Anexo A.7    Hojas de datos Osciloscopio PICOSCOPE 3224 .....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Diagrama de bloques general de la solución. ....	16
<b>Figura 1.2</b>	Diagrama de bloques de la Unidad de control. ....	17
<b>Figura 3.1</b>	Diagrama de flujo de proceso de evaluación ....	21
<b>Figura 3.2</b>	Esquema del circuito de prueba .....	22
<b>Figura 3.3</b>	Arrancador automático .....	24
<b>Figura 3.4</b>	Secuencia de las pruebas de evaluación de los arrancadores .....	26
<b>Figura 3.5</b>	Circuito pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado.....	27
<b>Figura 3.6</b>	Curva de V/T para pruebas de S.of S y CLD.T. ....	28
<b>Figura 3.7</b>	Gráfica de I / V del circuito de prueba .....	32
<b>Figura 3.8</b>	Circuito de prueba para realizar pruebas de tiempos.....	32
<b>Figura 3.9</b>	Curva de tensión contra tiempo para evaluar prueba de tiempos .....	33
<b>Figura 3.10</b>	Diagrama de bloques para la búsqueda de la información. ....	35
<b>Figura 3.11</b>	Circuito como ejemplo de una descarga eléctrica.....	38
<b>Figura 3.12</b>	Características V / I de descarga eléctrica en un tubo de vidrio.....	39
<b>Figura 3.13</b>	Curva característica de I/V y P/I para un LED .....	41
<b>Figura 3.14</b>	Transistor como interruptor para energizar un relé .....	42
<b>Figura 5.1</b>	Diagrama de bloques de la solución .....	47
<b>Figura 5.2</b>	Diagrama de bloques para manejar la fuente de poder .....	48
<b>Figura 5.3</b>	Lazo de control para la tensión del sistema .....	49
<b>Figura 5.4</b>	Diagrama de bloques solución basada en una tarjeta I/O digital .....	50
<b>Figura 5.5</b>	Diagrama conexión de una tarjeta I/O digital al sistema .....	51
<b>Figura 5.6</b>	Diagrama de bloques unidad de control con microcontrolador .....	53
<b>Figura 5.7</b>	Diagrama de bloques específico de la solución .....	55
<b>Figura 5.8</b>	Circuito para fuente de tensión de 5V. ....	57
<b>Figura 5.9</b>	Diagrama del acondicionamiento de la señal de tensión. ....	59
<b>Figura 5.10</b>	Circuito divisor de tensión. ....	59
<b>Figura 5.11</b>	Circuito interno Optoacoplador PS2532L-1.....	61
<b>Figura 5.12</b>	Conexión de los optoacopladores .....	62
<b>Figura 5.13</b>	Diagrama interno del relé 700-HF32Z24 .....	62

<b>Figura 5.14</b>	Circuito de prueba para los arrancadores .....	63
<b>Figura 5.15</b>	Diagrama de bloques de la comunicación serie.....	65
<b>Figura 5.16</b>	Diagrama de pines y configuración interna del MAX233.....	65
<b>Figura 5.17</b>	Conexión integrado HTM1735-ND .....	67
<b>Figura 5.18</b>	Plano eléctrico de la conexión del microcontrolador .....	68
<b>Figura 5.19</b>	Diagrama de bloques de los subprogramas del programa principal.....	69
<b>Figura 5.21</b>	Diagrama de flujo comunicación serial.....	73
<b>Figura 5.22</b>	Diagrama de flujo de las pruebas de tiempo .....	74
<b>Figura 5.23</b>	Diagrama de flujo para configurar modo <i>Block</i> en el osciloscopio .....	76
<b>Figura 5.24</b>	Diagrama de flujo para determinar cierres y aperturas del arrancador. 77	
<b>Figura 5.25</b>	Diagrama de flujo para configurar el osciloscopio en modo <i>streaming</i> .79	
<b>Figura 5.26</b>	Diagrama de flujo para determinar cierres de contacto.....	80
<b>Figura 5.27</b>	Diagrama de flujo para determinar prueba de NRV .....	81
<b>Figura 5.28</b>	Diagrama de flujo para determinar prueba de CLS .....	82
<b>Figura 5.29</b>	Diagrama de flujo para guardar los datos de las pruebas .....	83
<b>Figura 5.30</b>	Diagrama de flujo del software del microcontrolador.....	84
<b>Figura 5.31</b>	Diagrama de bloques para controlar la tensión.....	85
<b>Figura 5.32</b>	Esquema de funcionamiento del bloque de control.....	87
<b>Figura 5.33</b>	Diagrama de flujo de la lógica de control de tensión.....	88
<b>Figura 6.1</b>	Ventana de ingreso de datos generales.....	91
<b>Figura 6.2</b>	Ventana para la selección de la prueba. ....	92
<b>Figura 6.6</b>	Sistema de prototipo de pruebas .....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b>	Valores de tensión para velocidad de operación y tiempo de cerrado.....	28
<b>Tabla 3.2</b>	Valores para fijar la tensión inicial y la frecuencia .....	29
<b>Tabla 3.3</b>	Valores para fijar la tensión inicial y la frecuencia para NRV .....	30
<b>Tabla 5.1</b>	Comparación de posibles soluciones.....	54
<b>Tabla 5.2</b>	Especificación de la función de los relés .....	64
<b>Tabla 5.3</b>	Comandos para la comunicación entre la PC y el microcontrolador.....	73
<b>Tabla 6.1</b>	Resultados de pruebas de tiempos para un arrancador GB46.....	94
<b>Tabla 6.2</b>	Resultados de pruebas de tiempos para un arrancador GB46.....	94
<b>Tabla 6.3</b>	Resultados de tensión de recierre y tensión de cierre arrancador GB46..	95
<b>Tabla 6.4</b>	Valores obtenidos y los esperados para un arrancador GB-46 .....	95
<b>Tabla 6.5</b>	Valores de tensión de recierre para un arrancador GB-58. ....	96
<b>Tabla 6.6</b>	Valores obtenidos y los esperados para un arrancador GB-58 .....	96
<b>Tabla 6.7</b>	Valores de tensión del sistema obtenidos y teóricos. ....	98
<b>Tabla 6.8</b>	Valores obtenidos al realizar el control automático de la tensión .....	99

## **Capítulo 1: Introducción**

### **1.1 Problema existente e importancia de la solución**

Sylvania S.A es una empresa líder en la producción de productos para la iluminación. Sylvania Costa Rica se dedica principalmente a la producción de arrancadores para lámparas fluorescentes.

El arrancador es un interruptor automático que posee un bulbo de cristal que contiene gas en el cual se ubican dos electrodos metálicos y un bimetálico, que bajo cierta condición eléctrica entran en contacto, permitiendo el contacto físico de los electrodos. Los arrancadores se encargan de elevar la tensión para lograr el encendido de los tubos fluorescentes.

El Departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa realiza un estricto control de los parámetros eléctricos que deben cumplir los distintos tipos de arrancadores para poder realizar un análisis de la producción y mejorar de forma continua el desempeño de estos dispositivos. Además los resultados de las pruebas eléctricas realizadas a los arrancadores son el primer paso para realizar mejoras de diseño y funcionamiento del mismo.

El problema que se le presenta a Sylvania S.A con la realización de estas pruebas actualmente es que estas evaluaciones se realizan de forma manual por un grupo de operarios en el laboratorio de la empresa. Esto hace que la obtención de los parámetros de los arrancadores no se realice de la forma más eficiente y objetiva, haciendo que el proceso de evaluación sea lento, propenso al error e ineficiente, con respecto a las expectativas de control productivo de la empresa.

Esta situación preocupa a la empresa porque de no mejorarse la forma en que se realizan las pruebas, los procesos de análisis del comportamiento eléctrico de los arrancadores se verán afectados y esto se puede convertir en pérdidas de tipo económico.

La solución del problema mencionado le permite al Departamento de Investigación y desarrollo de la empresa realizar una propuesta basada en resultados para la gerencia, que justifique la compra del material y la contratación del recurso humano necesario para implementar el modelo prototipo a un sistema que pueda incorporarse a la línea de producción.

## **1.2 Solución del problema**

La solución del problema para realizar las pruebas eléctricas a los arrancadores cumple con los siguientes requerimientos establecidos por la empresa:

- Sistema de pruebas automático.
- Sistema que pueda evaluar por lo menos un tipo de arrancador de los que normalmente se evalúan.
- Sistema que permita medir valores de tensión mayores de 600V.
- El sistema debe utilizar una fuente de tensión de 24V para alimentar los demás dispositivos del sistema.
- Se deben utilizar relés de tipo industrial que trabajen con 24V por políticas de la empresa.
- Sistema blindado que pueda disminuir la interferencia del ruido inducido presente en red eléctrica de 240 VAC y 120 VAC 60Hz en la empresa.
- Sistema capaz de monitorear la temperatura ambiente en donde se realice la prueba. El sensor de temperatura debe ser capaz de medir una temperatura mínima de 20°C.
- El sistema debe medir la humedad relativa del ambiente, el dispositivo para medir la humedad relativa debe medir como rango mínimo 65 %.

El sistema prototipo desarrollado para realizar las pruebas eléctricas a los arrancadores consta de las siguientes secciones:

- Una computadora personal, donde se ejecuta el software principal del sistema.
- Un microcontrolador, que lleva a cabo el control del hardware del sistema, así como la adquisición de datos de la temperatura y la humedad relativa.
- Sensor de temperatura y humedad relativa.
- Osciloscopio con capacidad de dos canales uno para medir tensión y el otro para medir la intensidad de corriente eléctrica del circuito de prueba.
- Circuito de pruebas, el sistema tiene conectores que permiten colocar los componentes del circuito de prueba de los arrancadores, el balastro, un capacitor, la lámpara fluorescente, el arrancador, las puntas del osciloscopio para realizar las mediciones correspondientes.
- La fuente de alimentación, consta de un transformador variable controlado digitalmente, para proveer la tensión al circuito de pruebas. Este transformador variable es controlado por el microcontrolador.

En la siguiente figura 1.1 se muestra un diagrama de bloques general de la solución del problema.

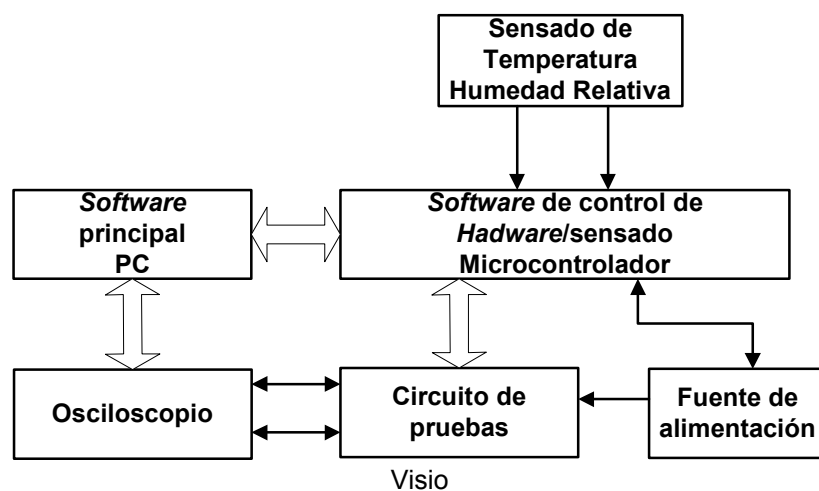
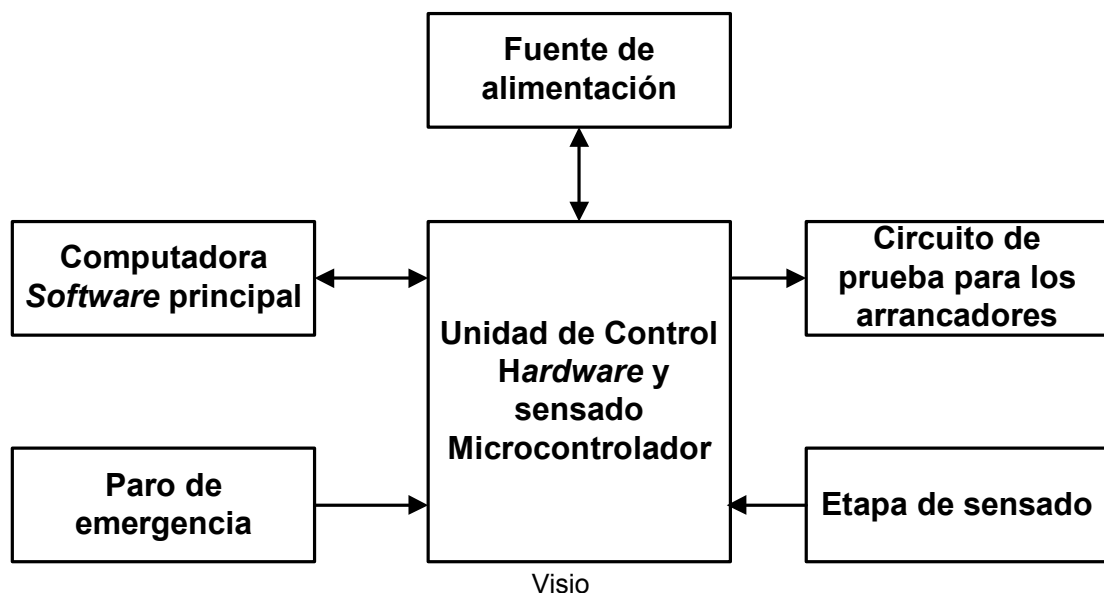


Figura 1.1 Diagrama de bloques general de la solución.



El *software* principal que se encuentra en la PC, cuenta con una interfaz de usuario que le permite al operador ingresar los parámetros de la prueba, estos a la vez son convertidos en comandos específicos que son enviados al microcontrolador vía puerto serie. El microcontrolador interpreta los comandos recibidos y se encarga de configurar y establecer las condiciones de hardware del sistema que se pueden resumir en las siguientes funciones:

- Monitorear la tensión de la fuente de alimentación.
- Manejar de forma automática el controlador digital del transformador variable, para ubicar la tensión necesaria para realizar la prueba.
- Controlar una serie de relés, que configuran el circuito de prueba según el tipo de evaluación que se ejecuta.
- Recibir los datos que corresponden a la temperatura y la humedad relativa, y enviar estos valores cuando el software principal lo solicite.
- Mantener una comunicación activa por medio del puerto serie con el software principal, para indicar el estado actual del circuito de prueba y de la tensión del mismo.



Visio  
**Figura 1.2** Diagrama de bloques de la Unidad de control.

El *software* principal según las condiciones de prueba, realiza la configuración del osciloscopio. Esto se debe principalmente a que los parámetros del osciloscopio están almacenados en el programa principal, y referidos a cada prueba. Por ejemplo hay pruebas que requieren que la captura de información por parte del osciloscopio sea en tiempo real para poder realizar la evaluación y otras que al contrario necesitan que el dispositivo capture la información durante cierto lapso de tiempo.

El programa principal muestra los resultados de la pruebas. Una vez que recibe los datos, ejecuta una serie de algoritmos que permiten determinar cada parámetro de la prueba. Estos resultados se muestran al usuario, y son almacenados en un archivo específico.

## **Capítulo 2: Meta y objetivos**

### **2.1 Meta**

Automatizar las pruebas eléctricas de velocidad de operación, tiempo de cerrado, tensión de cerrado, tensión de recierre, tiempo de arranque, tiempo muerto, tiempo de ionización y tiempo de cierre para un tipo de arrancador.

### **2.2 Objetivo general**

Diseñar un sistema que pueda realizar las pruebas eléctricas a los arrancadores de forma automática que cumpla con la normativa establecida por la IEC<sup>1</sup> para las empresas que trabajan en la industria de arrancadores para lámparas fluorescentes.

### **2.3 Objetivos específicos**

#### **2.3.1 Objetivos de Software**

1. Desarrollar un programa que sea capaz de determinar los parámetros eléctricos de por lo menos un tipo de arrancador.
2. Desarrollar un programa que permita controlar de forma automática la tensión del circuito de prueba.
3. Desarrollar una rutina que permita guardar los datos generados de la evaluación de los arrancadores.

---

<sup>1</sup> IEC: De las siglas en inglés *Internacional Electrotechnical Comisión*.

### **2.3.2 Objetivos de Hardware**

1. Implementar un circuito para medir y capturar valores de tensión y corriente del arrancador.
2. Implementar un circuito que permita controlar eléctrica y mecánicamente los componentes del circuito de prueba.

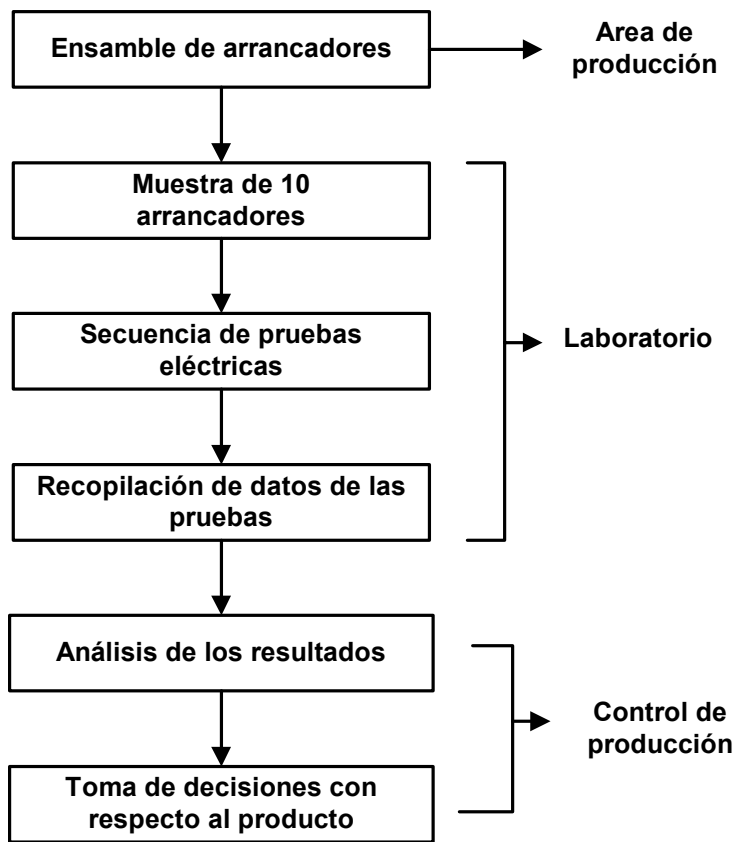
### **2.3.3 Objetivos de documentación**

1. Escribir un manual para el usuario del sistema de pruebas.
2. Documentar el funcionamiento del sistema para los encargados del departamento.

## Capítulo 3: Marco teórico

### 3.1 Descripción del proceso

El proceso mediante el cual se evalúan los arrancadores actualmente consiste en llevar a cabo ciertas pruebas que permiten medir los parámetros de los arrancadores, como parte de los datos que se necesitan para controlar el proceso de producción de estos productos.



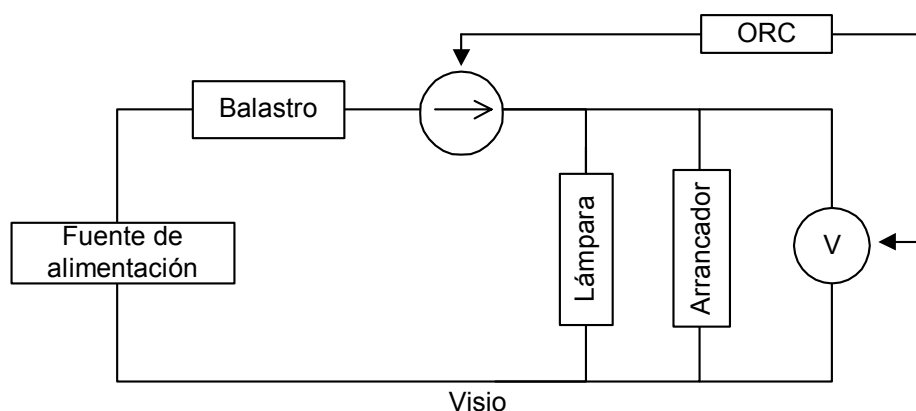
Visio

**Figura 3.1** Diagrama de flujo de proceso de evaluación

Cuando los arrancadores son ensamblados se toma una muestra de 10 unidades por lote. Esta muestra de producto es sometida a una serie de pruebas eléctricas, que se realizan en el laboratorio de desarrollo e investigación.

Las pruebas eléctricas están establecidas por la empresa. De estas, cuatro de ellas se deben de cumplir obligatoriamente como requerimientos de la IEC<sup>2</sup> para las empresas que trabajan en la industria de arrancadores para lámparas fluorescentes<sup>3</sup>, las demás pruebas se realizan por políticas internas de la empresa para tener un control de la calidad de los productos.

Las pruebas se realizan por operarios del laboratorio, quienes toman un arrancador, lo colocan en un circuito de prueba preestablecido para cada evaluación. El circuito de prueba esta conectado a una fuente de poder y a un osciloscopio permitiendo medir dos curvas, una de corriente y otra de tensión, ambas con respecto al tiempo, obtenidas mediante los dos canales del osciloscopio. Partiendo de una instalación básica como la que se muestra en la figura 3.2, el operario configura el osciloscopio con los comandos especificados para cada prueba y además incluye los valores que debe tener la fuente de alimentación.



**Figura 3.2** Esquema del circuito de prueba

Se obtienen datos de las señales medidas por el osciloscopio tanto de tensión como de intensidad de corriente eléctrica y con los valores de la fuente de poder se obtiene la información necesaria para determinar los parámetros eléctricos de cada arrancador.

<sup>2</sup> IEC: De las siglas en inglés International Electrotechnical Commission

<sup>3</sup> Estándar de referencia IEC 155

El circuito de prueba tiene variantes en la conexión de los componentes dependiendo de la prueba que se realice. Mediante el uso de un osciloscopio, una fuente de poder y un cronómetro; los operarios toman las mediciones necesarias de cada prueba, los valores de tensión, corriente y tiempo son logrados mediante una comparación visual de los resultados obtenidos en los equipos de medición contra valores predefinidos en un procedimiento de prueba. Los resultados obtenidos se registran en una hoja especial para cada muestra de arrancadores. Los datos se introducen en una hoja electrónica y una vez allí, la información es tomada por otro departamento de la empresa para realizar un análisis de los resultados y a partir de estos tomar medidas preventivas, correctivas o simplemente decidir las condiciones actuales de la producción .

Además de las pruebas que se realizan a los arrancadores que se producen en la empresa también se realizan pruebas a arrancadores de la competencia para realizar un análisis comparativo de las características y determinar el rendimiento de productos propios en relación con los demás que se venden en el mercado.

### **3.2 Descripción de un arrancador [7]**

El arrancador es un interruptor automático que tiene un bulbo de cristal como su componente principal, el cual contiene gas de diferentes tipos, esto depende del tipo de arrancador. El objetivo de este interruptor es cerrar el circuito conformado por el balastro y electrodos de una lámpara, y abrirlo otra vez después de que los electrodos han sido precalentados. La interrupción de la corriente en el arrancador proporciona una tensión a través de la lámpara y la enciende.

Los arrancadores se comercializan en distintas presentaciones comerciales según la aplicación. Además la medida estándar de un arrancador puede ser modificadas según sus necesidades del mercado.

Un arrancador actúa como el interruptor que está normalmente abierto, en el bulbo de cristal se encuentran dos electrodos, uno de estos electrodos tiene un bimetálico sujeto a su estructura. Esto es la parte crítica del arrancador, lo que le permite actuar como un interruptor y causar una corriente que fluya entre los cátodos en el tubo fluorescente.



Arrancador sin encapsular



Arrancador encapsulado

Fotografías propiedad del Departamento de Investigación y Desarrollo, Sylvania S:A

**Figura 3.3** Arrancador automático

El arrancador, se conecta en serie con los filamentos de la lámpara, esto implica que cuando el circuito es alimentado el metal se expande lo que pone en contacto los electrodos del arrancador y una descarga eléctrica ocurre. El contacto físico que ocurre entre los electrodos por medio del bimetálico permite cerrar el circuito de prueba y una corriente fluye entre los filamentos del fluorescente. Cuando el contacto se enfría este se separa y el circuito se abre.

La caída inductiva generada en el instante de la apertura del contacto provoca la descarga principal en el tubo fluorescente. En este punto la lámpara trabajará y el arrancador no consume potencia mientras la lámpara fluorescente funciona.



### **3.3 Descripción de las pruebas eléctricas realizadas a los arrancadores [ 8]**

Para la realización de las pruebas eléctricas es necesario contar con el siguiente equipo:

- Punta de corriente con amplificación para osciloscopio.
- Punta de tensión para osciloscopio.
- Osciloscopio con capacidad para dos o más canales.
- Fuente de poder regulada.
- Cronómetro.

#### **3.1.1 Requerimientos generales para las pruebas**

Los requerimientos generales establecidos en la norma 155 de la IEC para las pruebas eléctricas de los arrancadores son los siguientes:

- Tomando en cuenta las características de funcionamiento de los equipos electrónicos utilizados y las condiciones de los arrancadores se recomienda una temperatura entre los 20°C a los 30°C<sup>4</sup> y la humedad relativa menor al 65%<sup>5</sup>.
- Antes de iniciar las pruebas eléctricas es necesario llenar la hoja de solicitud donde se deben de incluir los siguientes datos: propósito de la prueba, características físicas del arrancador tanto de diseños propios como de la competencia, tipo de balastro y lámpara utilizada.

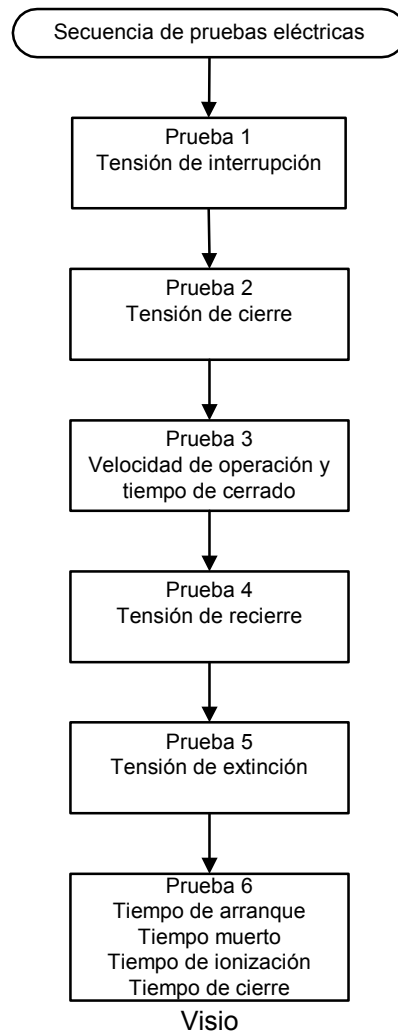
---

<sup>4</sup> IEC 155, Cláusula 5.2

<sup>5</sup> IEC 81, Apéndice B

### 3.1.2 Descripción específica de cada prueba

La secuencia de pruebas eléctricas que se realizan para determinar los parámetros eléctricos de los arrancadores son las siguientes: la velocidad de operación, tiempo de cerrado, tensión de interrupción, tensión de cierre, tensión de extensión, tiempo de arranque, tiempo muerto, tiempo de ionización, tiempo de cierre, corriente de ionización. No se tiene un valor establecido para cada uno de los parámetros ya que estos varían según las características físicas de cada dispositivo evaluado. Cada una de estas pruebas serán explicadas a continuación basándose en las normas que las fundamentan:

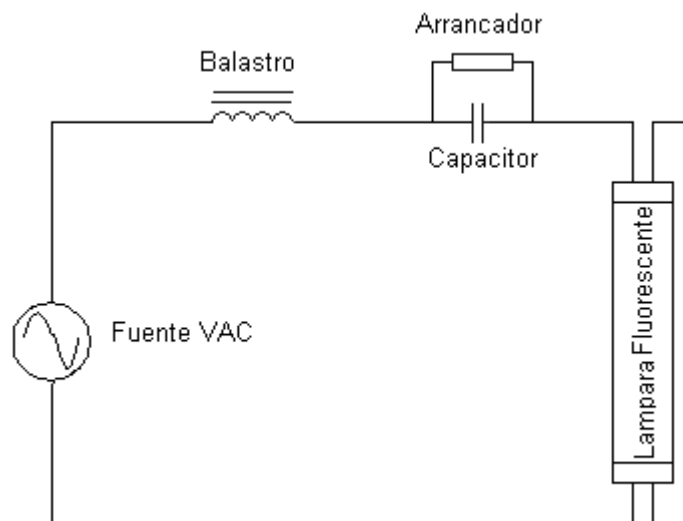


**Figura 3.4** Secuencia de las pruebas de evaluación de los arrancadores

### Velocidad de operación (S.of.S)<sup>6</sup> y tiempo de cerrado (CLD.T)<sup>7</sup>

Para realizar las pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado se conecta el circuito que se muestra en la figura 3.5. En este circuito se observa que los filamentos de la lámpara fluorescente se encuentran cortocircuitados, porque el objetivo de estas evaluaciones es evaluar al arrancador por si solo y no a la lámpara.

Cuando se alimenta el circuito (figura 3.5) se hace que inicialmente circule una corriente (ionización del gas), esta corriente calienta el bimetálico, el cuál se expande cerrando el contacto, pero luego el bimetálico se enfría y este retorna a su posición original y el contacto se abre, así se repite un nuevo ciclo hasta que se deje de aplicar tensión al circuito.



Visio

**Figura 3.5** Circuito pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado

Para realizar las pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado se conecta el circuito de la figura 3.5, el capacitor que se conecta en paralelo con el arrancador cumple la función de hacer que el circuito sea capacitivo.

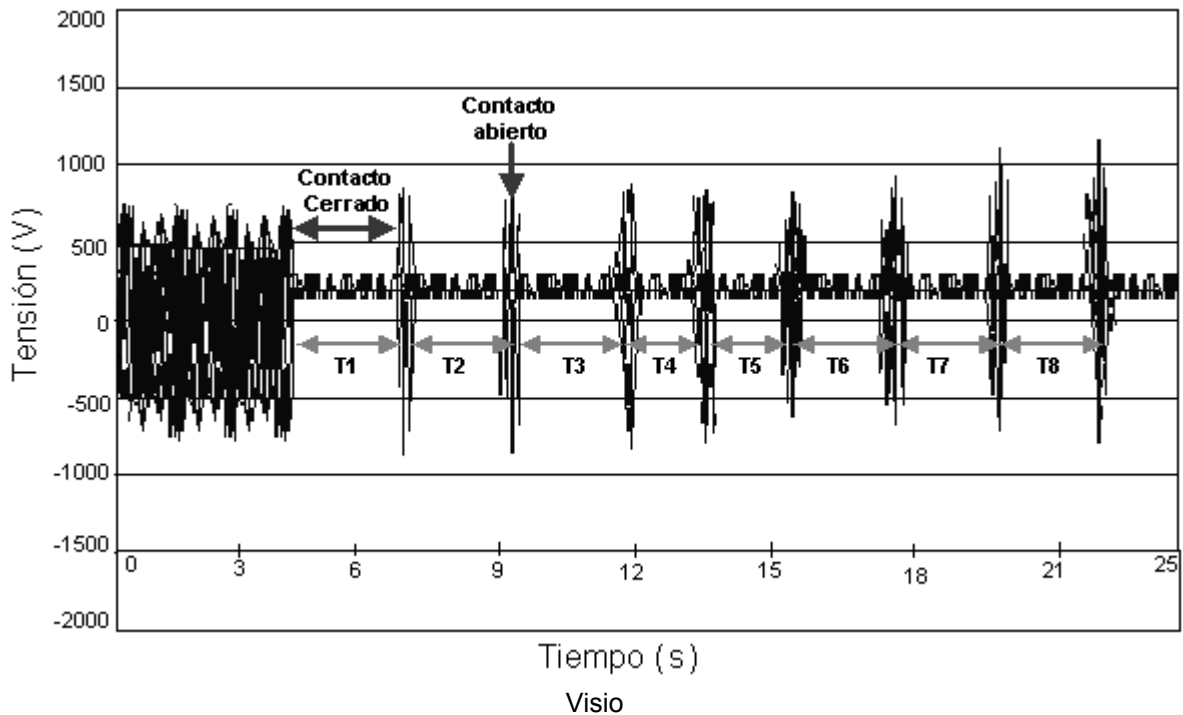
<sup>6</sup> De las siglas en inglés Speed of Operation.

<sup>7</sup> De las siglas en inglés Closed Time.

**Tabla 3.1** Valores de tensión para velocidad de operación y tiempo de cerrado

Tensión de referencia (V)	Tensión de aplicación(V)	Frecuencia(Hz)
110	103	60
220	198	50

La tensión de la fuente de alimentación se fija según la tabla 3.1, y se alimenta el circuito por un tiempo de 25 segundos, y en este lapso de tiempo se capturan los datos por medio del osciloscopio (señal de tensión contra tiempo) y luego se apaga la fuente de alimentación. Esta curva obtenida muestra cada vez que el arrancador logro abrir y cerrar el contacto. Por ejemplo se obtiene la siguiente curva de tensión contra tiempo en un lapso de 25s y se han señalado los tramos importantes para determinar las pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado.



**Figura 3.6** Curva de V/T para pruebas de S.of S y CLD.T.

Para determinar la velocidad de operación del arrancador se cuentan el número de cierres en un lapso de 25 segundos Si el número de cierres es igual o mayor a 7 el arrancador pasa esta prueba, sino no pasa la prueba. El tiempo de cerrado se determina sumando los tiempos que permanece cerrado el contacto del arrancador después de efectuar el primer cierre. Esta suma de tiempos debe ser mayor o igual a 10 segundos para pasar la prueba.

### **Tensión de interrupción (BDV)<sup>8</sup>**

El propósito de realizar esta prueba es medir la tensión cuando en el arrancador comienza a ionizar el gas. Al alimentar el arrancador, el gas en su interior establece una pequeña corriente (su valor depende de las características físicas de los arrancadores por lo que no se tiene un valor establecido) que fluye a través del gas pero no es capaz de producir el cierre físico entre el bimetálico y el electrodo. El circuito para realizar la prueba se muestra en la figura 3.5. Se fija la tensión de aplicación de acuerdo a la tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Valores para fijar la tensión inicial y la frecuencia

<b>Tensión de referencia(V)</b>	<b>Tensión de aplicación (V)</b>	<b>Frecuencia(Hz)</b>
110	55	60
220	100	50

Cuando la tensión es fijada, se alimenta el circuito, y se observan las curvas de tensión y corriente contra tiempo en el osciloscopio, en este instante se supone que la curva de tensión y intensidad de corriente eléctrica son señales senoidal. A continuación se aumenta la tensión de alimentación del circuito a razón de un voltio por segundo hasta observar una pequeña ruptura o deformación de la señal de intensidad de corriente en el osciloscopio.

Cuando aparece esta deformación en la señal de intensidad de corriente, se deja de aumentar la tensión. El valor actual de la fuente de alimentación corresponde a la tensión de interrupción del circuito.

### **Tensión de cierre (CLS V)<sup>9</sup>**

Esta prueba se realiza con el circuito de la figura 3.5. El propósito de la prueba es medir la tensión más baja cuando el arrancador efectúa el primer cierre o contacto entre el bimetálico y el electrodo. Se debe aumentar la tensión a partir del valor de la tensión de interrupción, a una razón de un voltio por segundo hasta observar que las señales de corriente y tensión se deformen por completo, esto ocurre cuando el arrancador empieza a cerrar y abrir el contacto entre el bimetálico y el electrodo.

<sup>8</sup> De las siglas en inglés *BreakDown Voltage*.

<sup>9</sup> De las siglas en inglés *Closure Voltage*.

La tensión de la fuente de alimentación en este momento es el valor de la tensión de cierre, y después de tener el valor se debe de apagar la fuente.

### **Tensión de recierre (NRV)<sup>10</sup>**

Se debe medir la tensión más alta cuando el arrancador deja de cerrar el contacto entre el electrodo y el bimetálico, bajo esta condición solo hay conducción de corriente entre el bimetálico y el electrodo a través de la ionización del gas.

El circuito de prueba utilizado es el de la figura 3.5. Se debe fijar la frecuencia y la tensión según la tabla 3.3 y encender la fuente de alimentación.

**Tabla 3.3** Valores para fijar la tensión inicial y la frecuencia para NRV

<b>Tensión de referencia(V)</b>	<b>Tensión de aplicación(V)</b>	<b>Frecuencia(Hz)</b>	<b>Pre calentamiento</b>
110	105	60	No
220	198	50	Si

Si el arrancador no enciende y apaga (parpadeo de luz) durante los primeros 10 segundos se debe de aumentar la tensión hasta que lo haga, y se esperan otros 10 segundos, esto solo para arrancadores que deben ser precalentados.

Para arrancadores que no necesitan precalentamiento. Se coloca la tensión de referencia y se comienza a disminuir la tensión a razón de un voltio por segundo hasta observar que las señales de corriente y tensión sean estables (señales senoidales), esto ocurre cuando los arrancadores dejan de abrir y cerrar el contacto.

En este momento se detiene el descenso de tensión y se observa que las señales de tensión y corriente sean estables por durante 1 minuto. Si antes de terminar el minuto el arrancador de nuevo cierra el contacto, se baja la tensión (1V) y se espera otro minuto, así sucesivamente hasta obtener el voltaje leído de la fuente de alimentación cuando las señales de tensión y corriente estén estables.

---

<sup>10</sup> De las siglas en inglés *Non Reclosure Voltage*

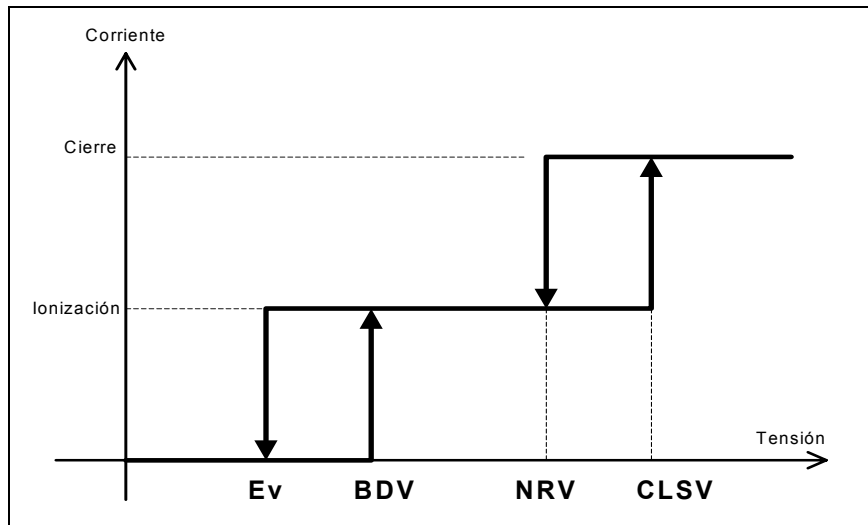
## **Tensión de extinción (EV)<sup>11</sup>**

La prueba de tensión de extinción consiste en medir el voltaje más alto cuando desaparece la ionización del gas y la corriente del arrancador. El circuito de prueba eléctrico es el mostrado en la figura 3.5. La prueba se realiza a partir de la tensión de recierre establecida en la prueba previa, se debe disminuir la tensión a razón de un voltio por segundo hasta observar que la señal de corriente tenga un valor igual o aproximado a cero o no exista un pico de corriente o alguna deformación. En este momento se detiene el descenso de tensión y se espera un minuto. Si antes de terminar el minuto el arrancador logra ionizar se baja la tensión esperando otro minuto y así sucesivamente hasta encontrar el valor. Se debe apagar la fuente y anotar la tensión que indica la fuente porque este valor es la tensión de extinción.

En la figura 3.7, se muestran claramente dos lazos de histéresis claramente definidos. Al aplicarle tensión al circuito, por el arrancador empieza a fluir una corriente hasta que el arrancador logre ionizar el gas, en este momento se alcanza la tensión de interrupción(BVD). La tensión se incrementa hasta alcanzar la tensión de cierre(CLSV), donde el arrancador deja de ionizar y aparece el primer cierre o contacto entre el bimetálico y el electrodo, la corriente que se alcanza en este momento es la corriente de cierre. A partir de este momento se debe de disminuir la tensión hasta que el arrancador deje de cerrar y abrir el contacto, cuando ya no se da ningún cierre en el arrancador se obtiene la tensión de extinción (EV).

---

<sup>11</sup> De las siglas en inglés *Extinguishing Voltage*.

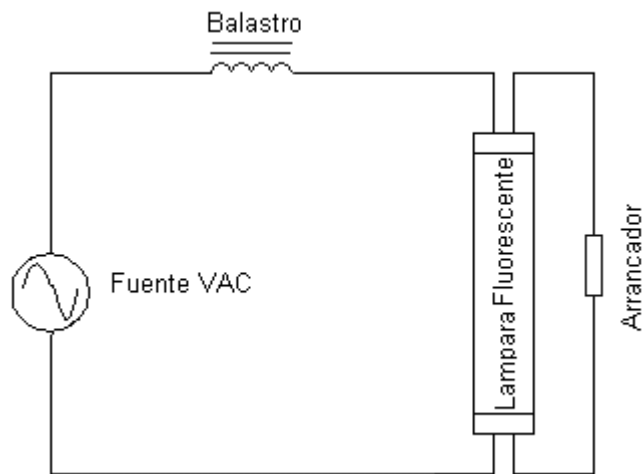


Visio

**Figura 3.7** Gráfica de I / V del circuito de prueba

### Pruebas de tiempo de encendido de la lámpara, tiempo muerto, tiempo de ionización y tiempo de cerrado

El circuito de prueba para realizar las mediciones de tiempo se muestra en la figura 3.8. Para determinar el tiempo de encendido de la lámpara se debe fijar la tensión de acuerdo a la tabla 3.1, se debe de encender la fuente y esperar 10 segundos y apagar la fuente, y capturar la señal de tensión en este lapso de tiempo.



Visio

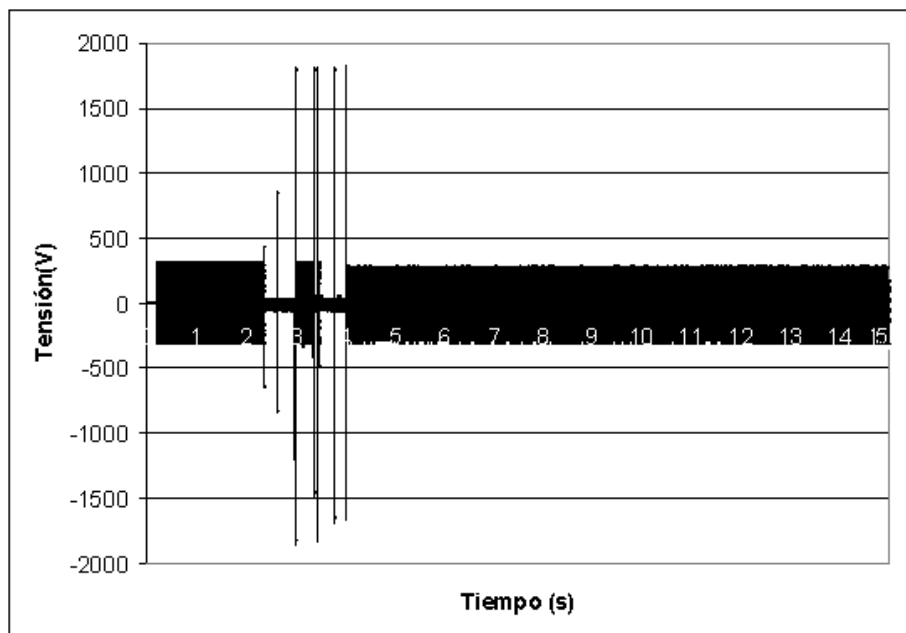
**Figura 3.8** Circuito de prueba para realizar pruebas de tiempos



Los tiempos a medir para los arrancadores son los siguientes:

- Tiempo de encendido de la lámpara (Start Time): medir el tiempo que tarda un arrancador en encender la lámpara fluorescente.
- Tiempo muerto (Dead Time): medir el tiempo que tarda el arrancador desde que se enciende la fuente de alimentación hasta la primera aparición de corriente de ionización.
- Tiempo de ionización (Glow Time): medir el tiempo desde la primera aparición de ionización hasta el primer cierre del contacto.
- Tiempo de cerrado (CIs Time): medir el tiempo que tarda un arrancador desde que se enciende la fuente hasta el primer cierre de contacto, es la suma del tiempo muerto y el tiempo de ionización.

En la siguiente figura se muestra la curva generada (tensión contra tiempo) al realizar esta prueba a un arrancador tipo GB60. Y se señalan los tramos importantes para determinar los valores de los tiempos.

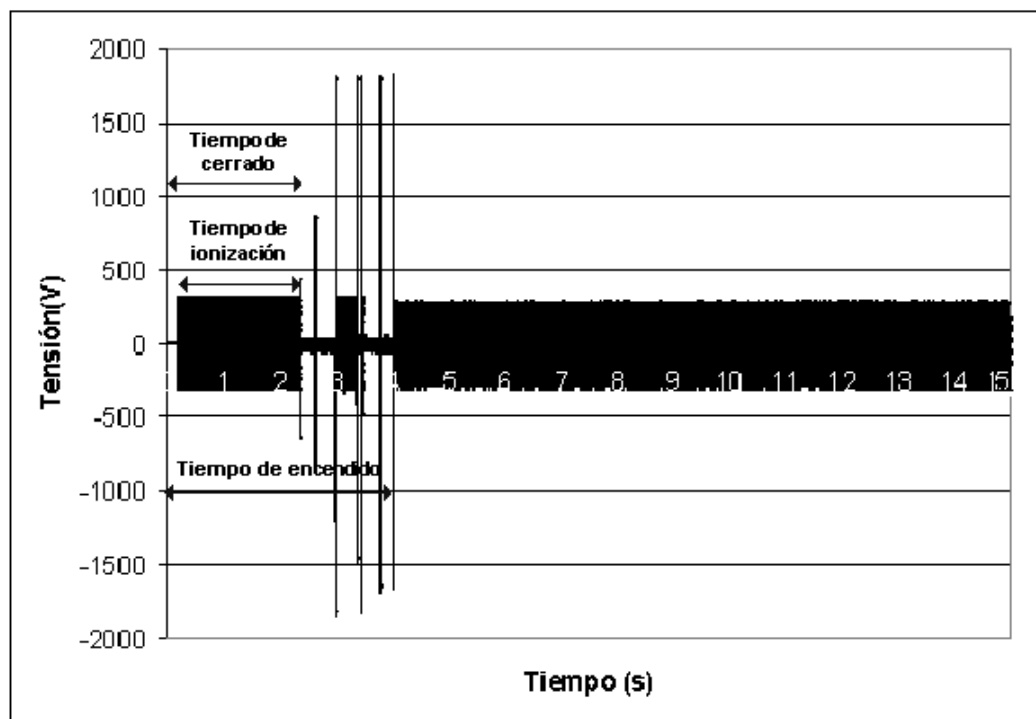


Visio

**Figura 3.9** Curva de tensión contra tiempo para evaluar prueba de tiempos

El tiempo muerto se determina a partir del momento en el que se enciende la fuente de alimentación hasta que aparece la primera ionización. El tiempo de ionización se mide desde que inicia la ionización hasta el primer cierre del contacto. El tiempo de cerrado se mide desde que se energiza el circuito de prueba hasta donde aparece el primer cierre del contacto. El tiempo de encendido de la lámpara se determina desde el momento en que alimenta el circuito hasta que la lámpara logra encender, y por lo tanto el arrancador no abre ni cierra el contacto.

Para la gráfica anterior los parámetros de tiempos son los siguientes. El tiempo muerto no se muestra en la gráfica, porque matemáticamente es la diferencia entre el tiempo de cerrado y el tiempo de ionización. Los resultados de los valores de tiempo son los siguientes: tiempo muerto: 0.1s, tiempo de cerrado: 2.22s, tiempo de ionización: 2.1s, tiempo de encendido: 4.1s.

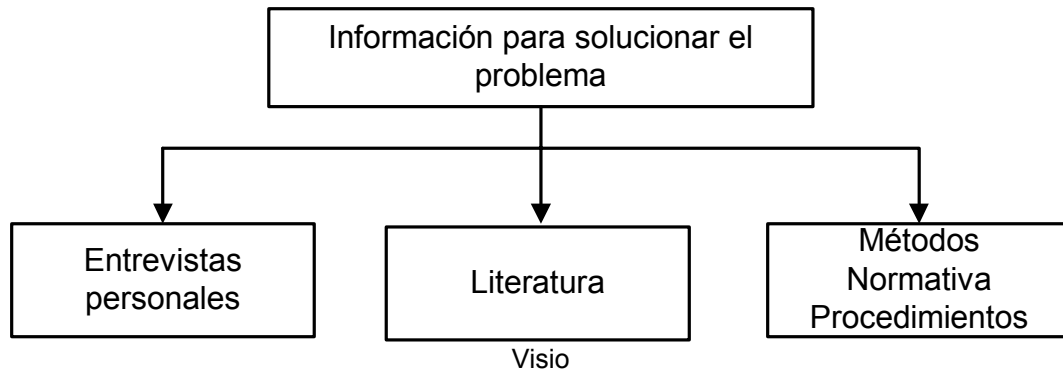


Visio

**Figura 3.9** Forma de onda para determinar tiempos

### 3.4 Antecedentes bibliográficos

Para fundamentar la teoría para llegar a la solución del problema, la búsqueda de información se centralizó bajo tres ramas principalmente. El primer enfoque para recolectar información fue realizar entrevistas y reuniones de tipo personal con las personas que conocen de forma directa el proceso.



**Figura 3.10** Diagrama de bloques para la búsqueda de la información.

Las entrevistas se realizaron con el Ing. Javier Fallas Binda, persona encargada del proyecto y por lo tanto conoce los requerimientos y restricciones del mismo. Además se obtiene información de las personas que realizan el proceso como parte de sus tareas diarias, estas personas son las expertas en el proceso de prueba de arrancadores, por lo que la información aportada forma parte importante y fundamental para llegar a la solución.

Con respecto a la literatura, la búsqueda se centralizó en investigar sobre aquellos principios de tipo físico como electrónicos que ayudaran a ubicar cada etapa de la solución del problema. Con respecto a la literatura fue fundamental investigar sobre descargas eléctricas, para comprender el fenómeno físico que hace funcionar el arrancador.

Además se realizó la investigación de diferentes equipos que pueden utilizarse para solucionar el problema. La búsqueda de equipos y dispositivos se realizó en los siguientes temas principalmente:

- Osciloscopio.
- Puntas para osciloscopios tanto de tensión como de corriente.
- Microcontroladores.
- Investigación sobre software: LabView<sup>12</sup>.
- Optoacopladores.
- Relés.
- Reguladores de tensión.

Con respecto a la información referente a la normativa, procedimientos y métodos, se estudiaron las normas IEC 155, IEC 81, IEC 927. Estos documentos están disponibles en la biblioteca de la empresa, y fundamentan todos aquellos aspectos de tipo práctico de cómo deben de realizarse las pruebas eléctricas a los arrancadores.

Con respecto a las normas es importante aclarar que la empresa tiene que enfocar los proyectos que realiza a respetar las normas establecidas, para respetar sus procesos de acreditación de normas de calidad y trabajo.

---

<sup>12</sup> *LabView*: de las siglas en ingles *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*.

### 3.5 Descripción de principios físicos y/o electrónicos

#### 3.5.1 Fundamentos de las descargas eléctricas [2]

Una descarga eléctrica es el resultado de la conducción entre dos puntos que se encuentran en un mismo medio pero tienen potenciales eléctricos diferentes. Si el suministro de carga eléctrica es continuo, la descarga eléctrica es permanente. Si el suministro de carga eléctrica no es constante la descarga eléctrica no es permanente y los potenciales de los puntos se igualan y la conducción desaparece.

Por lo general, el medio donde se encuentran los puntos es un gas, a menudo es la atmósfera. Si los dos puntos son separados por vacío, no puede haber ninguna descarga. La transferencia de materia entre los dos puntos es necesaria, ya que sólo la materia puede crear una carga eléctrica. Esta materia son por lo general electrones, con una carga de  $1.610217733 \times 10^{-19}$ .C Los electrones son muy livianos  $9.109 \times 10^{-28}$  g, y se mueven con gran facilidad además son los portadores de corriente eléctrica. Sin embargo, los iones también pueden tener carga, aunque son 1836 veces más pesadas que los electrones, también son portadores importantes. Los iones se pueden cargar positivamente o negativamente, por lo general positivamente, y pueden ser portadores pequeños de carga eléctrica.

Para que se de una descarga deben existir dos terminales a potenciales diferentes. La que se encuentra a un potencial más alto, o positivo, se le conoce como *el ánodo*, mientras la que se encuentra a un potencial menor o negativo, es el *cátodo*. Estos *electrodos* son a menudo conductores, pero no necesariamente deben tener esta característica.

Michael Faraday dio estos nombres, con la ayuda del erudito clásico Guillermo Whewell, cuando él comenzó a estudiar electroquímica y descargas eléctricas en el año 1830.

La corriente convencional fluye en la dirección de la carga positiva, entonces los electrones en realidad viajan de ánodo a cátodo.

Asumiendo que el medio donde sucede una descarga es un gas predominantemente tranquilo de moléculas neutras, el que por lo general puede considerarse como ideal. La presión de este gas puede describirse como:

$$P = nKT \quad (3.1)$$

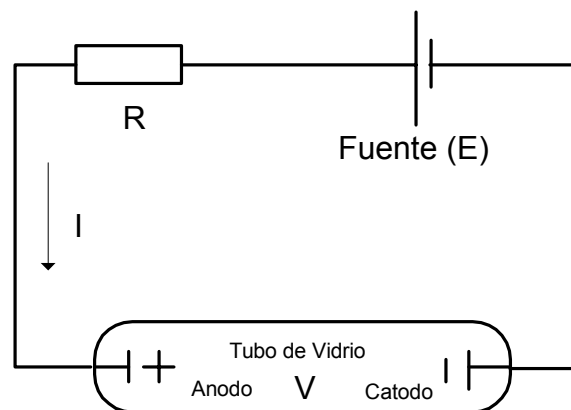
Donde P = presión del gas, T = temperatura absoluta, K = Constante de Boltzmann ( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ ), y n es la densidad del gas.

Si la V (medida en voltios) es la diferencia en el potencial entre el ánodo y el cátodo, y la d es la distancia entre ellos, entonces el gradiente medio potencial, o el campo eléctrico, es la V/d.

$$\Delta = \frac{V}{d} \quad (3.2)$$

### 3.5.2 Características de tensión y corriente de las descargas eléctricas [2]

Para comprender el principio de una descarga eléctrica se considera una típica descarga que se da en un laboratorio de prueba, tomando un tubo de vidrio con electrodos metálicos en sus extremos. La naturaleza de los electrones para este efecto tiene un efecto despreciable para las características de la descarga. Comúnmente los materiales que se utilizan son carbón, hierro, níquel y tungsteno.



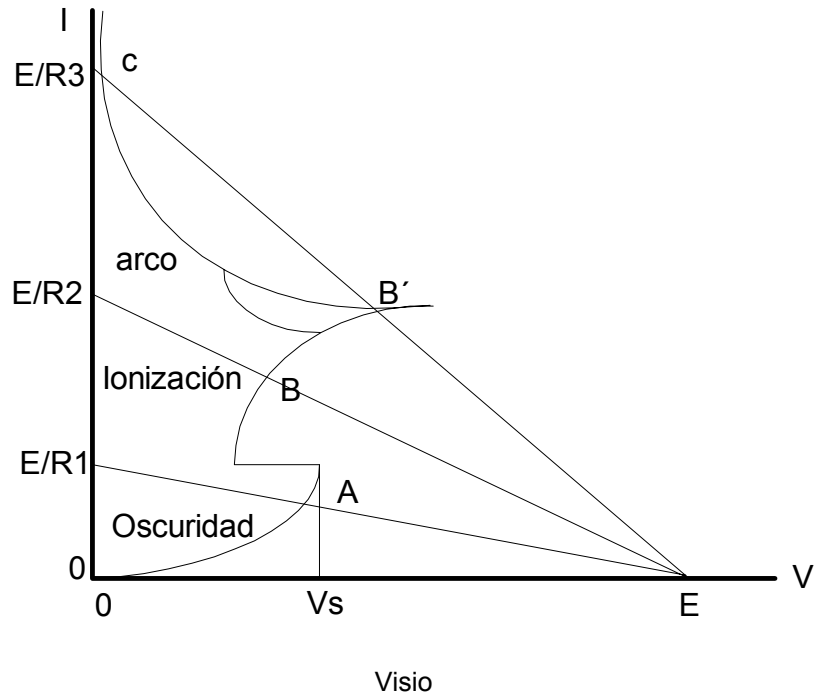
Visio

**Figura 3.11** Circuito como ejemplo de una descarga eléctrica.

La fuente de tensión es conectada en serie con una resistencia limitadora de corriente R, esto causa que la tensión entre ánodo y cátodo sea:

$$V = E - IR \quad (3.3)$$

Este dispositivo tiene una curva irregular de corriente contra tensión que depende de los valores de resistencia del circuito como se muestra en la figura 3.12.



**Figura 3.12** Características V / I de descarga eléctrica en un tubo de vidrio.

La relación de la ecuación 3.3 es expresada en la figura anterior como líneas de carga para valores de R iguales a  $R_1 > R_2 > R_3$ . La curva V/I de un tubo de vidrio al que se le aplica un potencial posee ciertas zonas características. El punto A muestra una región estable donde  $R = R_1$ , y la corriente es baja debido a que la resistencia es alta. Cuando la tensión comienza a aumentar, la tensión entre ánodo y cátodo comienza a disminuir. La diferencia de esta tensión hace que la corriente se incremente, restaurándola al valor que tenía antes de la interrupción. Si la corriente es ligeramente incrementada, se encontrará una tensión deficiente, el cuál reduce la corriente, volviendo de nuevo el punto de operación a su lugar original. Esto ocurrirá siempre que la curva V/I este desplazada hacia la línea de carga.

En el punto A la corriente no es más que un microamperio, la descarga es oscura y no es autosostenida.

Reduciendo el valor de la resistencia de R1 a R2, el punto A se mueve hacia arriba sobre la curva. Hasta que el potencia que genera chispas es alcanzado. La tensión se reduce abruptamente y ahora el punto de operación es B, y este es estable. La descarga se mantenida y se da un descarga de ionización, y el calentamiento del cátodo no es suficiente para causar una transición hacia un arco de energía. Si la resistencia se incrementa aún más hacia R3, la tensión a través de la descarga se incrementa, hasta que el punto B' es estable solo con pequeñas fluctuaciones, el calentamiento del cátodo debe ser suficiente para incrementar la alimentación de electrones y disminuir la tensión de la descarga. Este cambio es cooperativo y la descarga se mueve rápidamente hacia el punto c, donde la tensión es menor y la corriente es mayor. Este es el arco y el punto de operación c es estable. Sin embargo si R es reducida aún más, la corriente se incrementará sin limite hasta que algún cambio físico la detenga.

### **3.5.3 Acoplamiento y aislamiento ópticos [4]**

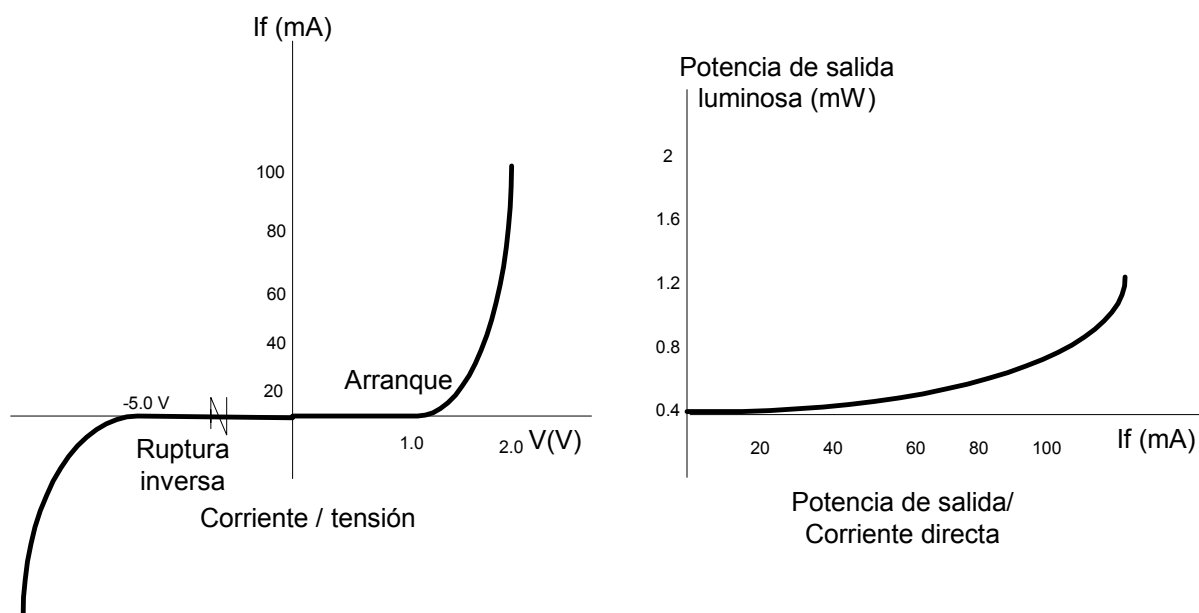
Un aislador óptico es básicamente una interfase entre dos circuitos que operan generalmente a diferentes niveles de tensión, los aisladores ópticos pueden utilizarse en cualquier situación donde una señal debe pasar entre dos circuitos que están aislados eléctricamente. El aislamiento eléctrico entre dos circuitos significa que dos circuitos no tienen conductores entre en común, y por lo tanto es necesario evitar que el ruido de un circuito se transmita al otro. Esto es necesario especialmente para acoplamiento entre circuitos de adquisición de datos de alta tensión y circuitos lógicos digitales de baja tensión.

El acoplador óptico basado en un LED<sup>13</sup> y fototransistor , utiliza un diodo emisor de luz y un transistor tipo fototransistor, en la figura 3.13 se muestra el comportamiento que tienen estos dispositivos en cuanto a tensión, corriente y potencia de salida.

---

<sup>13</sup> LED: Diodo emisor de luz.





Visio  
**Figura 3.13** Curva característica de I/V y P/I para un LED

Un diodo emisor de luz es un diodo semiconductor que emite luz cuando por él circula en polarización directa. El voltaje directo de conducción de un LED se encuentra entre 1 V y los 2.2 V.

Los diodos emisores de luz tienen una tensión de ruptura inversa mucho más bajo que los diodos rectificadores de silicio. Los diodos emisores de luz deben de utilizarse con dispositivos receptotes o foto detectores.

Los fototransistores son transistores que responden a la intensidad de luz en lugar de responder a la corriente de base. Los fototransistores no tienen una respuesta lineal como los transistores de unión.

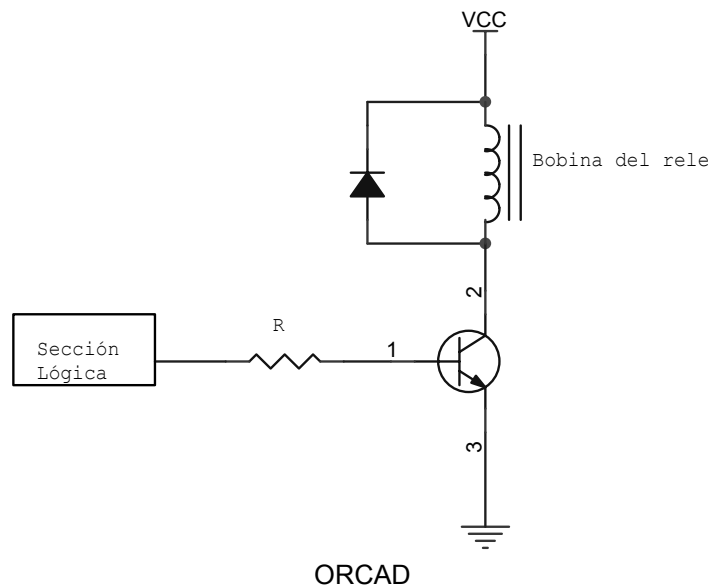
Un optoaislador es un encapsulado que contiene tanto un LED, un fotodetector que puede ser un fototransistor.

Generalmente un LED como fuente luminosa se combina con un fototransistor como detector de luz debido al mejor acoplamiento entre las velocidades de operación y entre las longitudes de onda de emisión y detección.

### 3.5.4 Interfase entre diferentes niveles de tensión [1]

Las aplicaciones industriales, las secciones lógicas de los circuitos están formados por dispositivos sólidos de baja tensión. Y se debe de establecer secciones para manejar secciones que operan a alta tensión con estas secciones lógicas.

El transistor como interruptor es de uso muy frecuente en este tipo de acoples entre estas dos secciones de un circuito. Cuando se utiliza un transistor como interruptor para energizar un relé.



**Figura 3.14** Transistor como interruptor para energizar un relé

Una señal de baja tensión proveniente de un circuito lógico, entrega la corriente necesaria para operar al transistor, el cual al entrar en conducción energiza la bobina del relé. El contacto del relé, el cual esta aislado eléctricamente del circuito lógico, aplica una alta tensión al dispositivo de salida, que puede ser una electroválvula por ejemplo.

El diodo en paralelo es un diodo de seguridad , su función es la de cortocircuitar la fuerza contra electromotriz inducida en la bobina en el instante de su desenergización. Si el diodo no existirá, la fuerza contraelectromotriz se presentaría como un transitorio de alta tensión el cual puede dañar el transistor.

## **Capítulo 4: Procedimiento metodológico**

En este capítulo se describen las actividades realizadas para llegar a la solución del problema

### **4.1 Reconocimiento y definición del problema**

Para el reconocimiento del problema se realizaron visitas y entrevistas en la planta de la empresa Sylvania S.A, con la supervisión de mi asesor el Ing. Javier Fallas. Durante las actividades que se realizaron en estas visitas se mencionan las siguientes:

- Entrevista con el ingeniero encargado del proyecto para definir alcances y limitaciones del proyecto.
- Visita a la planta para conocer el proceso de ensamble y producción de los arrancadores.
- Visita al laboratorio del Departamento de Desarrollo e Investigación para observar el proceso de pruebas realizado a los arrancadores.
- Observación de como los operarios realizan la prueba para familiarizarse con el proceso.
- Se realizaron búsquedas bibliográficas en la empresa para obtener el material con referencia al tema.
- Se obtienen los manuales de programación técnica y descripción general de los equipos y dispositivos.

### **4.2 Obtención y análisis de la información**

La información obtenida para el desarrollo de este proyecto se ha recolectado en la empresa o mediante las entrevistas con el asesor de la empresa, así como la colaboración del personal que trabaja en el laboratorio de la misma. La teoría necesaria hasta el momento, los estándares con los que trabaja la empresa, los manuales de los equipos y demás material se han obtenido de forma directa con la empresa.

### **4.3 Evaluación de alternativas y síntesis de la solución**

Para definir la validez de la solución se utilizaron criterios basados en las capacidades y así como las desventajas de los diferentes dispositivos.

Un criterio muy importante para la escogencia de la solución es que el presente proyecto se visualiza como la implementación de un prototipo por lo que se enfocó la solución en el desarrollo del programa que pueda analizar los datos, este como tal forma la parte principal de la solución.

Es por esta razón la prioridad del proyecto se centra en desarrollar el programa en *LabView* para que este *software* sea probado a nivel de prototipo. Ya que la empresa necesita evaluar los resultados de funcionamiento, y a partir de una etapa de prueba determinar si es rentable económicamente invertir en el proyecto para incorporar el sistema de forma concreta a la línea de producción.

### **4.4 Implementación de la solución**

Para poder implementar la solución se deben seguir una serie de pasos para que con la ejecución de cada uno de ellos se cumplan cada uno de los objetivos específicos y con esto se cumpla el objetivo general del proyecto. La implementación de la solución debe darse como la respuesta a cada uno de los objetivos.

Para implementar la solución primero se desarrollan actividades para probar los avances del proyecto y conforme cada actividad se lleve a cabo según el cronograma ir implementando la solución.

### **4.5 Reevaluación y diseño**

Es conveniente someter el sistema a varias pruebas de funcionamiento en las cuales el operador del sistema realice pruebas y basados en la experiencia que este posee por su trabajo, sea posible encontrar errores de programación, ya que el principal componente del sistema es el software y pueden existir situaciones que normalmente no se presentan o no se hayan considerado a la hora de implementar el proyecto.

Además el uso del sistema por parte de los operarios permite el surgimiento de sugerencias por parte de ellos que pueden servir para mejorar el sistema.

Además debe tenerse en cuenta de que el proyecto se pretende implementar al nivel de laboratorio por lo que el proceso de diseño y reevaluación son una característica muy importante para el proyecto.

## Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

Este capítulo expone el diseño completo del sistema de prueba desarrollado, comenzando por la escogencia del diseño definitivo, el hardware empleado y por último la programación implementada.

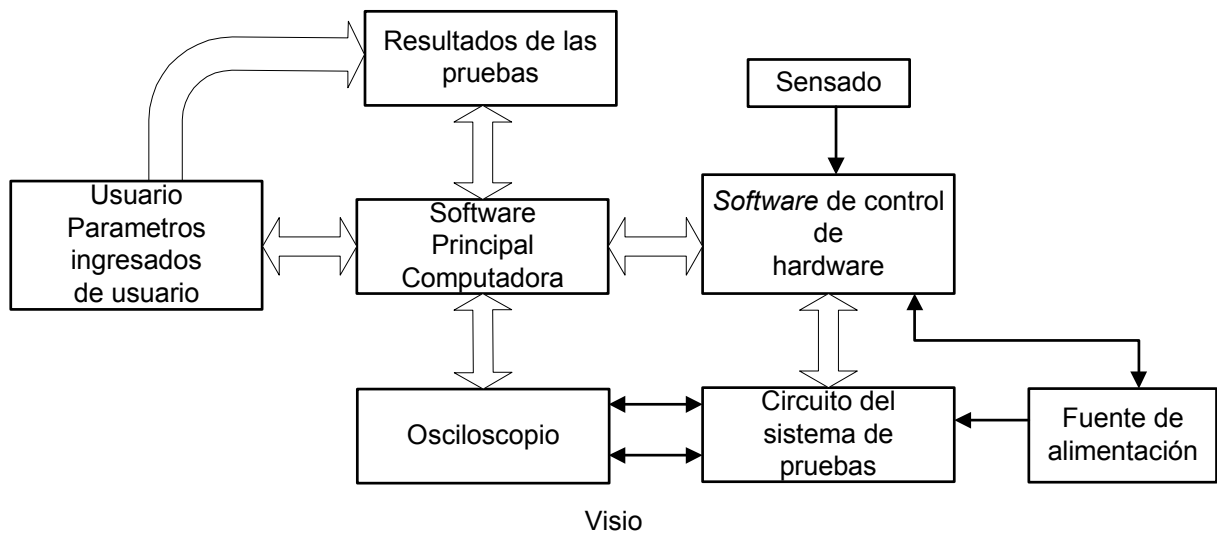
### 5.1 Análisis de soluciones y selección final

Para realizar las pruebas eléctricas de forma automática de los arrancadores, la solución a nivel general debe concentrarse en los bloques que se muestran en la figura 5.1. Las principales etapas de la solución son las siguientes:

- *Software* principal (Computadora).
- Osciloscopio.
- *Software* de control de *hardware*.
- Circuito de pruebas para los arrancadores.
- Fuente de alimentación.
- Etapa de sensado.

La parte principal de la solución del proyecto se concentra en desarrollar un programa principal en *LabView*. El programa en la computadora debe ser capaz de manejar cada una de las funciones del sistema. El *software* principal se comunica de forma directa con el osciloscopio, con el software de control de hardware, y con el usuario del sistema.

El *software* principal se desarrollará mediante la utilización de *LabView*, ya que es una herramienta muy poderosa para lograr no solo la configuración del osciloscopio y la adquisición de datos del mismo. Sino que también es capaz de permitir desarrollar algoritmos para realizar análisis de señales y comunicarse con el dispositivo que maneja el software de control.



**Figura 5.1** Diagrama de bloques de la solución

El osciloscopio a utilizar para realizar la adquisición de los datos de las pruebas es un equipo portátil de alta capacidad para realizar la toma de datos, entre sus características principales se pueden mencionar las siguientes: dos canales BNC<sup>14</sup>, 12 bits de resolución, interfaz USB<sup>15</sup> de alta velocidad 2.2, ancho de banda de 10MHz, tasa de muestreo de 10MS/s<sup>16</sup> y se alimenta directamente del puerto USB.

Este osciloscopio se conecta mediante el puerto USB a la computadora y se configura por medio de software automáticamente para cada prueba, donde se configura especificaciones como las escalas de los canales, la base de tiempos, la cantidad de muestras por segundo, etc, además de lograr la adquisición de datos de corriente y de tensión por medio de este equipo de las pruebas realizadas.

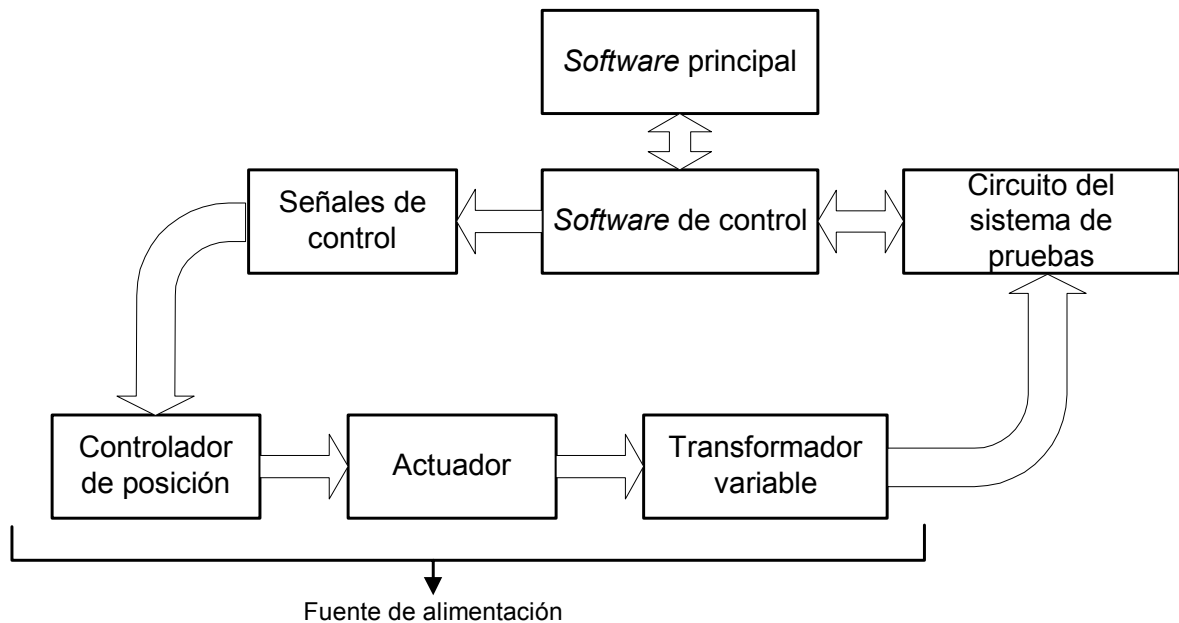
El osciloscopio se conecta de forma directa con el circuito en el cual se prueban los arrancadores, por medio de dos canales, uno para medir valores de tensión y otro para determinar valores de corriente. Se utilizan dos puntas conectadas a estos canales una punta de corriente (60 A AC/DC) y otra de tensión (tensión de entrada de  $\pm 70V$  con resolución de 10:1 y  $\pm 700V$  para 100:1, ancho de banda de 25MHZ, impedancia de entrada  $4M\Omega$ ) ambas con conector BNC.

<sup>14</sup> BNC: de las siglas en inglés *Bayonet-Neill-Concelman*.

<sup>15</sup> USB: de las siglas en inglés *Universal Serial Bus*.

<sup>16</sup> MS/s: mega muestras por segundo.

Con lo que respecta a la fuente de alimentación (refiérase a la figura 5.2). El sistema maneja y controla un transformador variable con control digital que funciona como la fuente de alimentación del circuito, este transformador variable provee la tensión máxima de 280 V y es capaz de trabajar a frecuencias de 60 Hz y 50Hz, según la frecuencia de red a la cual se este trabajando.



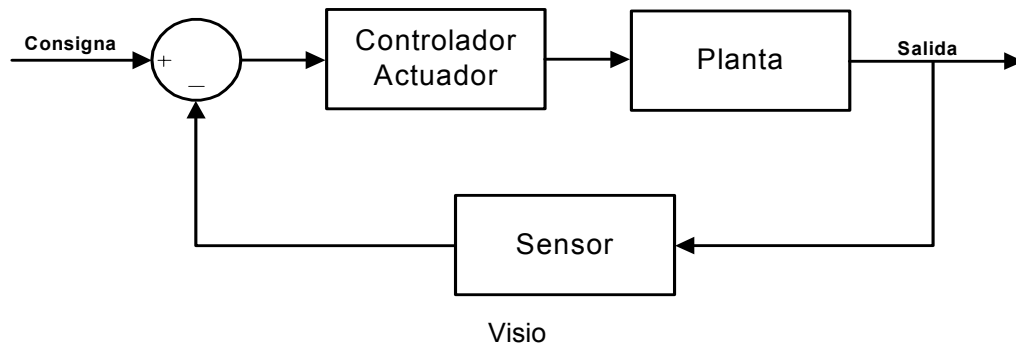
Visio

**Figura 5.2** Diagrama de bloques para manejar la fuente de poder

El transformador variable, es controlado digitalmente, por medio de un motor, este control envía señales de sentido de giro al motor y este determina la posición del eje del transformador y con esto se determina la tensión de salida del transformador. Por medio de *software* se debe controlar digitalmente la posición del motor que a su vez se encarga de manejar el eje del transformador, por un acople mecánico, con esto se controla directamente la tensión de salida del mismo, es decir, se controla la relación de transformación del transformador.

Para poder establecer el control sobre la tensión del sistema se realiza un lazo de control para la tensión, como el que se muestra a continuación.





**Figura 5.3** Lazo de control para la tensión del sistema

Para el lazo de control se tiene una función de transferencia, que relaciona la entrada con la salida. Como entrada se establece un valor de tensión que por ciertas condiciones debe ser compensada para obtener el valor deseado a la salida del sistema. El sensor en este lazo es un dispositivo que proporciona una salida de tensión en corriente directa que es proporcional a la tensión de salida del transformador variable, es decir, mantiene una relación lineal entre entrada y salida.

El circuito de prueba de los arrancadores es controlado por una serie de relés electromecánicos que se encargan de conectar y desconectar el circuito donde se prueban los arrancadores.

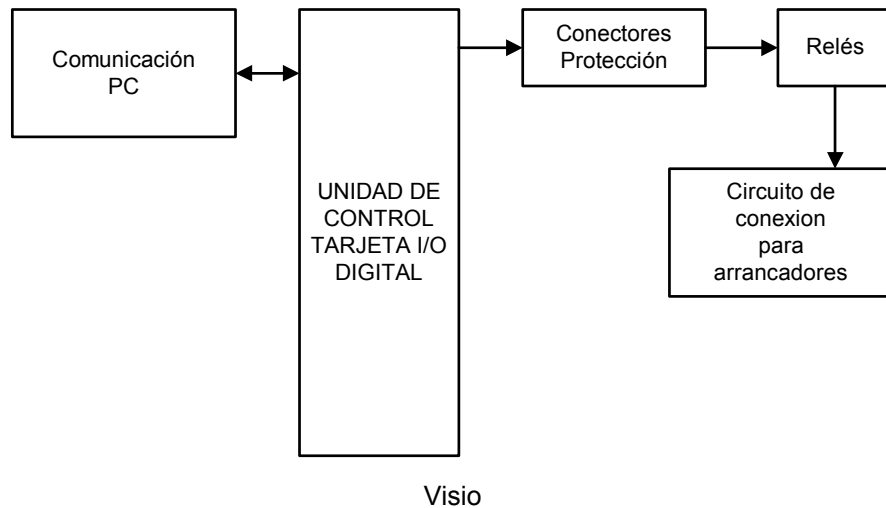
La etapa de sensado es un dispositivo capaz de medir las variables físicas de temperatura y humedad relativa e informar el estado de estas condiciones al *software* principal para que se registre el valor.

La secuencia de pruebas a los arrancadores se efectúa de forma automática, esto quiere decir que tanto el *software* como el *hardware* esta en capacidad de evaluar un arrancador y guardar los datos generados de estas pruebas.

A continuación se describen dos posibles soluciones para llevar a cabo el manejo de *hardware* del sistema. Es importante aclarar que la etapa anteriormente expuesta se realiza a cabo de esta forma porque se considera como la solución más factible tanto en funcionalidad como económicamente.

### 5.1.1 Solución 1 basada en una tarjeta entrada / salida digital

Para manejar el circuito de prueba se pueden utilizar tarjetas de entrada/salida digitales. Las tarjetas de entradas/salidas digitales (I/O digitales) son dispositivos industriales diseñados para manejar una amplia variedad de aplicaciones de diseño industrial automático. Se utilizan para manejar gran cantidad de dispositivos como sensores y relés de estado sólido.



**Figura 5.4** Diagrama de bloques solución basada en una tarjeta I/O digital

Estas tarjetas son diseñadas especialmente para aplicaciones industriales donde uno de los principales problemas es el ruido que se genera por las distintas actividades que se realizan en este tipo de ambientes.

Se puede utilizar una tarjeta de este tipo para encargarse del manejo del circuito de prueba de los arrancadores, por las siguientes características:

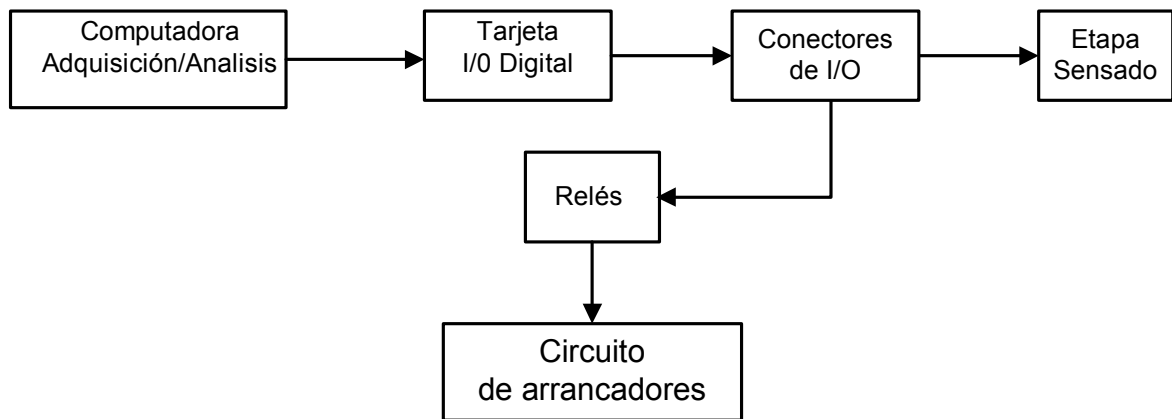
- Poseen como mínimo 24 líneas de entrada y 24 líneas de salida.
- Dispositivos diseñados con gran capacidad de aislamiento para las señales.
- Transferencia de datos de forma rápida entre los dispositivos.
- Es una tarjeta que divide el circuito en dos partes, aisladas física y eléctricamente.

- Necesita de un equipo de conectores para acoplar la tarjeta con los actuadores.

El uso de este dispositivo permite que mediante *software* se configure su funcionamiento y maneje el circuito con una lógica de conexión adecuada para cada prueba. Con el uso de esta tarjeta de control se podrán ejecutar las siguientes operaciones:

- Realizar las conexiones y desconexiones de los diferentes dispositivos que conforman el circuito que permite realizar las pruebas eléctricas a los arrancadores.
- Proporcionar al sistema un paro de seguridad con el cual todo el sistema de control se detiene por completo.

Esta tarjeta es conectada directamente a la computadora por medio de un puerto PCI.



Visio

**Figura 5.5** Diagrama conexión de una tarjeta I/O digital al sistema

Con este dispositivo se tiene que agregar una etapa adicional para llevar a cabo el sensado de la temperatura y la humedad relativa, lo cual implica un costo adicional.

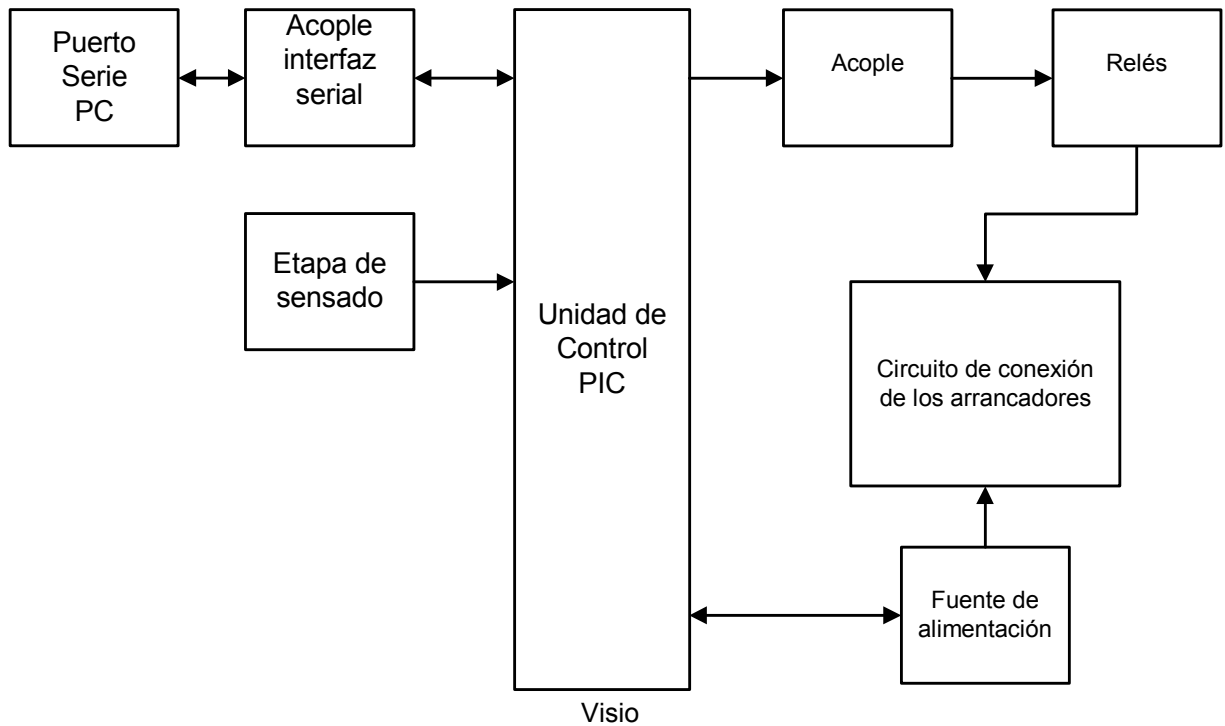
Si se utiliza esta tarjeta no se puede controlar la tensión de salida del transformador variable, porque se necesita que tenga una entrada de conversión analógica/digital, la cual será la que cierra el lazo de control, como se explicó anteriormente. Por esta misma razón no se pueden conectar los sensores de temperatura ni de humedad relativa.

Un aspecto que hace que esta tarjeta económicamente costosa es su velocidad para abrir y cerrar los contactos, además de su velocidad de procesamiento, la cual no es necesaria en esta aplicación, ya que las pruebas son excesivamente lentas.

Por otro lado se tiene que la tarjeta cuenta con 24 entradas y 24 salidas, líneas que sobrepasan el requerimiento de las necesidades actuales. A pesar de que la tarjeta tiene incorporados todos sus dispositivos funcionales, siempre se necesita el cableado para conectar esta tarjeta con la caja colectora de entradas salidas, y de esta también se hace necesario tener cableado hacia los relés. Además la aplicación actual requiere únicamente tres entradas y sobrarían 21, las cuales se estarían desperdiciando; en este tipo de tarjetas, esta es la más simple, ya que es la que tiene la menor cantidad de entradas y salidas.

### **5.1.2 Solución 2 basada en un microcontrolador**

Realizando la etapa de control de *hardware* utilizando un microcontrolador (PIC) como unidad de control, se tiene una solución más económica. Esta etapa controlada por un PIC pretende aprovechar el puerto serie de la computadora para realizar el enlace entre la etapa de adquisición, la carga y el controlador de fuente de alimentación.



**Figura 5.6** Diagrama de bloques unidad de control con microcontrolador

Para aislar y proteger al control de la carga (circuito de prueba), se utiliza un acople óptico que a su vez permita manejar las bobinas de los relés y de esta forma tener control del circuito de prueba sin sobrecargar al microcontrolador.

Es necesario un acople para la etapa de comunicación para garantizar que los niveles de tensión requeridos para la comunicación serie entre la etapa de control y la PC sean adecuados (pasar de TTL<sup>17</sup> a RS232), con esto se logra que el *software* de la PC logre comunicarse con el circuito de prueba y pueda darse el adecuado manejo del circuito según la evaluación a realizar y además la secuencia de prueba de los arrancadores en el circuito.

Con la capacidad que tiene el microcontrolador de poseer 5 convertidores analógicos/digitales es posible recibir la tensión proveniente del transformador, este valor debe convertirse a un valor adecuado para poder ser interpretado por el PIC.

<sup>17</sup> TTL: Del inglés transistor transistor logic.

Al utilizar un dispositivo de realimentación capaz de convertir la salida del transformador variable (0 a 280 V CA) a un valor de 0 a 10 V CD, de forma que estos valores tengan una relación lineal en todo momento. Este valor debe ser acondicionado a un valor entre en 0 y 5 voltios y pueda ser así adquirido por el PIC.

Con el microcontrolador es posible medir los parámetros de temperatura y humedad relativa del ambiente de prueba para cumplir con los requerimientos de las pruebas eléctricas realizadas a los arrancadores, estos datos se envían vía puerto serie a la PC para tener un registro fiel de estas condiciones al realizar las evaluaciones. El PIC tiene la característica que permite manejar los sensores por medio de sus convertidores analógico / digital, por lo que tanto los sensores de variables físicas como las señales de control para la fuente de alimentación pueden manejarse por el PIC.

### 5.1.3 Selección de la solución final

Para realizar la selección de la solución en la siguiente tabla se exponen las características más relevantes de cada dispositivo.

**Tabla 5.1** Comparación de posibles soluciones<sup>18</sup>

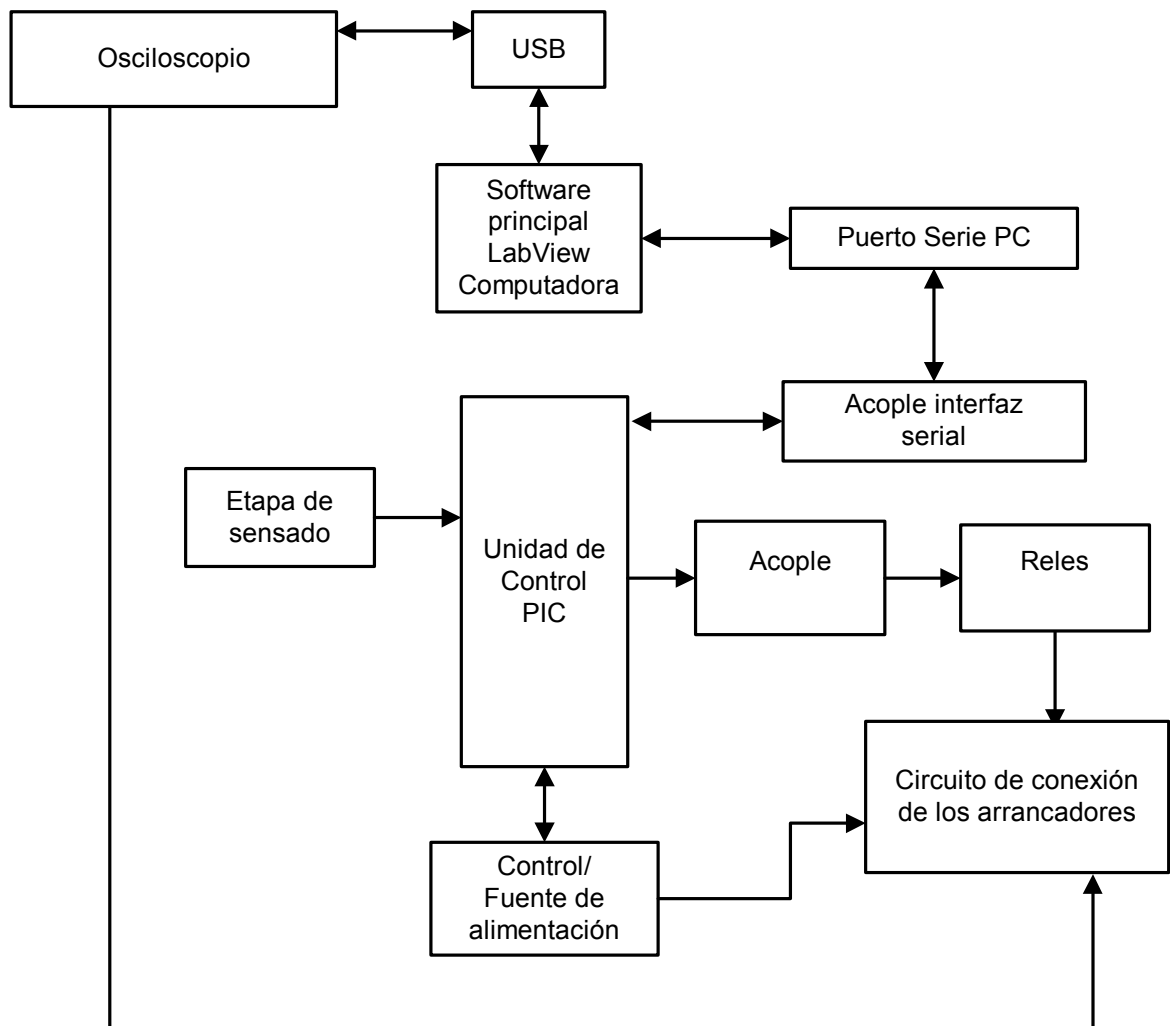
Características	PIC	Tarjeta de I/O NI-PCI-6220
Número de líneas de entrada/salida	33	48
Protección al ruido	No	Si
Precio	\$10	\$995
Convertidores Analógico-Digital	8	No
Comunicación serie	Si	No

Según las características del circuito de prueba se necesitan manejar aproximadamente 13 relés para controlar los componentes del circuito. Se puede notar según la tabla que con las características del PIC se cumple esta necesidad.

<sup>18</sup> La comparación se realiza solo con la tarjeta PCI-6220 de *National Instruments*, debido a que es la de menor costo. No se compara con tarjetas de otra casa comercial porque no se pueden manejar con *LaBView* de *National Instruments*.

Como el proyecto se desarrolló a nivel de prototipo se seleccionó implementar la unidad de *hardware* utilizando un microcontrolador porque económicamente es factible.

El microcontrolador posee las características necesarias para desarrollar los objetivos de esta etapa por lo tanto la solución global del sistema se desarrolla con una etapa de adquisición y análisis de datos como la expuesta anteriormente y para controlar el circuito se utilizará un microcontrolador, como se muestra en la siguiente figura.



Visio

**Figura 5.7** Diagrama de bloques específico de la solución

## 5.2 Descripción del hardware

En esta sección se explica en detalle el funcionamiento del hardware diseñado para el sistema implementado; este está compuesto por las siguientes etapas:

- Fuente de alimentación de 5V.
- Acondicionamiento de la señal de salida de la tensión del transformador.
- Etapa de acople óptico.
- Etapa de potencia.
- Etapa de acople con la interfaz serial.
- Etapa de sensado
- Conexión del microcontrolador

### 5.2.1 Fuente de tensión de 5V

Como un requerimiento del sistema se utiliza una fuente de 24 VCD. Este valor de tensión es incompatible para utilizar con dispositivos de tecnología TTL. Por esta razón fue necesario diseñar una fuente de tensión de 5V, para alimentar al microcontrolador y demás dispositivos que trabajan con 5V. Las siguientes son las especificaciones de esta etapa.

**Entrada:** Señal de tensión de 7V a 35V.

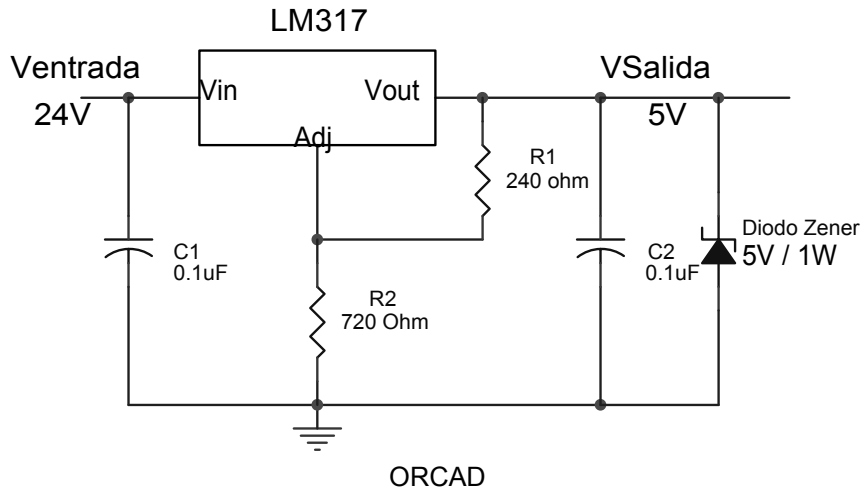
**Salida:** Tensión de salida de 5V.

**Objetivo:** Proveer una tensión de 5V en corriente directa y una corriente de salida de 1.5 A.

**Especificación:** Esta fuente debe manejar como máximo una corriente de entrada de 2 A y la tensión de entrada debe ser de  $7V < \text{Voltaje entrada} > 35V$ .



**Diseño:** La fuente de tensión de 5 V se implementó utilizando un regulador de tensión variable LM317 tipo T0-220. Con la selección correcta de resistencias se logra que el regulador variable de una salida de 5V al ser alimentado con 24V. La siguiente figura muestra la configuración del regulador de tensión variable LM317.



**Figura 5.8** Circuito para fuente de tensión de 5V.

El regulador LM317 establece entre sus terminales de salida y ajuste una caída de 1.25V, la tensión de salida está dada por la siguiente ecuación:

$$V_{salida} = 1.25 \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) \quad (5.1)$$

Como se puede observar en la figura 5.8 y la ecuación 5.1, las resistencias del circuito se calculan de la siguiente manera. Se asume que R1 tiene un valor de 240Ω, y el valor de la tensión de salida es de 5V despejando de la ecuación 5.1, se obtiene que el valor de R2 debe ser de 720Ω.

$$\begin{aligned} V_{salida} &= 5V \\ R2 &= 3R1 \end{aligned} \quad (5.2)$$

Además al diseño anterior se le incorporo un diodo zener a la salida para poder garantizar que la tensión de salida de la fuente no sobrepase los 5V. Este diodo se utiliza como un dispositivo de protección.

Los capacitores del circuito 5.8 se utilizan para eliminar ruido en la tensión de entrada del regulador así como en la de salida, estos valores son recomendados por el fabricante del dispositivo.

### **5.2.2 Acondicionamiento de la señal de salida de tensión del transformador**

Para alimentar el circuito de pruebas de los arrancadores se utiliza un transformador variable con control digital. Este transformador se alimenta con 240 V ya sea a 50/60Hz, tensión de salida de 0-280 VAC, corriente de salida de 10 A.

El transformador variable, es controlado digitalmente, por medio de un motor paso a paso, este control envía señales de sentido de giro al motor y este determina la posición del eje del transformador y con esto se determina la tensión de salida del transformador. La tensión de salida del transformador debe ser interpretada por el microcontrolador para poder establecer el control digital del motor.

En esta etapa lo que busca es poder acondicionar la tensión de salida del transformador (0-280VAC) a un valor de 0 a 5V para que pueda ser leído por el convertidor analógico digital del microcontrolador. Las siguientes son las especificaciones de esta etapa.

**Entrada:** Señal de tensión de 240 V en corriente alterna a 60Hz.

**Salida:** Tensión de salida de 0 – 5V en corriente directa.

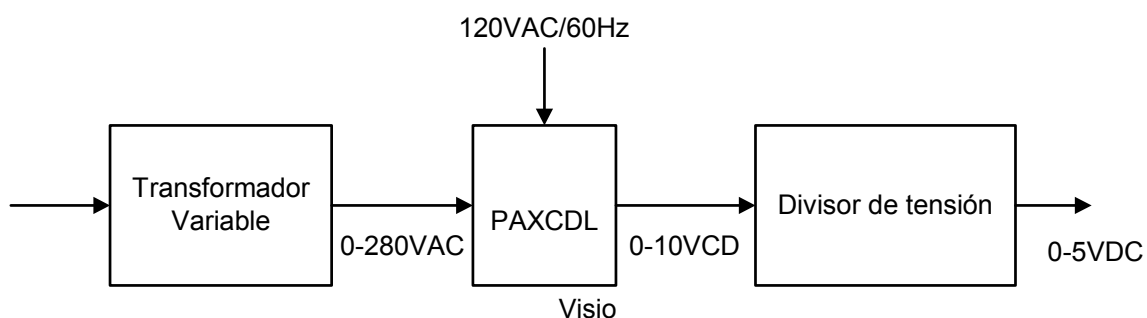
**Objetivo:** Proveer una tensión en su salida de 0 a 5V en corriente directa que sea proporcional a una tensión de 0-280VAC, y una corriente de salida no mayor a 1 A.

**Especificación:** Este circuito de acondicionamiento de la señal de tensión debe manejar una tensión de entrada de 0 a 280 V en corriente alterna.

**Diseño:** Para lograr el funcionamiento del circuito de acondicionamiento de tensión se hace uso de un medidor programable de entradas analógicas (PAXHCDL) con pantalla de visualización .

Este dispositivo recibe una señal de entrada de 0-300V y mediante una tarjeta específica convierte esta entrada a un valor de voltaje RMS<sup>19</sup> de 0-10V, para esto necesita una resistencia de carga mínima de 10K $\Omega$ . Este dispositivo tiene una resolución de 0.2857mV y un tiempo de despliegue de datos de 200ms.

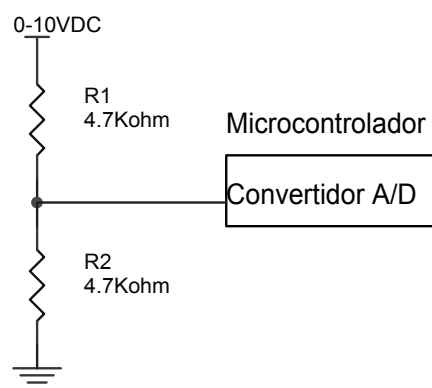
El transformador se alimenta con 240VAC a 60 Hz, la salida de tensión del transformador se conecta como tensión de entrada al PAXHCDL.



**Figura 5.9** Diagrama del acondicionamiento de la señal de tensión.

El medidor programable se alimenta con 120 VAC/60 Hz, a su salida provee una tensión de 0-10V proporcionales a la tensión de entrada.

Esta tensión debe ser acondicionada para poder ser leída por el microcontrolador para esto se diseña un circuito divisor de tensión, para poder convertir la salida de 0 –10 V a un valor proporcional de 0-5 V.



**Figura 5.10** Circuito divisor de tensión.

<sup>19</sup> RMS: Raíz media Cuadrática.

La tensión de entrada en el circuito anterior es un valor que varia entre los 0-10V, la ecuación matemática que indica como calcular la tensión de salida del circuito en este caso especificado en VR2 es la siguiente:

$$VR2 = \frac{V_{cc} * R2}{R2 + R1} = \frac{(0 - 10V * 4.7K\Omega)}{(4.7K\Omega + 4.7K\Omega)} \quad (5.4)$$

Al momento de seleccionar las resistencias se considera que la máxima resistencia de carga del PAXHCDL es de 10KΩ, por lo tanto se seleccionan resistencias de 4.7KΩ, para realizar el divisor de tensión.

En la práctica cuando el transformador da su máxima tensión de salida 285.4 V, el medidor programable convierte este valor a una tensión de 9.57V. Bajo estas condiciones a la salida del divisor se tiene una tensión de 4.78V. Valor adecuado para ser leído por el microcontrolador.

### 5.2.3 Etapa de acople óptico

Para poder aislar eléctricamente el circuito lógico (microcontrolador) de la etapa de potencia; se hace uso de un conjunto de optoacopladores ópticos. Las siguientes son las especificaciones de esta etapa.

**Entrada:** Salidas TTL del microcontrolador.

**Salida:** Señales binarias para alimentar o abrir la alimentación de las bobinas de los relés.

**Objetivo:** Energizar la bobina de un relé.

**Especificación:** Esta etapa debe manejar los relés que se encargan de configurar el circuito de prueba y las dos señales de sentido de giro para el motor.

**Diseño:** Para implementar la etapa de acople se hace uso del integrado PS2532L-1. Estos integrados internamente tienen un LED, un fototransistor, un transistor Darlington y un diodo de protección. Al recibir la señal de entrada el LED conduce y emite luz, esta energía causa que el fototransistor sea capaz de habilitar a un transistor darlington que se encarga de energizar la salida del dispositivo.

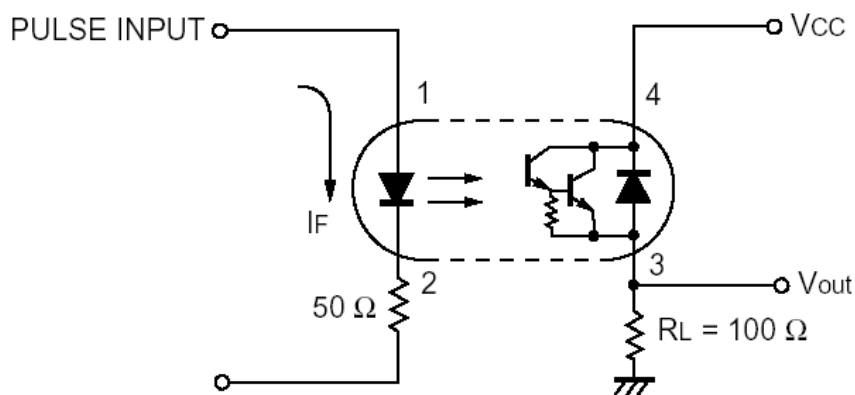
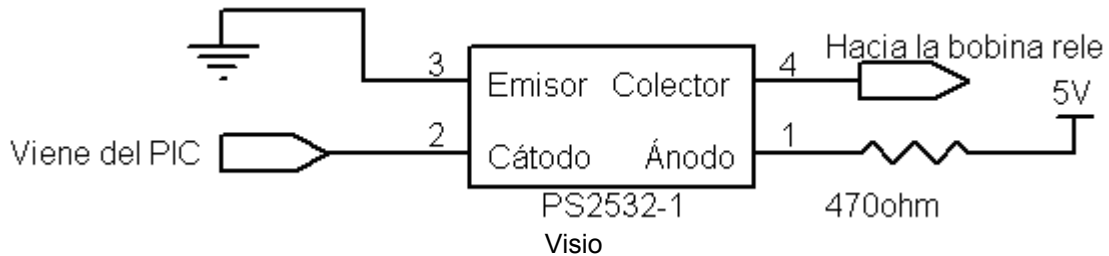


Diagrama tomado de hojas de fabricante dispositivo PS2532L-1  
**Figura 5.11** Circuito interno Optoacoplador PS2532L-1

Se implementó el hardware necesario para habilitar 15 relés pero solo se hace uso de 2 de ellos para manejar las salidas hacia el control del motor que maneja el transformador y 4 relés para conectar y desconectar el circuito de pruebas.



**Figura 5.12** Conexión de los optoacopladores

#### 5.2.4 Etapa de potencia

Para que el circuito de prueba pueda ser manejado automáticamente se utiliza una etapa de potencia formada por un conjunto de relés que se encargan de conectar o desconectar los diferentes componentes del circuito.

Las siguientes son las especificaciones de esta etapa.

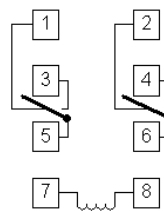
**Entrada:** Señales TTL provenientes de la salida del microcontrolador.

**Salida:** Salidas para cerrar o abrir los contactos de los relés. Colocando configuraciones de normalmente abierto o normalmente cerrado.

**Objetivo:** Habilitar los contactos de los relés. Colocando configuraciones de normalmente abierto o normalmente cerrado en sus contactos.

**Especificación:** Esta etapa debe manejar el circuito de prueba.

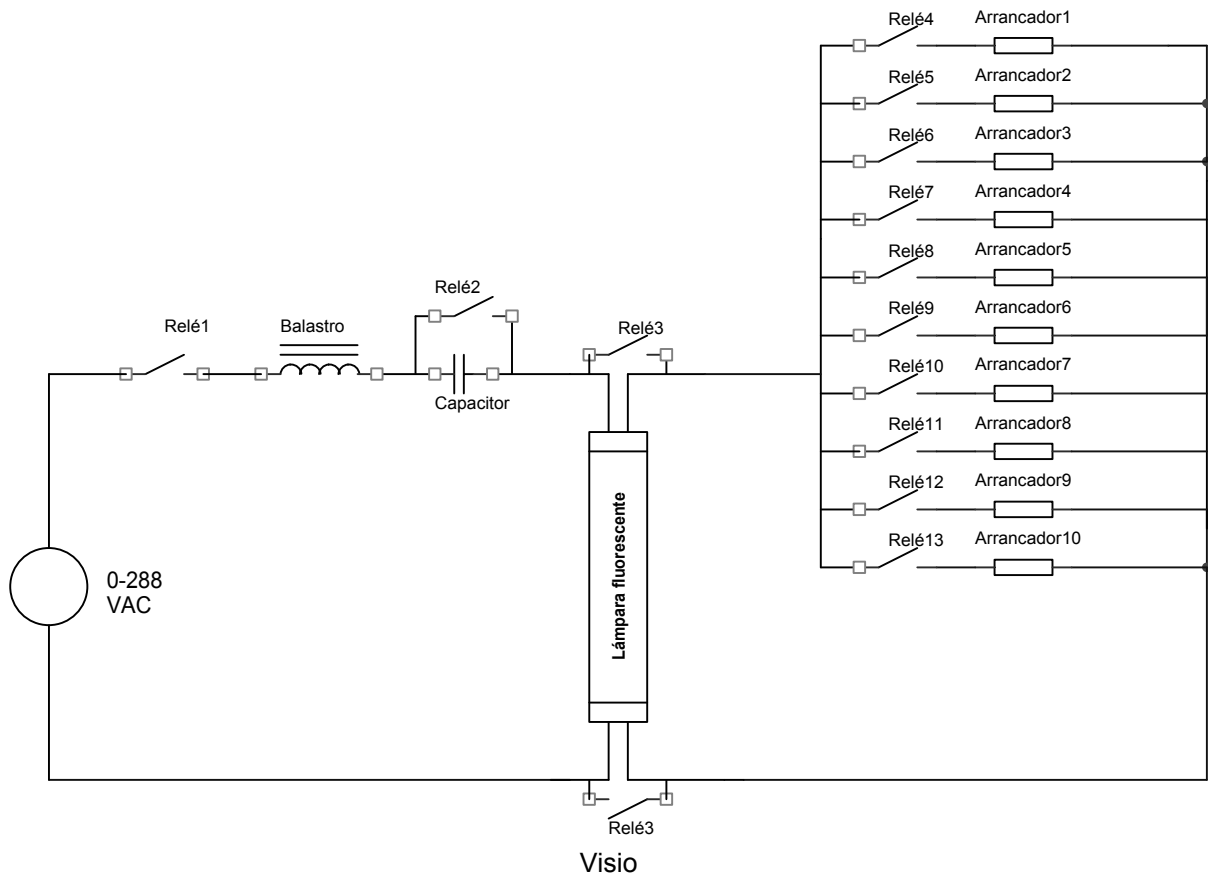
**Diseño:** Para lograr implementar la etapa de potencia se utilizan 13 relés (700-HF32Z24) de 24 VDC, 10 A, de doble contacto.



Visio

**Figura 5.13** Diagrama interno del relé 700-HF32Z24

Los relés se energizan por medio señales TTL provenientes del PIC. No se han incluido diodos de protección en los relés ya que el optoacoplador posee una salida protegida con diodo.



**Figura 5.14** Circuito de prueba para los arrancadores

En la figura 5.14 se observa la configuración del circuito de prueba. Para los objetivos del proyecto solo debe manejarse un arrancador, pero a nivel de hardware queda provista la conexión para agregar los arrancadores restantes para que en un futuro se pueda ampliar el sistema para evaluar 10 arrancadores de forma secuencial.

**Tabla 5.2** Especificación de la función de los relés

Relé	Tipo de contacto	Función
Relé1	1 contacto Normalmente abierto	Abrir o cerrar el paso de tensión para alimentar el circuito.
Relé2	1 contacto Normalmente abierto	Poner en corto un capacitor que se utiliza en serie con el balastro para hacer pruebas en circuito capacitivo o inductivo. Si el Relé2 esta normalmente abierto el circuito es capacitivo. Si el Relé2 esta normalmente cerrado el circuito es inductivo. <sup>20</sup>
Relé3	2 contactos Normalmente abierto	Poner en corto la lámpara fluorescente cuando sus contactos están normalmente cerrados.
Relé4	1 contacto Normalmente abierto	Conecta el arrancador 1 al circuito para ser evaluado cuando el relé esta en estado de normalmente cerrado
Relé5 al Relé13	A contacto Normalmente abierto	Habilitados para conectar 9 arrancadores al circuito cuando el estado de los relés sea normalmente cerrado. <sup>21</sup>

### 5.2.5 Etapa de acople con la interfaz serial

Para que el microcontrolador puede comunicarse con el programa principal y de esta forma lograr el acople entre las etapas del sistema se utiliza el recurso que tiene el PIC de manejar comunicación serial y las librerías de *LabView* para utilizar el puerto serie. Las siguientes son las especificaciones de esta etapa.

**Entrada:** Señales de recepción y transmisión de comunicación serial con valor de tensión TTL.

**Salida:** Señales de recepción y transmisión de comunicación serial con valor de tensión compatible con RS-232 (12 V).

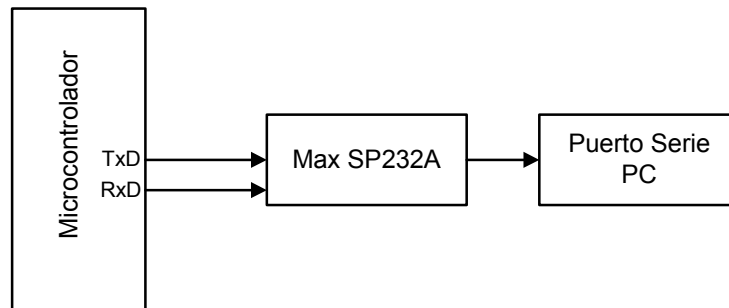
**Objetivo:** Acoplar la salida serial de PIC que tiene un nivel de 5 V y convertirla al nivel de tensión de 12V.

**Especificación:** Esta etapa debe convertir las señales de recepción y transmisión a niveles de tensión adecuados para ser interpretados por la computadora.

<sup>20</sup> La configuración para el circuito en inductivo o capacitivo se establece según la normativa de la IEC 155 para realizar las pruebas a los arrancadores.



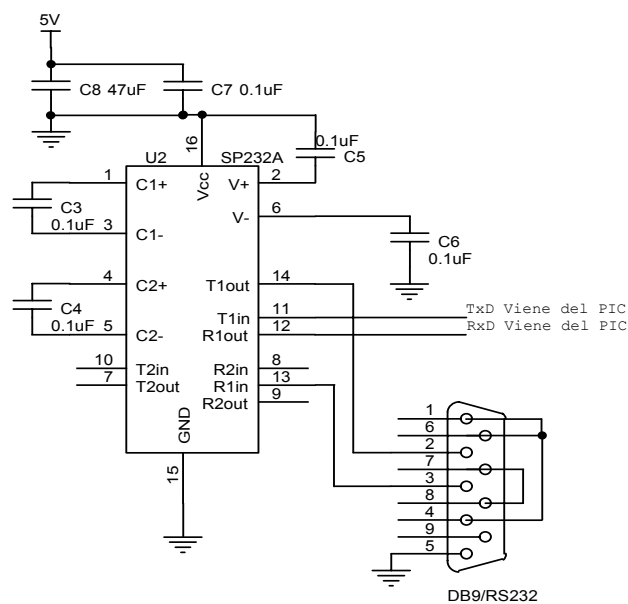
**Diseño:** Para implementar la interfase con la computadora, como se muestra en la figura 5.16, se utiliza la capacidad del microcontrolador de manejar protocolo de comunicación serial (RS-232). Para lograr esta comunicación se necesita utilizar el microcontrolador MAXSP232A, el cual se encarga de acoplar la salida serial de PIC que tiene un nivel de 5 V y convertirla al nivel de voltaje de 12 V que es el valor de voltaje que requiere la PC.



Visio

**Figura 5.15** Diagrama de bloques de la comunicación serie.

El chip MAXSP232A requiere una configuración especial la cual se muestra en las especificaciones del fabricante. En la figura 5.16 se observa el diagrama de pines del chip y la conexión para su funcionamiento. La configuración implementada es para utilizar una comunicación sin control de flujo ni de hardware.



Visio

**Figura 5.16** Diagrama de pines y configuración interna del MAX233.

### 5.2.6 Etapa de sensado

Para lograr medir las variables de temperatura y de humedad relativa del ambiente en el que se realiza la prueba se implementa una etapa de sensado. Las siguientes son las especificaciones de esta etapa.

**Entrada:** Señales captadas por los sensores de temperatura y humedad relativa (RH). Además de la señal de alimentación de 5V.

**Salida:** La salida de esta etapa son dos señales. Una señal de tensión entre 1.325V y 3.555V que es proporcional a un valor de humedad relativa específica.

Una señal de tensión entre los 4.67 V y los 2.545 V equivalentes a valores de temperatura específicos.

**Objetivo:** Medir las variables de temperatura y humedad relativa del medio ambiente en el cual se realice la prueba..

**Especificación:** Esta etapa debe medir valores de temperatura mayores de 35°C y una humedad relativa mayor al 70%.

**Diseño:** Para implementar la etapa de sensado se utiliza el integrado HTM1735-ND, este dispositivo es capaz de medir la humedad relativa del medio y dar una tensión que es proporcional al valor de humedad relativa medida. El sensor de humedad relativa puede medir en un rango de 10 a 95 %RH, la relación entre la tensión de salida del sensor y la RH es una relación lineal que se muestra en la ecuación 5.5.

$$RH = 38.92V_{out} - 41.980 \quad (5.5)$$

$RH = \text{Humedad relativa}$

$V_{out} = \text{Tensión de salida proporcional a la RH.}$

Con respecto a la temperatura la salida del integrado es un valor de resistencia de tipo NTC<sup>22</sup>, este valor de resistencia disminuye al aumentar la temperatura cuyo valor máximo es de 144 KΩ y el mínimo de 1.5KΩ.

---

<sup>22</sup> NTC: de las siglas del inglés Negative Coefficient Temperature

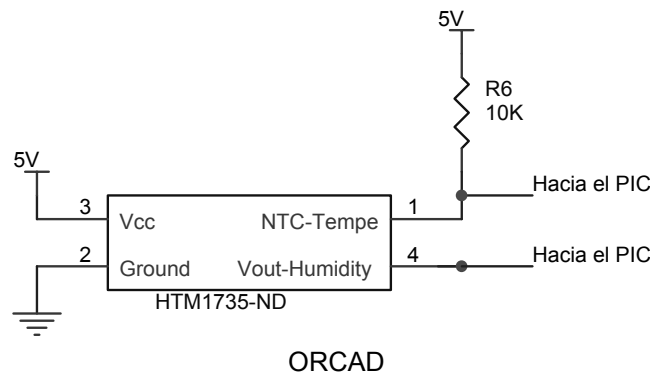
Para lograr que el valor de resistencia pueda ser leído por el microcontrolador se diseña un circuito divisor de tensión.

Para la temperatura ambiente del laboratorio en el cual se realizan las pruebas se tiene una resistencia de salida de 10.33KΩ ( Resistencia NTC).

Según la ecuación 5.6 se obtiene una tensión de salida de 2.55V que es proporcional a una temperatura de 25°C. Este valor de tensión puede ser interpretado por el microcontrolador.

$$V_{temperatura} = \frac{5V * R_{NTC}}{10K\Omega + R_{NTC}} \quad (5.6)$$

En la figura 5.18 se muestra la forma como se convirtió el valor de resistencia a un valor de tensión específico y variable, proporcional a la temperatura leída por el sensor.

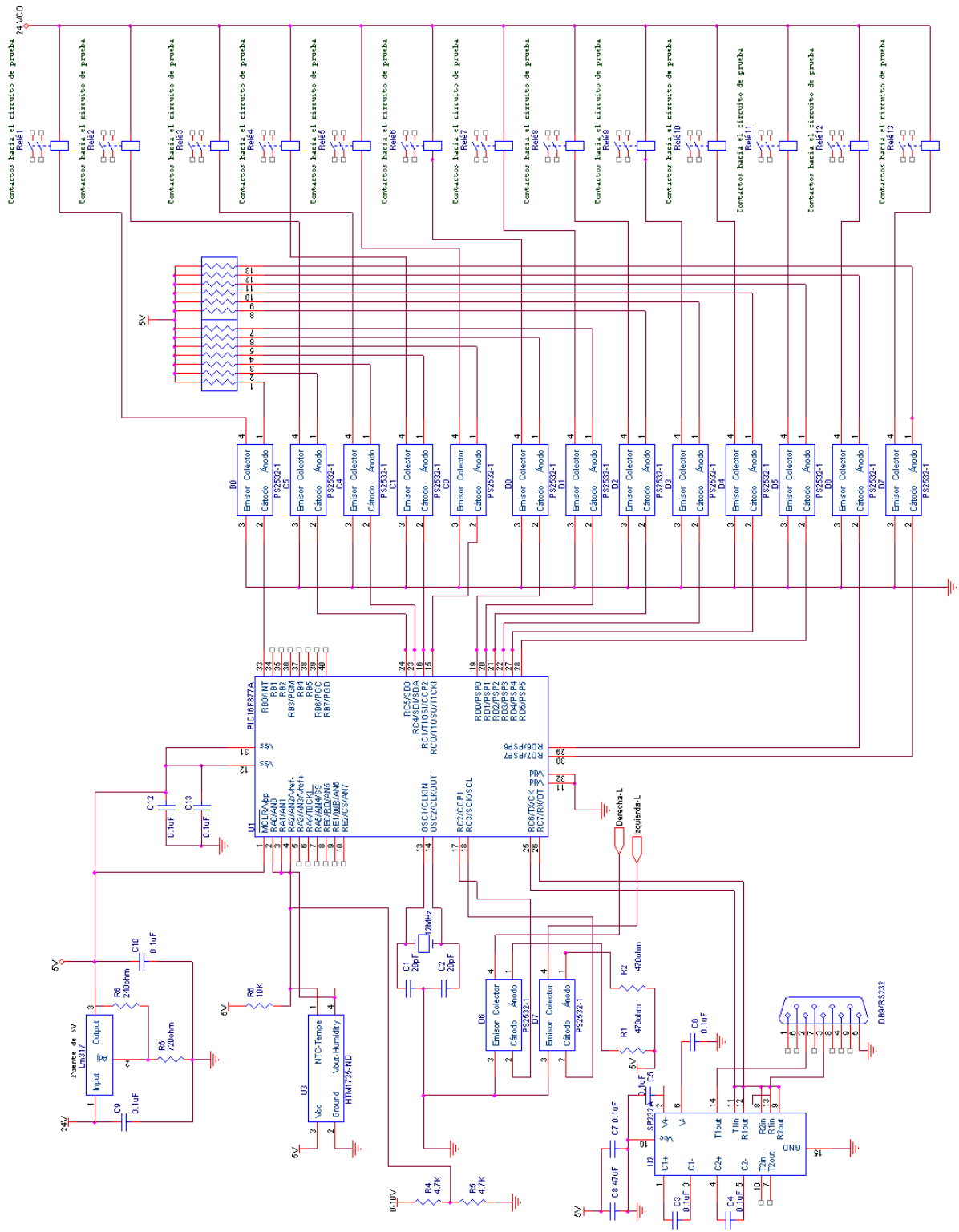


ORCAD  
**Figura 5.17** Conexión integrado HTM1735-ND

### 5.2.7 Conexión del microcontrolador

El microcontrolador tiene conectadas cada de las etapas anteriormente expuestas, en el plano eléctrico de la figura 5.19 se muestra la conexión de cada uno de los módulos.

Los relés que están conectados al microcontrolador están dispuestos de tal forma que el sistema pueda en un futuro ser habilitado para trabajar con 10 arrancadores, De los relés que se muestran en la figura solo 4 se están utilizando en el presente.



ORCAD  
 Figura 5.18 Plano eléctrico de la conexión del microcontrolador

### 5.3 Descripción del software

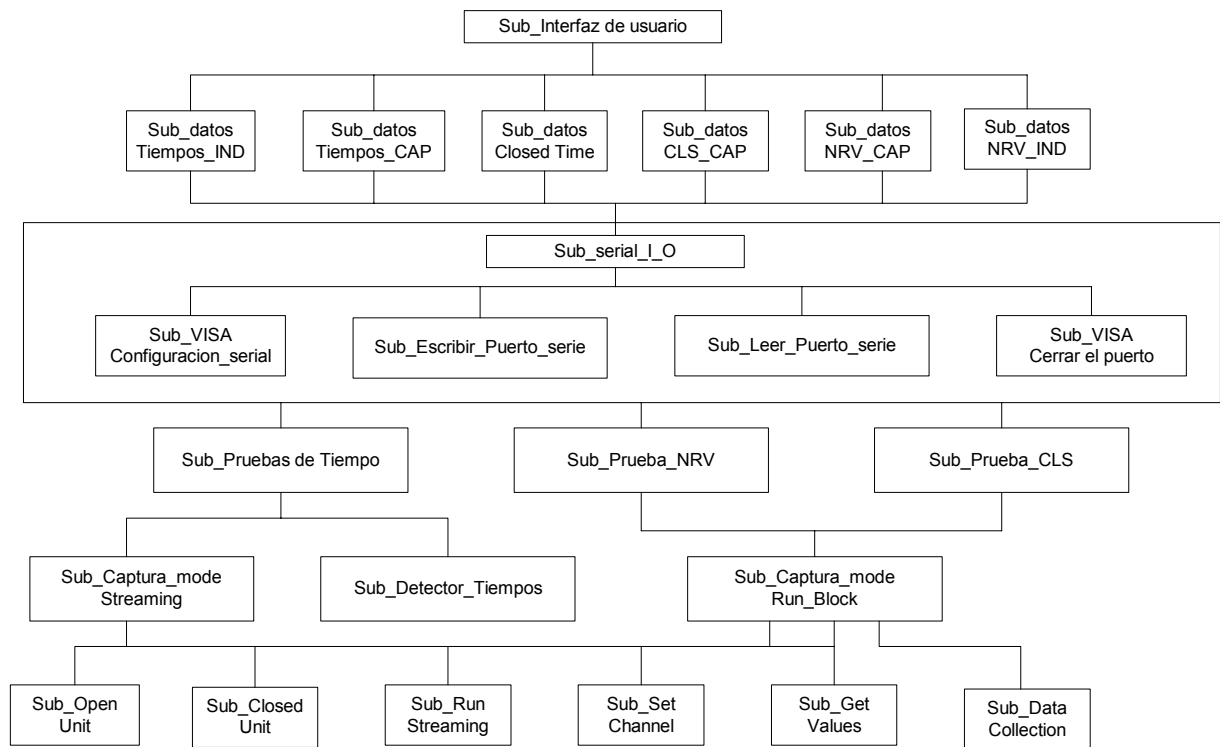
El funcionamiento del sistema a nivel de *software* se basa en dos programas:

- Programa principal desarrollado en la computadora
- Programa de control de *hardware* implementado en el microcontrolador.

En esta sección se describe la lógica de los programas tanto en la computadora como en el microcontrolador. Adicionalmente se describen los algoritmos desarrollados para llevar a cabo la funcionalidad de cada módulo.

#### 5.3.1 Descripción general del software principal

El programa principal esta desarrollado en *LabView*. Cada operación o algoritmo se implementó en una subrutina. Las subrutinas en *Labview* se llaman subVIs, tiene asociados un icono y conectores de entrada y salida de datos.

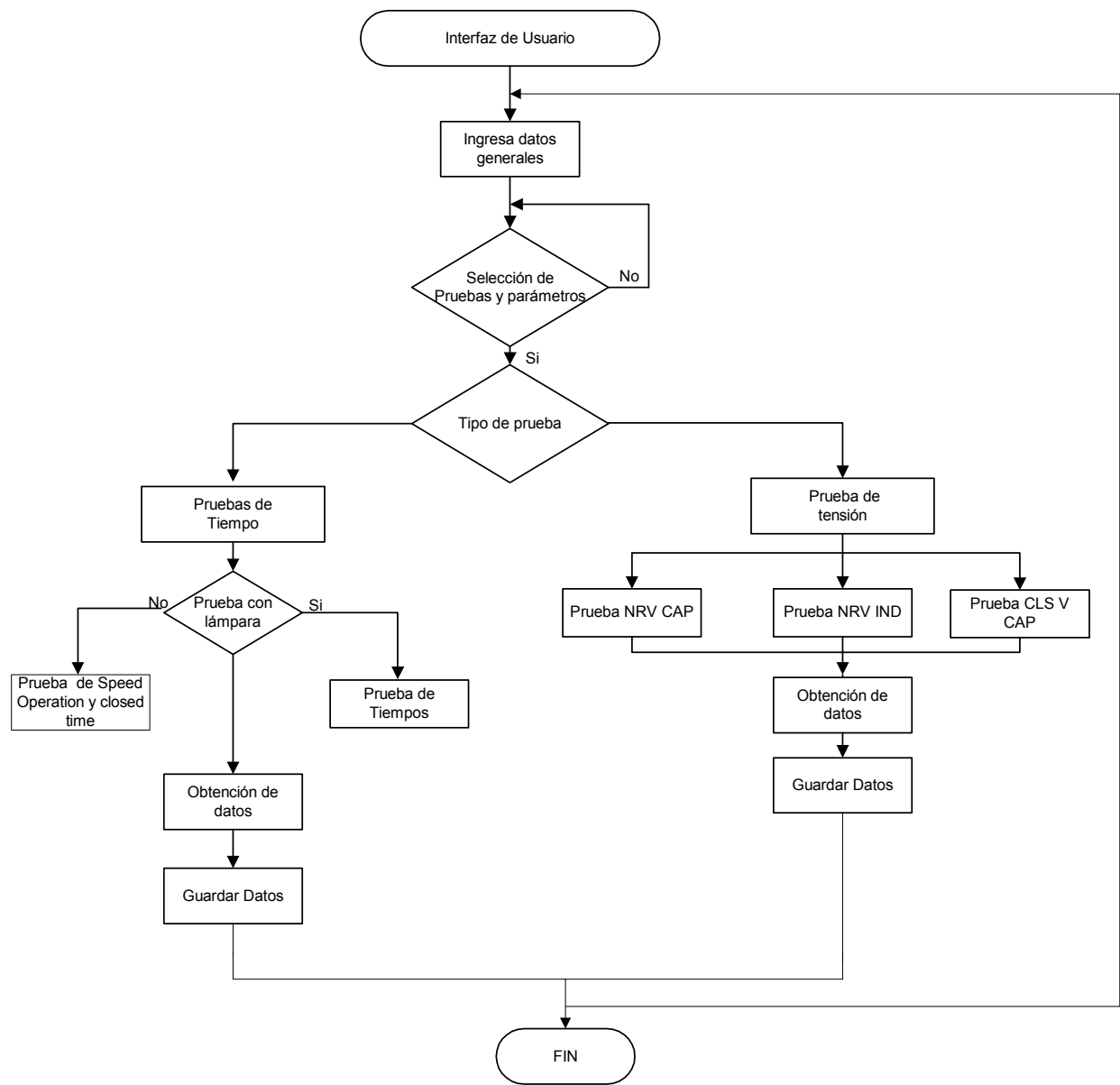


Visio

**Figura 5.19** Diagrama de bloques de los subprogramas del programa principal

La utilización de SubVIs permite modular la aplicación en tareas más simples permitiendo que una aplicación extensa se pueda dividir en tareas pequeñas. Esto causa que exista un jerarquía entre los mismos subprogramas.

El programa principal esta estructurado para que cada subprograma dependa de los parámetros ingresados por el usuario. A partir de los datos ingresados cada subprograma recibe los parámetros de entrada necesarios para funcionar.



Visio  
**Figura 5.20** Diagrama de flujo general del programa principal

Las pruebas que se pueden realizar con el sistema implementado son las siguientes:

- Pruebas de tiempo en circuito capacitivo: Tiempo de cerrado, tiempo de ionización, tiempo muerto y tiempo de encendido.
- Pruebas de tiempo en circuito inductivo: Tiempo de cerrado, tiempo de ionización, tiempo muerto y tiempo de encendido.
- Pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado.
- Prueba de tensión de cierre en circuito capacitivo.
- Prueba de tensión de recierre en circuito capacitivo.
- Prueba de tensión de recierre en circuito inductivo.

Las pruebas se han agrupado en dos tipos específicos, las pruebas de tiempo (incluyendo la prueba de velocidad de operación) y las pruebas de tensión. Esta diferencia se da por la forma en que se capturan los datos. Para las pruebas de tiempo se requiere que la captura de datos sea una ventana de cierto tiempo definido. Para las pruebas de tensión la captura de datos debe ser en tiempo real. Con esta diferencia es el osciloscopio el que debe utilizarse en dos modos diferentes el *Block* y el *Streaming*.

Cuando los datos son ingresados por el usuario el programa principal se comunica por medio del puerto serie por medio de una serie de comandos con el microcontrolador para que se configure el hardware necesario para llevar a cabo la prueba de acuerdo con los parámetros de cada prueba. Una vez que el circuito este configurado y la tensión establecida, se realiza la captura de datos. Estos datos son analizados por medio de algoritmos específicos que permiten obtener los resultados de cada evaluación. Estos resultados son guardados en un archivo como respaldo de la ejecución de la prueba.

Para realizar cada evaluación se siguen una serie de pasos que se ejecutan independientemente de la prueba que se realice.

1. Apertura del osciloscopio.
2. Parámetros de pruebas
3. Envío de comandos vía puerto serie al microcontrolador.
4. Espera de configuración de *hardware*.
5. Verificación de condiciones del circuito de prueba,
6. Configuración del osciloscopio.
7. Captura de datos por medio del osciloscopio.
8. Envío de comandos de final de prueba al microcontrolador.
9. Procesamiento de datos obtenidos.
10. Resultado de la prueba.
11. Almacenamiento de resultados.
12. Fin de la prueba

A continuación se describen las etapas y algoritmos más relevantes del programa principal.

### **5.3.2 Software de comunicación serial de la computadora**

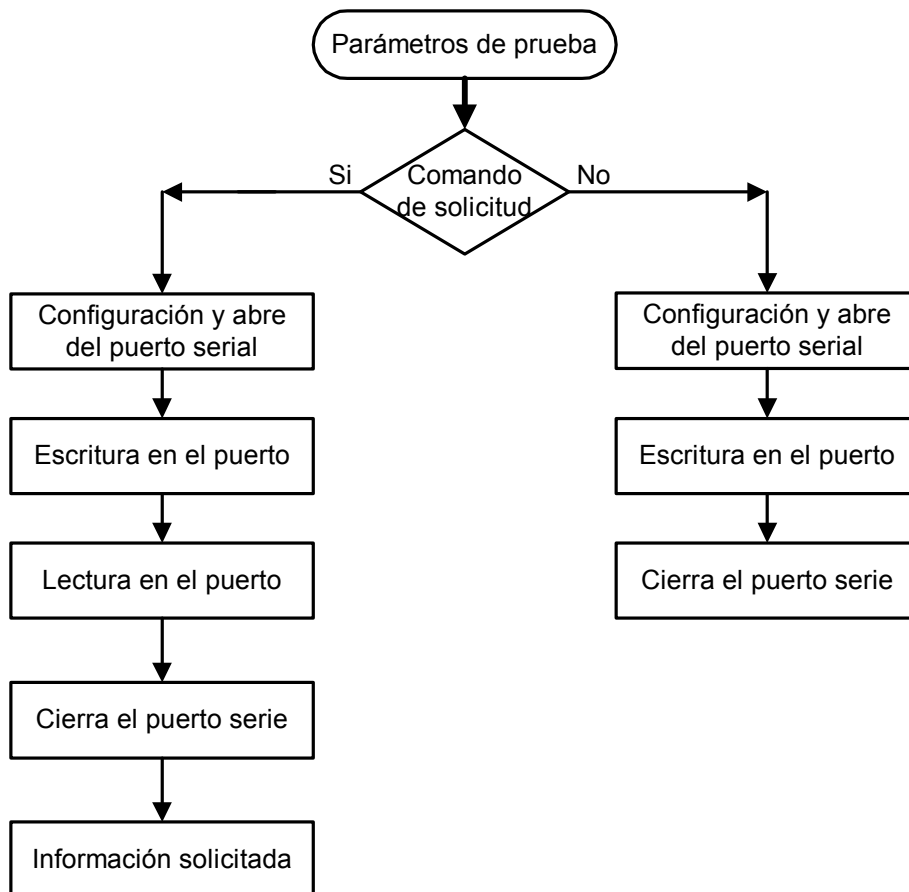
Para llevar a cabo la comunicación con el microcontrolador, se realiza un programa para poder leer y escribir en el puerto serie. Existe un protocolo de comunicación establecido para que el programa principal y el programa en el microcontrolador puedan comunicarse.

Una vez establecidos los parámetros de la prueba por parte del usuario el sistema crea una cadena de variables que representan los comandos para llevar a cabo las configuraciones para cada evaluación. Si unos de estos comandos es una instrucción de solicitud de datos, el programa espera un valor de respuesta. Si las comandos no tienen una instrucción de solicitud el programa solo escribe en el puerto



**Tabla 5.3** Comandos para la comunicación entre la PC y el microcontrolador

Comando	Función
i	Alimentar el circuito de prueba
f	Desalimentar el circuito de prueba
c	Circuito inductivo
b	Circuito capacitivo
n	Lámpara conectada
l	Lámpara en corto
a	Activar ajuste de tensión
p	Pausa en el ajuste de tensión
r	Contador para voltaje de aplicación
t	Solicitud del valor de temperatura
h	Solicitud del valor de Humedad relativa
v	Solicitud del valor de la tensión actual de la fuente
A	Arrancador 1 activado
Z	Desconexión del arrancador 1



Visio

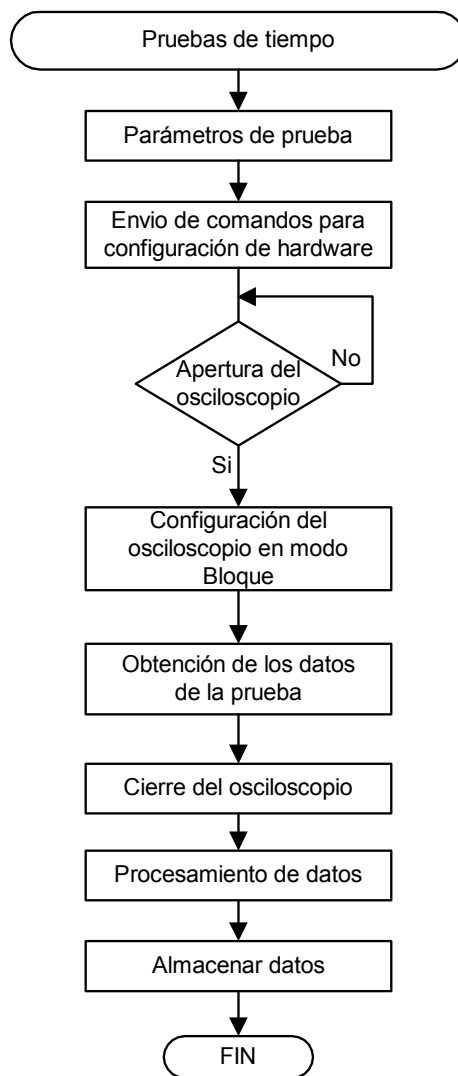
**Figura 5.21** Diagrama de flujo comunicación serial

Los valores que pueden ser solicitados por el puerto son la tensión actual de la fuente, el valor de la temperatura y el valor de la humedad relativa.

Además por medio del puerto serie se envía el valor de tensión que debe compensar el microcontrolador para establecer la fuente de tensión en el valor requerido para cada prueba.

### 5.3.3 Software de pruebas de tiempo

Para realizar las evaluaciones de tiempo la prueba de velocidad de operación se realizan las acciones que se muestran en la figura



Visio

**Figura 5.22** Diagrama de flujo de las pruebas de tiempo

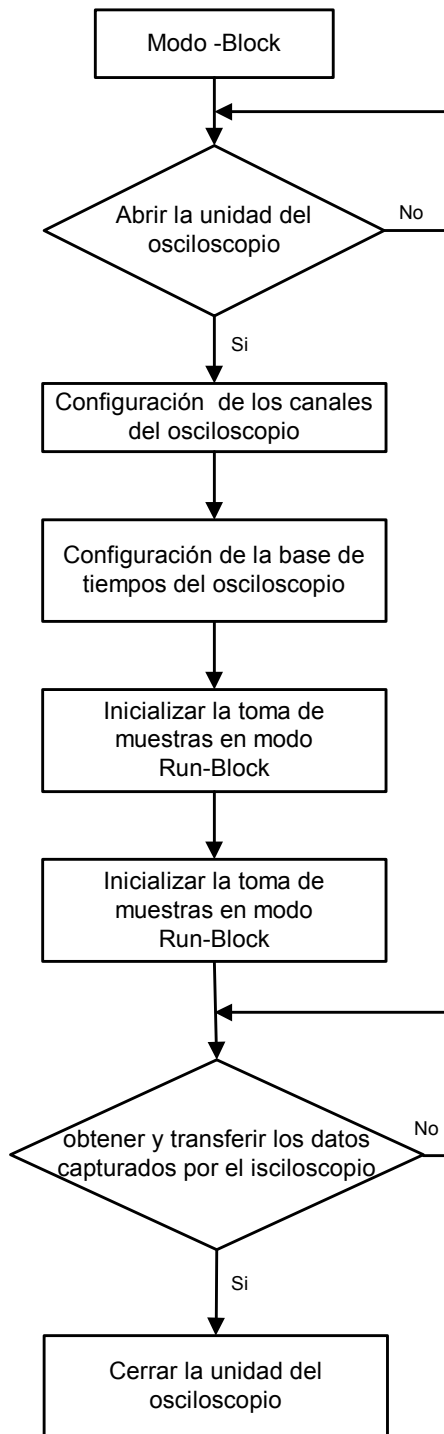
Del diagrama mostrado anteriormente hay dos puntos que tienen que ser explicados con mayor detalle. Para realizar las pruebas de tiempo y la de velocidad de operación se necesita que el osciloscopio capture cierto número de muestras en un tiempo determinado. Las pruebas de tiempo se realizan en un tiempo de 10s. La prueba de velocidad de operación y de tiempo de cerrado se realiza en un tiempo de 25s. Por esta razón el osciloscopio debe capturar datos por un lapso de tiempo determinado.

Un aspecto importante de mencionar es que el osciloscopio posee una librería de archivos los cuales representan cada una de las funciones para configurar el osciloscopio. Estos archivos son programas con librerías que habilitan las funciones del osciloscopio, que se ligan desde *LabView* para poder manejar el osciloscopio.

Para que el osciloscopio pueda capturar muestras en un tiempo determinado previamente se debe configurar en un modo específico llamado *Block*. Para llevar a cabo esta configuración en el osciloscopio se realizan las siguientes actividades después de abrir el osciloscopio:

- Configurar los canales: En esta rutina se configuran los canales que están habilitados canal 1 y 2, el rango de tensión máxima para cada canal del osciloscopio se configura al máximo valor  $\pm 20V$  (valor debe ser multiplicado por 100), la habilitación para que las mediciones se realicen en CD.
- Configurar el modo *block*: se establecen el número de muestras que toma el osciloscopio en este caso se seleccionan 20000 muestras por segundo, y la base de tiempo que puede variar según los parámetros de la prueba.
- Obtener los valores de la prueba, para habilitar esta función se debe determinar el número de valores que debe capturar el osciloscopio cada vez que realiza una lectura. El buffer máximo que tiene el osciloscopio es de 60000, si estos datos no son recolectados a tiempo, lo que sucede es una sobrescritura de datos y se pierde información.
- Cerrar la unidad del osciloscopio.

En la figura 5.23 se muestra el diagrama de flujo para habilitar el modo *block* del osciloscopio

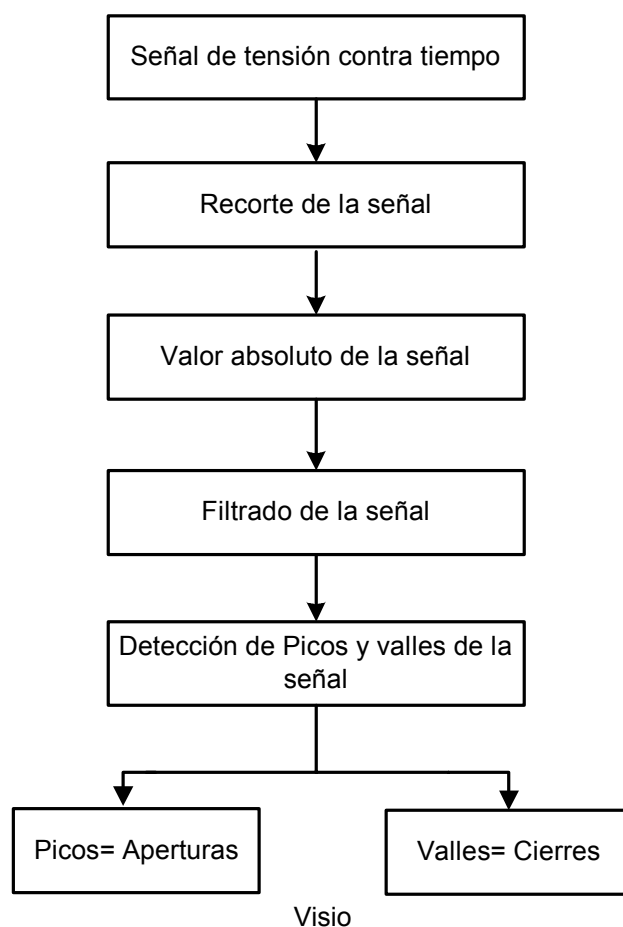


Visio

**Figura 5.23** Diagrama de flujo para configurar modo *Block* en el osciloscopio

El procesamiento de los datos para la prueba de tiempos se realiza a partir de valores de tensión obtenidos en cierto rango de tiempo. En estas pruebas el objetivo es determinar cuando el arrancador realiza aperturas y cierres en de su contacto. La estrategia de solución para determinar los cierres y las aperturas en la curva de tensión contra tiempo, se muestra en la figura 5.24.

Tomando en cuenta el criterio de las personas que realizan las pruebas se toma la señal y se recorta los picos de la curva que sean mayores a los 400 V y menores a los -400V. Cuando la señal se recorta se obtienen valores picos de tensión que pueden ser considerados como válidos. Como siguiente paso lo que se hace es calcular el valor absoluto de la señal de tensión. Con esto se traslada la señal al eje positivo conservando todos los puntos de la señal.



**Figura 5.24** Diagrama de flujo para determinar cierres y aperturas del arrancador.

El filtrado de la señal se realiza con un filtro pasa bajas, tipo Chebyshev de orden 3, con una frecuencia de corte de 120Hz.

Una vez filtrado la señal, se determinan los picos y los valles de la señal, considerando los picos y valles validos basándose en la amplitud y en ancho de del pulso.

Los picos encontrados en la señal determinan el momento en que se dio una apertura de contacto en el arrancador. Los valles determinan los cierres que se efectuaron entre los electrodos del arrancador. En este momento se tiene la ubicación con respecto al tiempo de cada apertura y cierre del arrancador. Ambos resultados se representan en un arreglo de datos de tiempo que representan el momento en que se efectuaron cada una de las aperturas y los cierres del arrancador.

La velocidad de operación se determina contando el número de cierres que tuvo el arrancador en 25s. Si este valor es mayor a 7 cierres el arrancador pasa la prueba.

El tiempo de cerrado se calcula restando a cada cierre la apertura correspondiente y realizando la sumatoria de estas diferencias, si el resultado de la sumatoria es mayor a 10s, el arrancador pasa la prueba.

El tiempo muerto se determina identificando en le arreglo de cierres el primer elemento, este dato corresponde al inicio de la primera ionización del arrancador.

El tiempo de ionización se calcula determinando el tiempo que existe entre el primer cierre y la primera apertura de contacto en el arrancador, este tiempo corresponde al tiempo que tarda la primera ionización. Este cálculo corresponde a la diferencia entre la primera posición del arreglo de cierres y la primera posición del arreglo de aperturas.

El tiempo de cierre corresponde a la primera posición del arreglo de cierres, y se identifica como el primer cierre de contacto que tuvo el arrancador.

El tiempo de encendido representa el tiempo que le arrancador tarda en encender la lámpara. Este valor corresponde a la última apertura que muestra el arrancador.

### 5.3.4 Software de pruebas de tensión

Para realizar las pruebas de tensión la captura de datos se realiza en tiempo real. Esto implica que el osciloscopio debe configurarse en modo *streaming*.

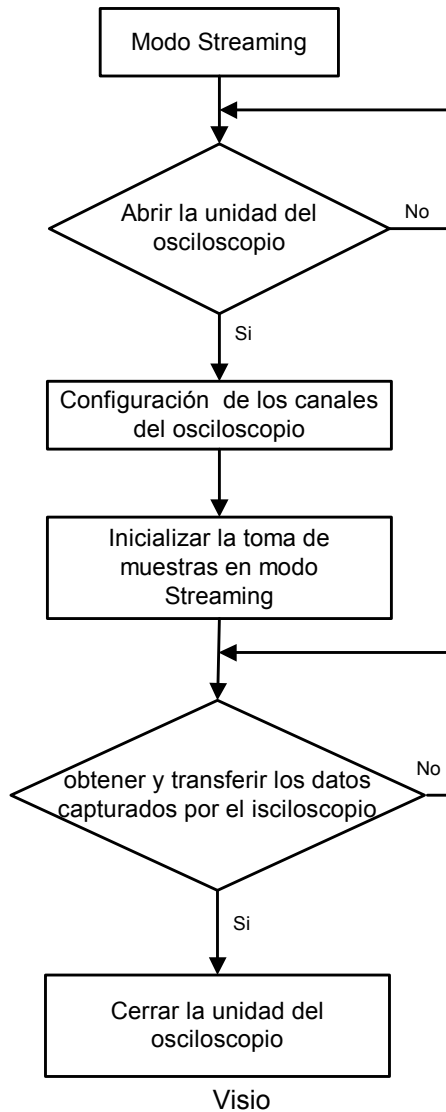
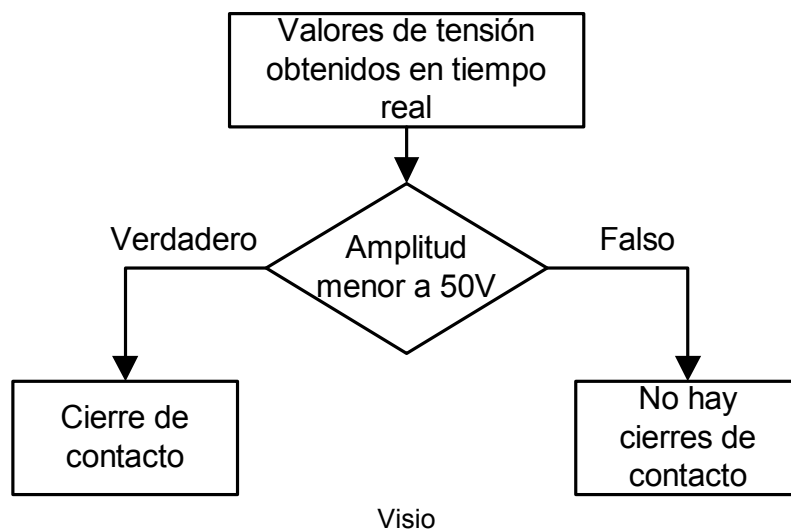


Figura 5.25 Diagrama de flujo para configurar el osciloscopio en modo *streaming*

Al igual que en el modo de bloque, lo que hace es llamar archivos y configurarlos de acuerdo a la toma de datos que se realiza. Entre los parámetros más relevantes se mencionan que se configuraron los dos canales del osciloscopio, con un rango de tensión de  $\pm 20V$  ( la punta de tensión es diferencial y este valor debe ser multiplicado por 100). Además se configura para realizar 700 muestras por segundo para un numero de muestras de 12500., esto se logra son una base de tiempos de 15ms.

El algoritmo que determina los resultados de las pruebas de tensión debe ejecutarse a tiempo real en el mismo momento que se da la captura de datos se debe tomar decisiones de los datos capturados.

Uno de los objetivo de las pruebas de tensión es determinar cuando la señal de tensión tenga cambios en su forma de onda a tal grado que su amplitud disminuya a una tensión de cero voltios. Cuando la tensión disminuye a cero se indica que hubo un cierre de contacto en el arrancador.



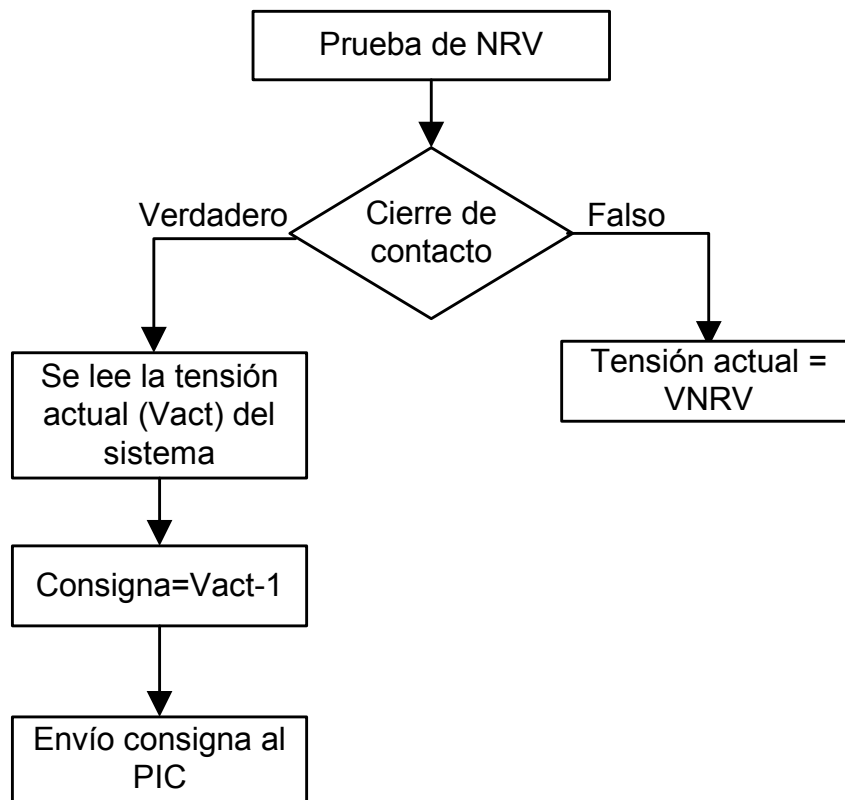
Visio  
**Figura 5.26** Diagrama de flujo para determinar cierres de contacto

Como criterio de evaluación en el laboratorio las personas que realizan las pruebas tienen el criterio de que un cierre se puede evaluar cuando la tensión disminuye a menos de 50V. Este criterio se utilizó para crear una máscara a la señal de tensión capturada.



La señal capturada se enmascara con una plantilla que tiene como limite inferior 50V. Cuando la señal de tensión disminuya y tenga un valor menor o igual a los 50V, la rutina da a la salida una variable booleana verdadera. Esto significa que cuando exista un cierre en la curva de tensión se habilita una variable como verdadera.

La prueba para determinar la tensión de recierre (NRV ) se habilita un algoritmo que recibe como entrada la variable que indica si existen cierres en el contacto arrancador.



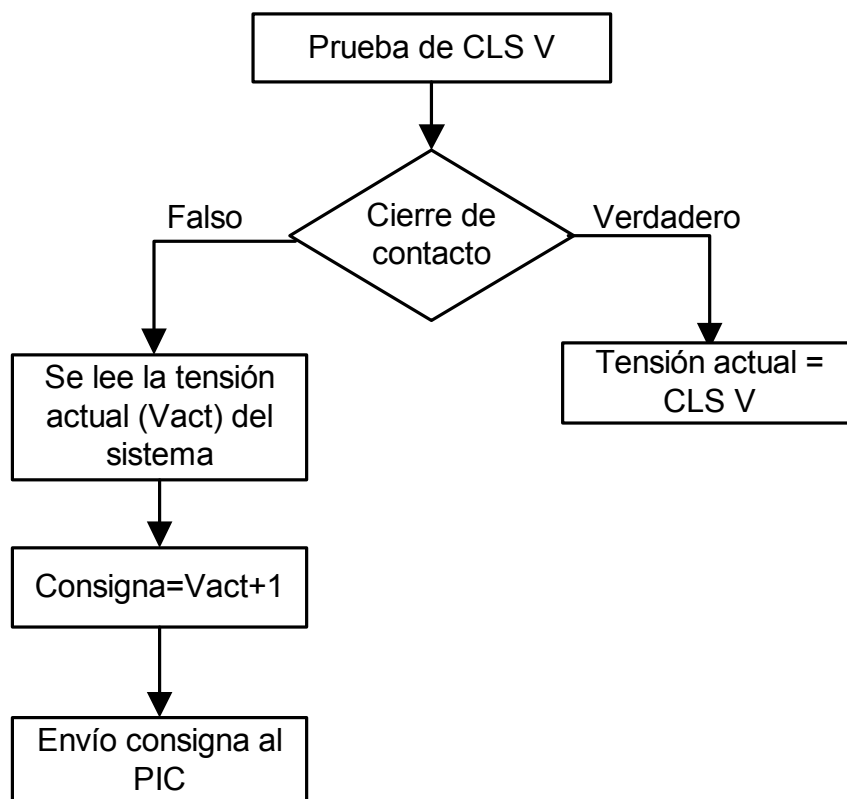
Visio

**Figura 5.27** Diagrama de flujo para determinar prueba de NRV

La prueba de NRV consiste en determinar el valor de tensión cuando el arrancador deje de cerrar el contacto. Si el arrancador esta cerrando el contacto, tiene cierres, lo que se realiza es leer la tensión actual y decrementos en la tensión a una razón de 1V por segundo, este decremento se realiza mientras el arrancador cierre el contacto.

Cuando no existan cierres se lee la tensión actual y este valor es el valor de la tensión de cierre. El decremento se hace a 2V por segundo porque este es el valor con el cual se realiza la prueba actualmente.

Para determinar el valor de la tensión de cierre (CLS V), se realiza el procedimiento inverso de la prueba de NRV. Lo que se busca es aumentar la tensión a razón de 1V por segundo hasta que el arrancador empiece a cerrar el contacto. Mientras no existan cierres entre los electrodos del arrancador. Se lee la tensión actual del circuito, y esta tensión comienza a incrementarse a razón de 1V/s hasta que el arrancador cierre el contacto, cuando esto sucede, el valor de tensión leído es el valor del CLS V.



Visio

**Figura 5.28** Diagrama de flujo para determinar prueba de CLS

### 5.3.5 Software para almacenamiento de resultados

Los datos de los resultados de las pruebas, los datos generales de las pruebas que debe ingresar el operario, y los datos de temperatura y humedad relativa, se registran en un archivo llamado `datos_pruebas.csv`<sup>23</sup>.

Este archivo es un registro donde cada vez que se realice una prueba los resultados de esta se almacenan con la fecha y la hora en la que se ejecutaron las pruebas.

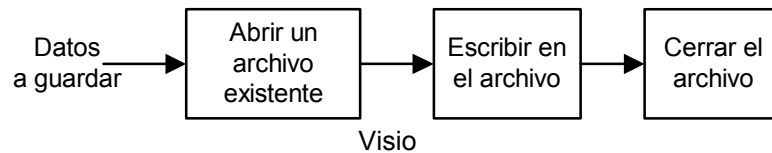


Figura 5.29 Diagrama de flujo para guardar los datos de las pruebas

### 5.3.6 Software del microcontrolador

El software del microcontrolador contiene las rutinas necesarias para aplicar las pruebas a los arrancadores. La programación se realizó en forma modular, cada subrutina representa una función específica del sistema, las funciones del microcontrolador son las siguientes:

- Realizar la compensación de la tensión del transformador.
- Recibir e interpretar los comandos provenientes de la computadora.
- Leer el valor de temperatura y humedad relativa por medio de los convertidores analógicos digitales.

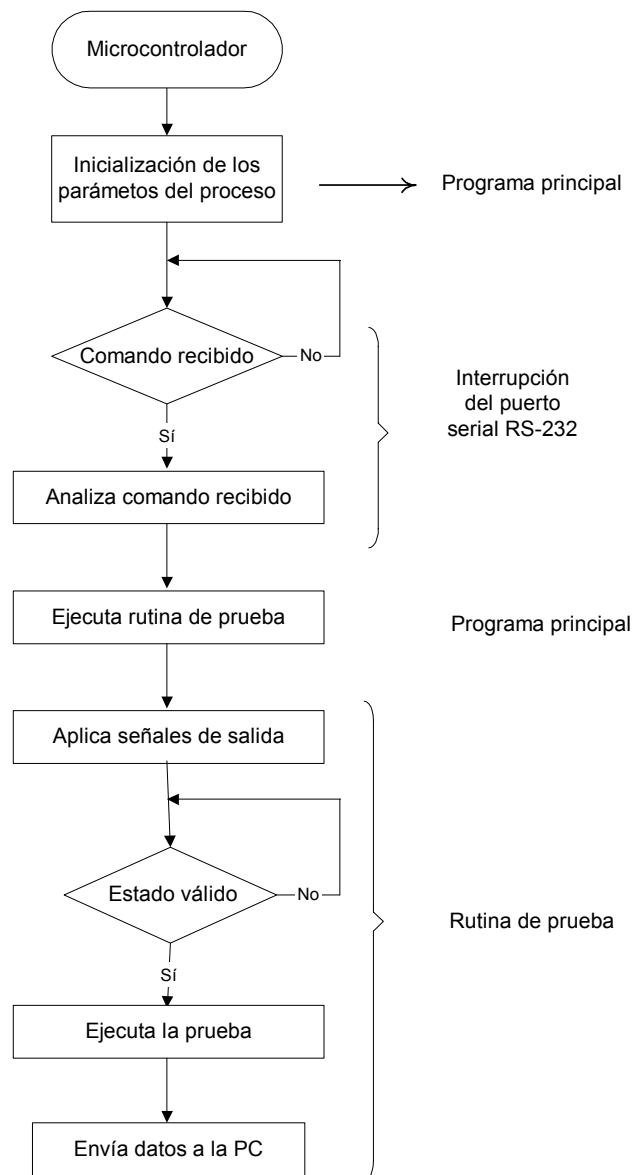
Cada una de estas funciones son ejecutadas cada vez que la computadora lo ordene mediante la instrucción designada.

El microcontrolador configura el hardware según lo requiera la prueba indicada por la PC, esto lo hace individualmente, una prueba a la vez, la secuencia de prueba se maneja desde la PC, el PIC16F877 se encarga únicamente de aplicar las señales necesarias para configurar el hardware y enviar las respuestas medidas en cada prueba.

<sup>23</sup> csv: de las siglas del inglés *comma separated values*

La lógica del software del microcontrolador se divide en cuatro bloques funcionales: la interrupción del puerto serial, la rutina para compensar la tensión del sistema, el programa principal y las rutinas de prueba.

La interrupción del puerto serie permite recibir un comando específico este habilita una bandera. En el programa principal el estado de esta bandera permite ejecutar una rutina para cambiar el estado de las variables de salida.



Visio

**Figura 5.30** Diagrama de flujo del software del microcontrolador

Cada comando recibido representa una operación para el PIC. Cuando el comando recibido indica que el microcontrolador debe enviar un dato al programa principal, se realiza una rutina determinada para realizar la comunicación.

El microcontrolador se encarga de leer las variables de temperatura, humedad relativa y tensión del sistema por medio de los convertidores analógicos/digitales (A/D). En el microcontrolador se realizan los cálculos matemáticos para convertir los valores leídos en los A/D, con las siguientes ecuaciones:

$$Temperatura = \frac{722.3 - \text{valorA/D}}{7.5} \quad (5.8)$$

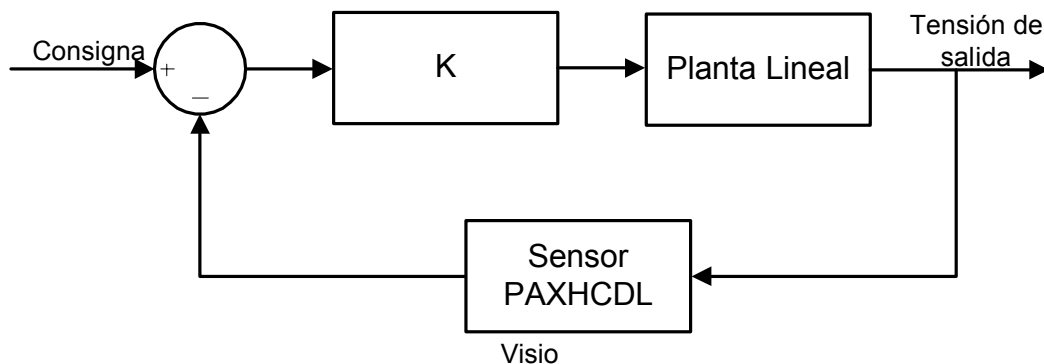
$$Tensión = \text{valorA/D} * 0.298 \quad (5.9)$$

$$Humedad\ Relativa = \frac{\text{valorA/D} - 216.09}{5.3} \quad (5.10)$$

Las señales requeridas por cada prueba llegan al circuito de prueba por medio de relés. Las señales que controlan el sentido de giro del motor son habilitadas como respuesta al sistema de compensación de la tensión.

### 5.3.1 Software para realizar el control de la tensión

En la figura 5.31 se muestra un esquema general del sistema de control para obtener una tensión apropiada para llevar a cabo cada una de las pruebas. Como entrada del sistema de control esta la variable consigna, la cual es el valor de tensión que requiere el sistema. Este valor de consigna se ingresa por medio de labview, y representa el valor de tensión de aplicación para cada prueba.



**Figura 5.31** Diagrama de bloques para controlar la tensión

El valor convertido por el ADC equivale a 1/60 veces la tensión de salida del transformador, por lo que el valor de la consigna tiene la misma escala.

$$V_{ADC} = \frac{V_{rms}}{60} \quad (5.11)$$

El valor de la tensión actual del sistema es medido por el ADC del PIC, este es restado al valor de la consigna, generando un error. Este error con el tiempo debe ser igual a cero.

Debido a la relación lineal entre la tensión de entrada y salida de la planta (motor más transformador), el compensador utilizado es proporcional únicamente, ya que al multiplicar el error por una constante se obtiene el valor necesario de entrada para corregir la tensión de salida del mismo.

Las entradas del motor que controlan la relación de transformación del transformador son dos, las cuales basadas en pulsos de señales TTL, definen el sentido de giro, ya sea derecha o izquierda, con la cantidad de pulsos se define, el aumento proporcional en la salida.

Según la hoja de datos del control del transformador (DM217CT), se necesitan 1200 pulsos para cubrir el rango completo de tensiones de salida del transformador, esto define una relación lineal entre los pulsos de entrada y la salida del transformador.

Como la tensión de salida máxima es de 280 Vrms, y la mínima es cero, se obtiene la siguiente relación.

$$\frac{280V_{rms}}{1200\text{pulsos}} = 0.2333333V_{rms}/\text{Pulso} \quad (5.12)$$

Basado en la ecuación 5.12 el compensador K debe tener su salida en pulsos, por lo que el valor del error se tiene que dividir entre la constante obtenida en la ecuación 5.12.

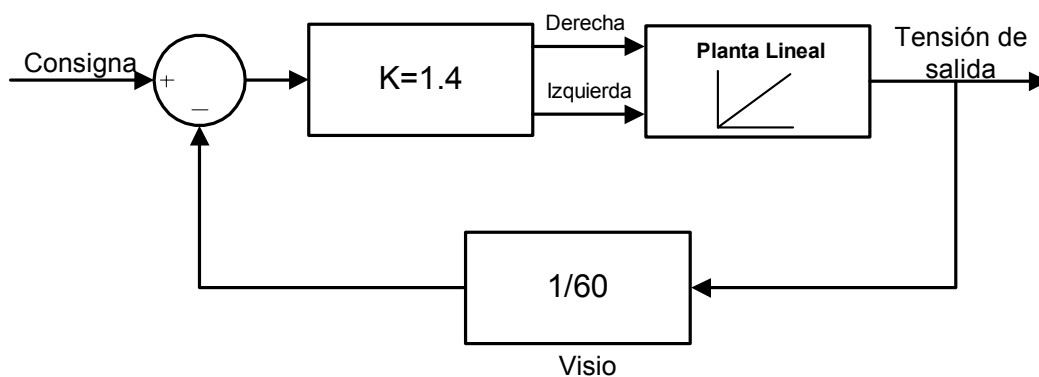
Como el valor de error esta escala (dividido entre 60), este se debe multiplicar por 60, de donde se obtiene la siguiente constante.

$$K = 60 * \frac{1}{0.23333333 \left[ \frac{V_{rms}}{pulsos} \right]} = 1.4 \left[ \frac{V_{rms}}{pulsos} \right] \quad (5.12)$$

Como las unidades del error son Vrms la salida del compensador es en pulsos, puesto que esta salida es igual al error multiplicado por el compensador.

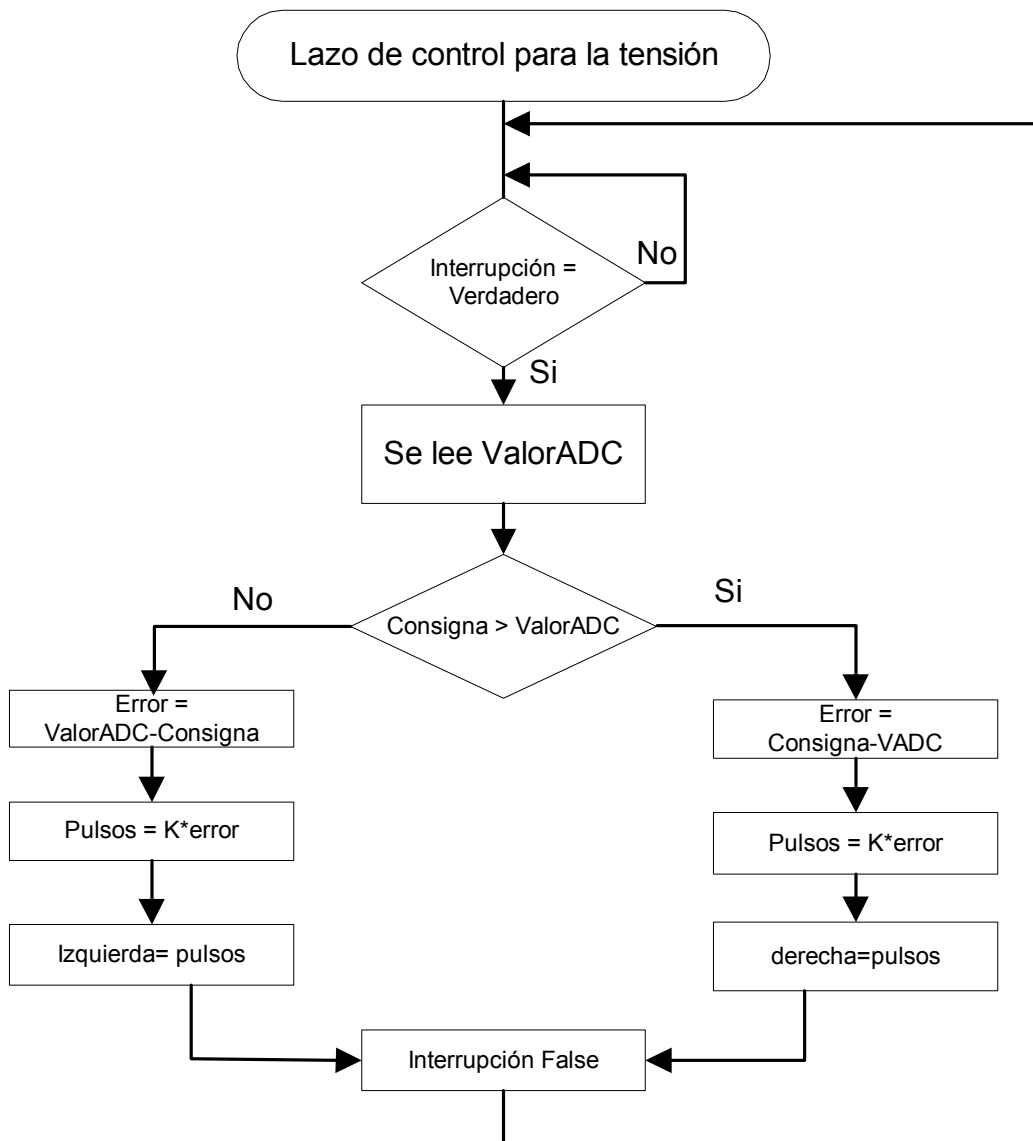
El sistema puede tener errores positivos y negativos, esto define las señales de control derecha e izquierda; la primera para incrementar la tensión si el error es positivo y la segunda para decrementar si el error es negativo.

Por lo tanto el compensador tiene tres salidas, las de dirección y la cantidad de pulsos hacia la dirección definida por el error, como se muestra en la figura 5.32.



**Figura 5.32** Esquema de funcionamiento del bloque de control

La interrupción no puede ejecutarse dos veces consecutivas en el programa si la cantidad de pulsos es mayor a 250 pulsos, esto se debe a restricciones físicas del sistema, y establecidas por el fabricante.



Visio

**Figura 5.33** Diagrama de flujo de la lógica de control de tensión



### **5.3.2 Comunicación PIC computadora**

El software del microcontrolador funciona en conjunto con el de la computadora, Por lo tanto se deben evitar errores en la comunicación de ambas aplicaciones.

El protocolo de comunicación establecido evita que se presenten errores a la hora de transmitir información de la PC al microcontrolador y viceversa, el protocolo de comunicación es el siguientes:

1. La PC envía un comando (un byte)
2. El microcontrolador interpreta el comando leído y realiza una rutina de prueba
3. El PIC16F877 envía a la PC los resultados más un carácter '\*'.
4. La PC recibe los datos enviados y al recibir el '\*' interpreta los resultados como válidos.

## Capítulo 6: Análisis y resultados

### 6.1 Software del sistema

#### 6.1.1 Interfaz de usuario

Por medio del software implementado tanto en *LabView* como en el microcontrolador es posible evaluar el arrancador GB46 y GB58 para las siguientes pruebas:

- Tensión de cierre en circuito capacitivo.
- Tensión de recierre en circuito capacitivo.
- Tensión de recierre en circuito inductivo.
- Tiempo muerto en circuito capacitivo e inductivo.
- Tiempo de ionización en circuito capacitivo e inductivo.
- Tiempo de cierre en circuito capacitivo e inductivo.
- Tiempo de encendido en circuito capacitivo e inductivo.

Para ejecutar estas pruebas el sistema necesita que el usuario ingrese el valor de la tensión de la prueba en el caso de las evaluaciones de tensión. Para las pruebas de tiempo es necesario el ingreso del periodo en segundos que tarda la evaluación.

La interfaz a la cual tiene acceso el usuario esta dividida en tres partes. En primer lugar el operario debe ingresar los datos generales de la prueba donde se incluyen las características generales y específicas del arrancador que se evalúa<sup>24</sup>.

En esta pantalla también se pueden visualizar una vez que la prueba inicia el valor de la temperatura en grados centígrados, la humedad relativa (RH) y el día y la hora de la realización de la prueba.

---

<sup>24</sup>Los datos generales y específicos de los arrancadores no son aportados por tratarse de información confidencial de la empresa.

Los datos de la fecha y la hora en que se realiza la prueba se genera de forma automática, esto como un método de seguridad a la hora de guardar los resultados de cada evaluación.

The screenshot shows a software interface for the SYLVANIA ENGINEERING DEPARTMENT. At the top left is the SYLVANIA logo with the tagline "Where innovation comes to light". To the right, it says "ENGINEERING DEPARTMENT". Below this, there are three tabs: "Test general data", "Selection of electrical test", and "Test results". The "Test general data" tab is active. In the center, there is a large box labeled "Fill test data". Below this box, there are several input fields arranged in a grid:

Bottle	Sealex	Bimetal	Ballast type
Fill gas	Gap	Getter applied to	Test #
Pressure (Torr)	Starter	Contact type	Group #
Bombarder	Getter	Darkness (Hrs)	Temperatura (°C)
Aging	Lead wire	Lamp	Humedad Relativa(%)
Inspector	Date		00:00 PM DD/MM/YY

At the bottom of the interface, there are two buttons: "INICIA PRUEBA" and "SALIDA".

**Figura 6.1** Ventana de ingreso de datos generales

En la interfaz de usuario se muestra en todo momento un mensaje que dice que realizando el sistema, por ejemplo abriendo el osciloscopio, ingreso de parámetros, etc.

En la segunda etapa de la interfaz se le permite al usuario seleccionar las pruebas a realizar. Por decisión de la empresa estas se han agrupado en seis secciones. Las pruebas de tensión se pueden realizar una independiente de la otra. Las pruebas de tiempo se realizan en grupo solamente diferenciadas por el tipo de circuito ya sea capacitivo e inductivo, ya que no tiene sentido que el sistema tenga la capacidad de

calcular las cuatro mediciones de tiempo en una sola medición y solo se seleccione una de ellas.

Las pruebas de velocidad de operación y tiempo de cerrado se ejecutan al mismo tiempo a la hora de seleccionarlasy ya que parten de la misma medición. Una vez seleccionada la prueba e ingresados los parámetros solicitados para cada evaluación, el proceso comienza únicamente cuando el usuario inicia la prueba, lo que le da oportunidad al usuario de corregir algún dato ingresado. Mediante el sistema se pueden seleccionar una o más evaluaciones, el sistema tiene capacidad de realizar una prueba, y continuar con la siguiente.

**SYLVANIA** Where innovation comes to light

**ENGINEERING DEPARTMENT**

Test general data | Selection of electrical test | Test results

**Speed Operation & Closed Time**

Speed and Closed Time(CAP)

Application Voltage (V) Test takt time (s)

0 0

**Leag Circuit Test**

Time test CAP

Application Voltage (V) Test takt time (s)

0 0

**Inductive Circuit Test**

Time test (IND)

Application Voltage (V) Test takt time (s)

0 0

**Non Reclosure Voltage (NRV CAP)**

Non Reclosure Voltage (NRV CAP)

Application Voltage (V) Short Circuit Voltage

0 0

**Non Reclosure Voltage (NRV IND)**

Non Reclosure Voltage (NRV IND)

Application Voltage (V) Short Circuit Voltage (V)

0 0

**Closure Voltage (CLS V CAP)**

Closure Voltage ( CLS V CAP)

Application Voltage (V) Short Circuit Voltage (V)

0 0

**INICIA PRUEBA** **SALIDA**

Figura 6.2 Ventana para la selección de la prueba.

Una vez que el sistema realiza la prueba selecciona se muestran los resultados correspondientes en una tercera pantalla. Automáticamente los resultados de la prueba son guardados en un archivo, además se guardan los datos generales, el valor de la temperatura y la humedad relativa del sistema.

El usuario en este punto puede terminar el proceso de prueba presionando el botón de salida, o puede realizar otras evaluaciones si así lo requiere.

Parameter	Value
Dead Time CAP (s)	0
Dead Time IND (s)	0.013
Closure Time CAP (s)	0
Closure Time IND (s)	0.893
Glow Time CAP (s)	0
Glow Time IND (s)	0.88
Start time CAP (s)	0
Start time IND (s)	6.881
Closed Time (s)	0
Speed Operation	0
NRV CAP (V)	0
NRV IND (V)	0.0
CLS V CAP (V)	0.0

Pass Closed Time:

Pass Speed Operation:

Buttons: INICIA PRUEBA, SALIDA

Figura 6.3 Ventana de resultados de las pruebas.

El archivo en el cual se guardan los resultados esta almacenado en la computadora bajo el nombre datos.csv<sup>25</sup>. Este archivo esta tabulado de manera que cada prueba quede registrada por medio de la fecha del día que se ejecuto y la hora. El formato en que se guardan los datos es una especificación para poder realizar una base de datos en el futuro.

<sup>25</sup> De las siglas del inglés *commas separated values*.

En la figura 6.3 se muestra los resultados de realizar la prueba de tiempos en circuito inductivo, los datos son mostrados al usuario, y los demás espacios se ocultan.

Las pruebas que por normativa de la IEC se puedan resolver con los resultados obtenidos, como la velocidad de operación y el tiempo de cerrado. En estas condiciones se muestra al usuario si el arrancador pasa o no pasa la prueba.

### 6.1.2 Resultados de las pruebas realizadas

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas a un arrancador tipo GB46, conectado a un balastro de 220V, 60Hz, 20W.

Las pruebas se realizaron en cuatro ocasiones bajo las mismas condiciones, para comprobar la veracidad de los resultados obtenidos.

Los datos generales de las pruebas no son suministrados para exponerlos en el proyecto, ya que los datos incluyen los tipos y las proporciones de los gases utilizados, y los materiales utilizados, por lo tanto se consideran confidenciales para el departamento de investigación y desarrollo.

**Tabla 6.1** Resultados de pruebas de tiempos para un arrancador GB46.<sup>26</sup>

Tipo de prueba	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio de resultados
Tiempo muerto IND	0.013s	0.013s	0.013s	0.013s
Tiempo de ionización IND	0.893s	0.889s	0.895s	0.892s
Tiempo de cerrado IND	0.881s	0.888s	0.886s	0.885s
Tiempo de encendido IND	6.88s	6.91s	6.92s	6.903s

**Tabla 6.2** Resultados de pruebas de tiempos para un arrancador GB46.<sup>27</sup>

Tipo de prueba	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio de resultados
Tiempo muerto CAP	0.020s	0.019s	0.021s	0.02s
Tiempo de ionización CAP	0.703s	0.702s	0.669s	0.691s
Tiempo de cerrado CAP	0.502s	0.501s	0.486s	0.596s
Tiempo de encendido CAP	7.30s	7.31s	7.42s	7.343s

<sup>26</sup> Prueba realizada 17/01/06 en el laboratorio de investigación y desarrollo de Sylvania S.A.

<sup>27</sup> Prueba realizada 17/01/06 en el laboratorio de investigación y desarrollo de Sylvania S.A.

**Tabla 6.3** Resultados de tensión de recierre y tensión de cierre arrancador GB46.<sup>28</sup>

Tipo de prueba	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio de los resultados
NRV IND	140V	140V	140V	140V
NRV CAP	152V	150V	149V	150.3V
CLS V	180V	181V	180V	180V

Con los resultados obtenidos se observa que el sistema al repetir una prueba conserva la veracidad de los resultados. Esto significa que el algoritmo que ejecuta la evaluación de las pruebas funciona correctamente y logra evaluar un arrancador bajo las mismas condiciones.

Hay que tener presente que por las características físicas y eléctricas de los arrancadores estos pierden sus características cada vez que funcionan o se alimentan. Los arrancadores con el tiempo cambian sus condiciones y esto se ve reflejado en los resultados

En la tabla 6.4, se muestra una comparación entre los resultados obtenidos por el sistema automático para pruebas de tensión, y los que se esperan como resultado para un arrancador que funcione correctamente.

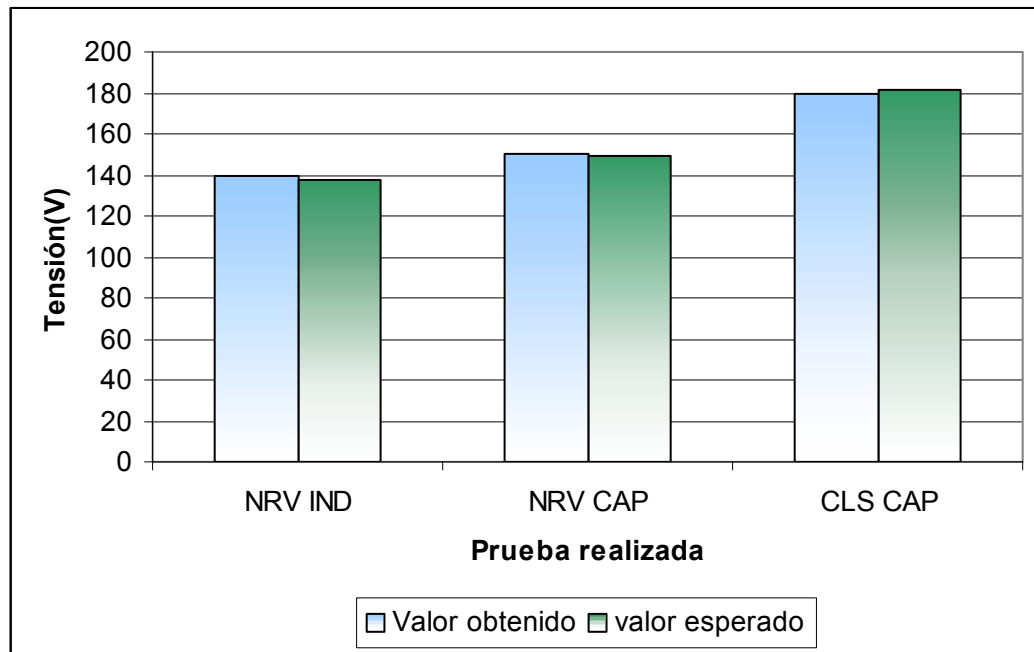
**Tabla 6.4** Valores obtenidos y los esperados para un arrancador GB-46

Tipo de prueba	Valor promedio obtenido	Valor esperado	Porcentaje de error
NRV IND	140V	138V	1.44%
NRV CAP	150.3V	149V	0.87%
CLS V	180V	181V	0.55%

En la figura 6.4 se muestra la comparación de los resultados de la tabla 6.4, los porcentajes de error se encuentran entre los 0.55% y los 1.44% lo cual se considera factible para brindarle validez a los resultados obtenidos.

---

<sup>28</sup> Prueba realizada 18/01/06 en el laboratorio de investigación y desarrollo de Sylvania S.A



Excel

**Figura 6.4** Comparación datos obtenidos y esperados para pruebas de tensión.<sup>29</sup>

Para un arrancador GB-58, los datos obtenidos al realizar las pruebas de tensión son las siguientes.

**Tabla 6.5** Valores de tensión de recierre para un arrancador GB-58.<sup>30</sup>

Tipo de prueba	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio de los resultados
NRV IND	150V	150V	150V	150V
NRV CAP	160V	160V	161V	160.33V
CLS V	180V	181V	180V	180.33V

Al comparar los datos obtenidos con los esperados se obtienen los resultados de la tabla 6.6.

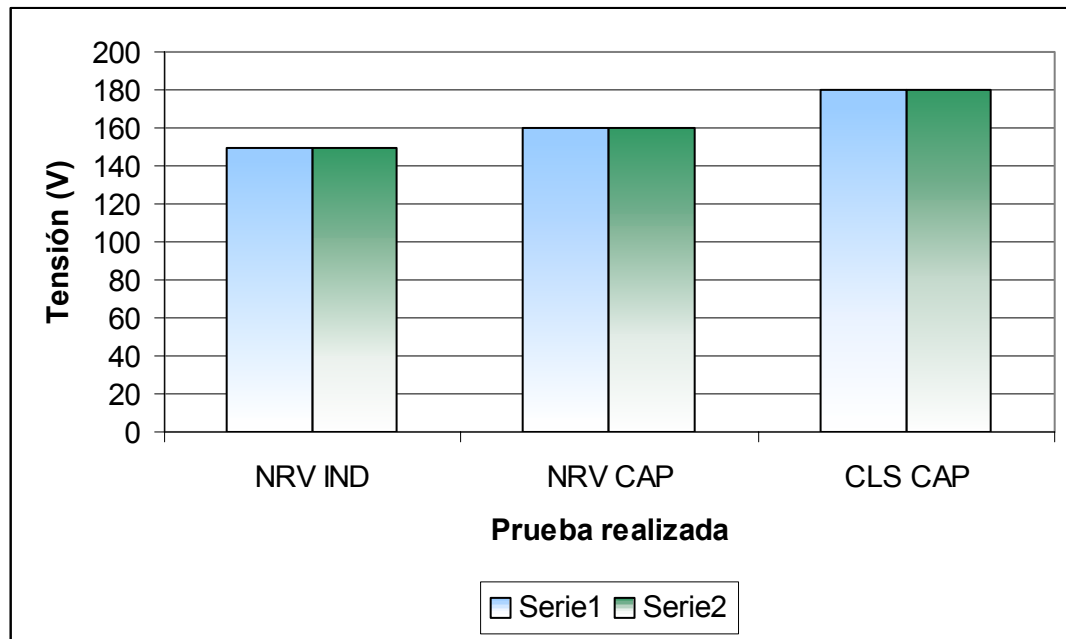
**Tabla 6.6** Valores obtenidos y los esperados para un arrancador GB-58

Tipo de prueba	Valor promedio obtenido	Valor esperado	Porcentaje de error
NRV IND	150V	150V	0%
NRV CAP	160.33V	160V	0.206%
CLS V	180.33V	180V	0.18%

<sup>29</sup> Prueba realizada para un arrancador GB-46, datos obtenidos de la tabla 6.4.

<sup>30</sup> Prueba realizada 18/01/06 en el laboratorio de investigación y desarrollo de Sylvania S.A





Excel

**Figura 6.5** Comparación datos obtenidos y esperados para pruebas de tensión.<sup>31</sup>

La tabla 6.5 muestra que el sistema de pruebas automáticas implementado esta en capacidad de poder realizar las de tensión para un arrancador GB-58 y poder obtener resultados válidos de las evaluaciones.

Los datos generados por el sistema son guardados en el archivo específico en el cual se guardan los resultados de forma consecutiva. Estos datos se organizan por fecha.

<sup>31</sup> Prueba realizada para un arrancador GB-46, datos obtenidos de la tabla 6.5.

## 6.2 Sistema de control automático de la señal de tensión

A continuación se muestran los valores de tensión obtenidos al realizar el proceso de control de la señal de tensión. del sistema.

**Tabla 6.7** Valores de tensión del sistema obtenidos y teóricos.

Tensión en el transformador			Tensión de salida del medidor programable			Tensión de salida del divisor		
Valor teórico (V)	Valor Práctico (V)	Error %	Valor teórico (V)	Valor Práctico (V)	Error %	Valor teórico (V)	Valor Práctico (V)	Error %
287	287.1	0.035	10.00	9.57	4.3	5.00	4.98	0.4
240	240.1	0.041	7.99	7.97	0.25	4.00	3.99	0.25
200	200.7	0.35	6.69	6.66	0.44	3.41	3.43	0.58
140	140.4	0.28	4.68	4.66	0.42	2.33	2.32	0.42
110	110.2	0.2	3.67	3.65	0.54	1.85	1.84	1.08
50	50.7	1.4	1.68	1.67	0.059	0.84	0.83	0.11
2	2.2	10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	2.56

En la tabla 6.1 se observa que el máximo error es de 10% y el mínimo es de 0%, por lo que la relación de las condiciones de la señal de tensión se cumplen satisfactoriamente.

El margen de error más amplio se da a la mínima tensión pero no preocupa para el funcionamiento del sistema, ya que el valor de tensión mínima 0V es un valor de tensión que no se utiliza para realizar ninguna de las evaluaciones

Para comprobar el control que se tiene de la tensión del sistema con respecto al valor de tensión que se ingresa por parte del usuario. El valor de tensión que el usuario ingresa se llama consigna y es el valor al que el sistema debe colocar automáticamente la tensión para cada evaluación.

En la tabla 6.8 se muestra se muestra una comparación entre diferentes valores de tensión ingresados desde la pantalla principal. Estos valores se comparan con la tensión que se mide en el medidor programable, y con el valor de tensión que envía el sistema vía puerto serie de la tensión actual del sistema.

Según los datos de la tabla 6.8 se calcula el error entre el valor consigna y la tensión actual del sistema, se observa que el sistema de control es estable , además que se comprueba la relación lineal entre los diferentes dispositivos que se utilizan para controlar la tensión del sistema.

**Tabla 6.8** Valores obtenidos al realizar el control automático de la tensión

Valor de consigna (V)	Valor de tensión Leído en el PAXHCDL (V)	Valor de tensión actual Leído desde puerto serie (V)	Porcentaje de Error (%)
10	10.6	10	6
20	20.6	20	3
30	31.1	30	3.66
40	40.7	40	1.75
50	51.2	50	2
60	60.8	60	1.33
70	70.3	70	0.42
80	80.9	80	1.12
90	90.6	90	0.66
100	100.7	100	0.70
120	120.2	120	0.16
140	140.2	140	0.14
160	161.0	160	0.62
180	181.0	180	0.55
200	200.5	200	0.25
220	220.9	220	0.40
240	240.8	240	0.33

En la tabla 6.8 se observa que el máximo error obtenido al controlar al tensión es de 6%, y los demás valores de error se pueden considerar despreciables.

En esta tabla el máximo valor mostrado es de 240 V, debido a que es el máximo valor de tensión que puede requerir cualquiera de las pruebas eléctricas que se realicen con el sistema.

### 6.3 *Hardware del sistema*

Para implementar el hardware del sistema, además de lo que tiene relación con el alambrado del microcontrolador, es importante describir como se llevo a cabo la implementación del sistema prototipo.

El sistema se montó dentro de una caja metálica blindada, estas cajas se utilizan en la empresa para realizar los diferentes equipos que se diseñan. A esta caja se le realizaron agujeros para poder comunicar al sistema con el exterior. Al sistema se le debe conectar a las siguientes líneas de alimentación como entradas.

- 120 VAC, 60 Hz, para alimentar la fuente que genera 24 VCD, el medidor programable, y para alimentar el control digital del transformador.
- 240 VAC, 60Hz, para alimentar el transformador variable.

Se han dispuesto una serie de fusibles respetando la corriente de salida y entrada de cada etapa, de esta manera se logra proteger el sistema por alguna sobrecarga.

Además se conecta las siguientes líneas:

- Cable para comunicación serial RS-232.
- Tensión variable proveniente de la salida del transformador.
- Cable blindado para llevar las señales de control del microcontrolador al motor.

El sistema cuenta con una serie de conectores tipo BNC, los cuales quedan dispuestos en el sistema para conectar los componentes del circuito de prueba. Además se utiliza este mismo sistema para conectar las puntas del osciloscopio al sistema (amperímetro y voltímetro). Con esto se logra que el circuito de prueba quede conectado de forma permanente y la configuración del circuito se realice por el microcontrolador por medio de los relés de forma automática.

El sistema tiene un visualizador para que el operario pueda conocer el valor de la tensión en todo momento.

El sensor del sistema se encuentra en una estructura especializada, ya que aunque se encuentra en la caja, no se encuentra aislado del medio ambiente, por medio de una malla metálica se asegura que este dispositivo tenga contacto con las variables a medir.

Las señales que se manejan en el interior de la caja se realizan con cables blindados, para reducir las distorsiones que existen en las señales de alimentación, y estas no incluyan en las señales de control.



**Figura 6.6** Sistema de prototipo de pruebas

Con la implementación del sistema se logra que el operario no tenga que buscar, seleccionar, conectar cada componente del circuito de prueba cada vez que realiza una prueba, solamente con seleccionar una prueba específica, se logra que la prueba se realice de forma automática, siempre bajo la misma condición de evaluación y bajo el mismo criterio. Además se permite que los resultados de las queden guardados de forma automática.

## Capítulo 7: Conclusiones

Este capítulo resume los principales beneficios obtenidos como consecuencia de haber desarrollado el sistema de prueba propuesto.

1. El sistema implementado permite realizar las pruebas de tensiones de forma automática, como el NRV CAP, NRV IND, CLS V CAP para un arrancador de tipo GB-46 y GB-58, obteniendo parámetros válidos según los valores esperados al momento de realizar las pruebas.
2. El sistema permite probar de forma automática un arrancador tipo GB-46 y GB-58 para determinar los parámetros correspondientes al tiempo muerto, tiempo de ionización, tiempo de cierre, tiempo de encendido; tanto para circuitos capacitivos como inductivos.
3. Mediante el sistema se puede determinar el valor de la temperatura y la humedad relativa del medio en el que se realizan las pruebas. Estos valores son guardados en conjunto con los datos de la pruebas para determinar la validez de las pruebas según la norma IEC 155.
4. El sistema permite una temporización adecuada para realizar incrementos y decrementos de tensión de 1V/s, valor requerido para realizar pruebas de tensión.
5. El sistema guarda los datos de cada prueba, incluyendo los datos generales, los resultados , los datos de variables físicas y la fecha y la hora exacta en que se realizaron las pruebas.

## Capítulo 8: Recomendaciones

A continuación se incluyen una serie de recomendaciones para que el sistema prototipo funcione adecuadamente y se obtengan mayores beneficios en el futuro.

1. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de pruebas y ejecutarlo una vez por semana.
2. Crear una base de datos de parámetros para cada tipo de arrancador. Con la cual en el futuro se puedan evaluar todos los modelos de arrancadores que se producen en la empresa, y de esta forma poder evaluar los distintos tipos. Además con una base de datos se permite que para nuevos modelos solo se ingresen sus parámetros respectivos, y el sistema funcione adecuadamente.
3. Utilizar una fuente de alimentación adecuada. para la punta de tensión debido a que utiliza 4 baterías AA, que se desgastan muy rápidamente y si estas baterías están bajas las lecturas son erróneas. Esta condición debe incluirse como parte del plan preventivo.

## Bibliografía

- 1 Boylestad, Robert L. "Fundamentos de electrónica" 4ta Ed., México, Prentice - Hall. 1998.
- 2 Cobine, J.D. "Gaseous Conducctors". 1a ed., New York, 2002
- 3 Kuo, Benjamin C, "Sistemas de control automático".7ma.Ed, México, Pearson Educación,1996.
- 4 Maloney, Timothy J. "Electrónica Industrial: Dispositivos y sistemas."1era Ed, México, Prentice -Hall. 1997.
- 5 Ogata, Katsuhiko. "Dinámica de sistemas". 2da Ed, México, Prentice may,1987.
- 6 Piña Contreras, Gustavo, Manual descripción de las pruebas eléctricas,.2002.
- 7 International Electrotechnical Commision, IEC 155:1993, Cuarta edición,1993.
- 8 <http://www.superiorelectric.com/ShowLiterature.phpSection=Literature&Product>
- 9 <http://www.superiorelectric.com/ShowLiterature.phpSection=Literature&Product>
- 10 [http://www.humirel.com/Humidity\\_temperature\\_sensors.php](http://www.humirel.com/Humidity_temperature_sensors.php)
- 11 [www. Cel.com](http://www.Cel.com)
- 12 [www.redlion.com](http://www.redlion.com)
- 13 [www.national.com](http://www.national.com)
- 14 <http://www.picotech.com/document/brochures.html#ps3000>



## Apéndices

## **A.1 Glosario, abreviaturas y simbología**

IEC: De las siglas del ingles en International Electrotechnical Comisión

SPC: De las siglas en ingles *Statistical Process Control*

PC: Computadora personal

I/O: entradas/salidas.

PIC: Microcontrolador de Microchip

## **A.2 Información sobre la empresa**

Sylvania S.A es una sólida compañía multinacional en constante crecimiento, avocada a la innovación y la excelencia de sus productos. Esta empresa esta certificada con las normas ISO-9001 e ISO-14001, y tiene como misión ser el proveedor de iluminación número uno en calidad, innovación y servicio al cliente.

En un inicio esta empresa se llamó TEL (Trabajos Eléctricos) y pertenecía al señor Max Koberg (1964). A partir de 1967 pasó a formar parte de la Corporación GTE SYLVANIA S.A, pero desde enero de 1993, se integró a un nuevo consorcio llamado SYLVANIA LIGHTING INTERNATIONAL (SLI), el cual posee operaciones en Europa, Australia, Asia y América Latina con seis marcas internacionales: SYLVANIA, CLAUDE, CONCORD, LINOLITE, LUMIANCE y LEDAUPHIN.

La representación en América se encuentra en Fort Lauderdale, Estados Unidos y Costa Rica que tiene la representación para Centro América, México y Panamá. De nuestra región se exportan diversos productos de iluminación a mercados norteamericanos, europeos y asiáticos entre otros.

Sylvania Costa Rica opera con un total de 481 empleados entre ingenieros, personal administrativo y operarios de las líneas de producción. Esta empresa se dedica, principalmente a la producción de arrancadores para fluorescentes. La empresa consta de tres plantas productivas que son las siguientes:

- Departamento Trece: En este departamento se producen los arrancadores que es el principal componente de un arrancador.
- Departamento de arrancadores: En este departamento se ensamblan arrancadores, estos dispositivos permiten elevar la tensión para poder encender los tubos fluorescentes.
- Departamento de luminarias: Produce luminarias para lámparas fluorescentes, incandescentes, de mercurio, sodio.

El proyecto se desarrolla específicamente en el Departamento de Investigación y Desarrollo, el cual forma parte del departamento de ingeniería. Este departamento está formado por 33 empleados de los cuales 6 son ingenieros eléctricos y 2 ingenieros en electrónica. Entre las actividades que realiza este departamento se encuentra, el planeamiento, desarrollo, coordinación y control de prácticas de manufactura y procesos. Además se realiza el mantenimiento del equipo eléctrico como del equipo encargado de fabricar los arrancadores. Este departamento dispone de recursos especializados tanto en la parte de personal como de equipo, con el fin de realizar un estricto control de los parámetros que deben de cumplir los distintos tipos de arrancadores para fluorescentes que fabrica la empresa.

## **Anexos**

## **Anexo A.1 Hojas de datos transformador variable POWERSAT 236BT**

Dispositivo: Transformador variable

Modelo: POWERSAT 236BT

Fuente:

<http://www.superiorelectric.com/ShowLiterature.php?Section=Literature&Product>

## 136B-236B series

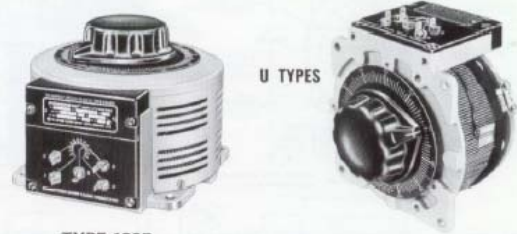
POWERSTAT Variable Transformers of the 136B-236B Series are available in single and three phase, manually operated and motor-driven assemblies. The 136B Series operates from 120 volt lines and the 236B Series from 240 volt lines. The rated output for constant current loads is 22 amperes for the 136B Series and 10 amperes for the 236B Series. For a constant impedance load the maximum rated output current at line voltage is 28 amperes for the 136B Series and 13 amperes for the 236B Series. POWERKOTE coils are featured on all units of the 136B-236B Series.

POWERSTAT Variable Transformers of the 136B-236B Series can be operated at any frequency between 50 and 2000 hertz. Figure A shows the reduction in allowable output current for operation higher than rated frequency. Figure B shows the regulation curves for types of the 136B-236B Series operating at full load current. Voltage drop is shown for any brush setting when full load is applied. For less than full load the voltage drop is proportional to the load. Driving torque, d-c resistance per coil and maximum core and brush loss when operating under no load are given in the chart. The shaft can be adjusted for general utility or back-of-panel mounting. Manually operated units have standard dials graduated 0-100. Terminal connections permit increasing output voltage with either clockwise or counter-clockwise rotation of the knob. The angle of rotation from zero to maximum output voltage is 316°.

Plug-in units have the same ratings as types 136B and 236B but offer the convenience of input cord-plugs, fuses and output receptacles housed in cast aluminum terminal enclosures. They can be converted to limit the output voltage to line voltage. Plugs and receptacles are shown in the outline for cord and plug types on page 21. Fused units of the 136B Series have 25 ampere fuses and those of the 236B Series have 10 ampere fuses.

Open construction units have the letter U suffix in the type number and the same electrical ratings and coil to terminal wiring as their corresponding enclosed construction models. They have no protective screening. Knobs can be placed at the base end for back-of-panel mounting because the shaft is removable.

POWERSTAT Variable Transformers of the 136B-236B Series are available in two- and three-gang assemblies in either enclosed or open construction. Most ganged units are provided with jumpers in the standard common position that may be moved or removed as desired.



TYPE 136B



MOTOR-DRIVEN  
SCREENED TYPES

Two- and three-gang assemblies of the 136B-236B Series connected for parallel operation to increase their current carrying capacity require chokes to insure equal division of load. Order choke type T5000B for two-gang assemblies and type T5579B for three-gang assemblies.

All except plug-in units in the 136B-236B Series are available with motor drives in standard speeds of 5, 15, 30 or 60 seconds for full range travel. Motor-driven models have an MD prefix in the type number and the identical electrical ratings of their corresponding manually-operated types. The motor is rated for an input of 120 volts, 50/60 hertz single phase with a current requirement of approximately 0.3 ampere. Stand-offs are provided for bench mounting and slotted brackets for against-the-wall mounting. When ordering, motor-driven units should be prefixed with the desired speed in seconds. For example: 5MD136B.

TYPE†	Approximate Driving Torque		No-Load Loss at 60 Hertz (Watts)	D-C Resistance per Coil* (Ohms)
	Oz-In	KpCm		
136B	30-50	2.2-3.6	15	0.27
136B-2	70-90	5-6.5	30	0.27
136B-3	110-140	7.9-10.1	45	0.27
236B	30-50	2.2-3.6	15	1.7
236B-2	70-90	5-6.5	30	1.7
236B-3	110-140	7.9-10.1	45	1.7

\*Measured from start to end of winding.

†Data also applies to units having applicable prefixes and suffixes.



T TYPES



CORD-PLUG TYPES



MOTOR-DRIVEN U TYPES

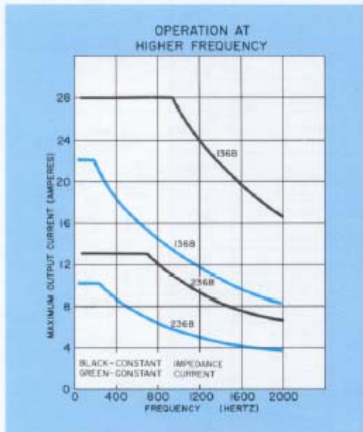


FIGURE A

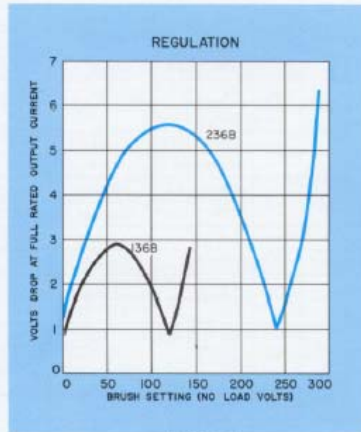


FIGURE B

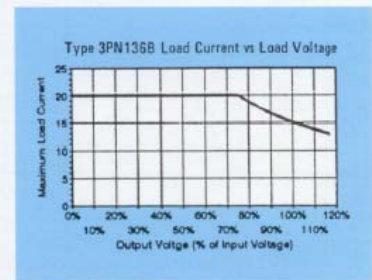
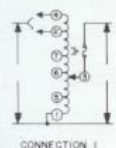
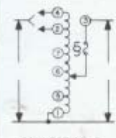


FIGURE C

TYPE	CONNECTION	INPUT		OUTPUT				KNOB ROTATION	TERMINALS				
		VOLTS	HERTZ	CONSTANT CURRENT LOAD		CONSTANT IMPEDANCE LOAD			KNOB ON RADIATOR END		KNOB ON BASE END		
				VOLTS	MAX. AMP.	MAX. KVA	MAX. AMP.		MAX. KVA	INPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT
136B MD136B† 136BT MD136BT† 136BU MD136BU‡	#1	120	50/60	0-120	22	2.6	28	3.4	CW	1-4	1-3	1-4	3-4
				0-140	22	3.1	—	—	CCW	1-4	3-4	1-4	1-3
				0-120	22	2.6	28	3.4	CW	1-2	1-3	4-5	3-4
				0-140	22	3.1	—	—	CCW	4-5	3-4	1-2	1-3
F136B MDF136B†	#2	120	50/60	0-120	22	2.6	28	3.4	CW	1-4	1-3	1-4	1-3
				0-140	22	3.1	—	—	CCW	1-2†	1-3	4-5	3-4
				0-120	22	2.6	28	3.4	CW	1-4	1-3	1-4	1-3
				0-140	22	3.1	—	—	CCW	4-5	3-4	1-2	1-3
3PN136B**	#2	120	50/60	0-120	20	1.8	—	—	CW	1-4	1-3	1-4	3-4
				0-140	20	1.8	—	—	CCW	1-4	3-4	1-4	1-3
				0-120	20	1.8	—	—	CW	1-2†	1-3	4-5	3-4
				0-140	20	1.8	—	—	CCW	4-5	3-4	1-2	1-3
236B MD236B† 236BT MD236BT† 236BU MD236BU‡	#1	240	50/60	0-240	10	2.4	13	3.1	CW	1-4	1-3	1-4	3-4
				0-280	10	2.8	—	—	CCW	1-4	3-4	1-4	1-3
		120	50/60	0-280	10*	1.2†	—	—	CW	1-2	1-3	4-5	3-4
				0-280	10*	1.2†	—	—	CCW	4-5	3-4	1-2	1-3
				0-240	10	2.4	13	3.1	CW	1-6	1-3	4-7	3-4
				0-280	10	2.8	—	—	CCW	4-7	3-4	1-6	1-3
F236B MDF236B† 3PN236B	#2	240	50/60	0-240	10	2.4	13	3.1	CW	1-4	1-3	1-4	3-4
				0-280	10	2.8	—	—	CCW	1-4	3-4	1-4	1-3
		120	50/60	0-280	10*	1.2	—	—	CW	1-2†	1-3	4-5	3-4
				0-280	10*	1.2	—	—	CCW	4-5	3-4	1-2	1-3
				0-240	10	2.4	13	3.1	CW	1-6	1-3	4-7	3-4
				0-280	10	2.8	—	—	CCW	4-7	3-4	1-6	1-3



CONNECTION 1



CONNECTION 2

\*Maximum output current in output voltage range up to 150 volts. At higher output voltages, output current must be reduced according to rating curve Figure B on page 4.

†Maximum KVA at maximum output voltage. Maximum KVA at lower output voltages may be calculated from rating curve Figure B on page 4.

‡Motor-driven types use connections for CW rotation, knob on radiator end.

§Fuse supplied: 25 ampere on 136B types, 10 ampere on 236B types.

¶Cord-and-plug units wired this way when shipped.

136B TYPES DO NOT HAVE TERMINALS 6 OR 7  
CONNECTIONS SHOWN ARE FOR CW KNOB ROTATION, KNOB ON



## **Anexo A.2 Hojas de datos controlador digital con motor ajustable DM217CT**

Dispositivo: Controlador digital con motor ajustable

Modelo: DM217CT

Fuente:

<http://www.superiorelectric.com/ShowLiterature.php?Section=Literature&Product>

## MOTOR DRIVEN TYPES

Motor-driven units have the same electrical ratings as their corresponding manually-operated types. The motor-drive is a compact integral unit mounted on top of the assembly. On screened models, the motor-drive assembly is enclosed and is provided with knockouts for cable or conduit connections. The permanent magnet SLO-SYN Synchronous Motor operates on 120 volt, 50/60 hertz single phase lines. Because synchronous motors are frequency sensitive they operate slightly slower at 50 hertz.

For full range travel from zero to maximum output voltage, standard motor-driven models are available in speeds of 5, 15, 30 and 60 seconds at 60 hertz or 6, 18, 36 and 72 seconds at 50 hertz. A smooth, quiet planetary gear unit is used for reduction from the motor to the POWERSTAT Variable Transformer shaft. Limit switch control at the lower and upper limits of travel prevents overtravel. The limit switches may be adjusted if desired. The motor circuit diagram is shown in Figure A.

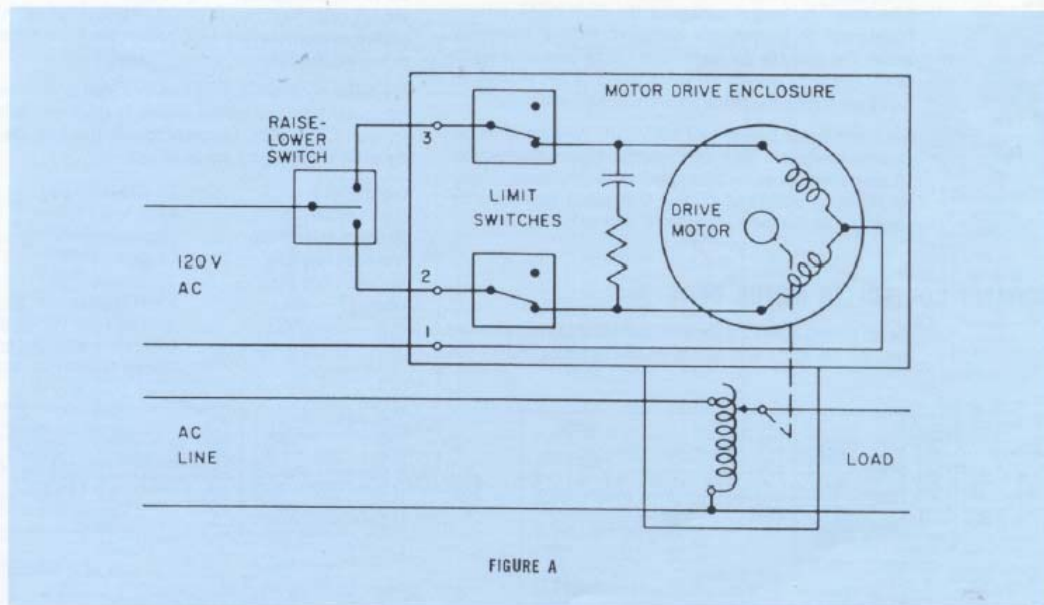


FIGURE A

### RAISE-LOWER SWITCH

The standard method of controlling a motor-driven POWERSTAT Variable Transformer is with a momentary contact raise-lower switch of either the lever-action or the pushbutton type. A lever-action vitch, catalog number 14096-000, is recommended for this use. The switch is supplied with an indicator plate and mounts in a stand-

ard 2 inch (50.8mm) deep switchbox. Any standard switchplate can be used.

Ordinarily, one switch is used to operate each POWERSTAT Variable Transformer as shown in Figure A. If desired, additional switches can be provided to permit control from any of several locations. Master control of two or more motor-driven units is also possible using relays or multiple-pole switches.

# ADJUSTABLE SPEED/ DIGITAL CONTROL



TYPE DM217CT

DM Series Adjustable Speed/Digitally Controlled Motor Drives are available on all POWERSTAT Variable Transformers in the 1kVA (116C-216C), 2kVA (126-226), 3kVA (136B-236B) and 4kVA (146-246) Series and on 5kVA (1156D-1256D) series units up to 6-deck. The drives operate from 120 volt, 50, 60 or 400 hertz lines and permit the output voltage of the variable transformers to be controlled over the full range of zero to maximum output voltage. Models for 240 volt service are also available and are identified with a letter X in the type number. For example, DM136BTX-2. Terminal blocks and knockouts are provided for making the external control and power connections. Motor drive enclosures on all 1kVA, 2kVA and 3kVA units are one inch higher than on equivalent standard motor-driven models while those on 5kVA units are two inches higher. Height of the motor drive enclosure on 4kVA models does not change.

Connections for the controls require low-voltage wiring only. Depending on the model ordered, the DM Series motor drive operates on either 120 volt or 240 volt, single-phase service at frequencies of 50, 60 or 400 hertz. Limit switches at the upper and lower limits of variable transformer travel prevent overtravel.

When ordering POWERSTAT Variable Transformers with Adjustable Speed/Digitally Controlled motor drives, prefix the manual type number with the letters "DM". For example: type DM136B-3. Types are available in cataloged 120, 208, 240, 480 and 575 volt, single and three-phase assemblies.

## ADJUSTABLE SPEED MOTOR DRIVE



When used as an adjustable speed motor drive, a DM Series drive allows the output voltage of the POWERSTAT Variable Transformer to be remotely controlled from a raise-lower switch. The speed of the motor drive can be controlled with a potentiometer to provide any speed from 5 to 200 seconds for full range travel. All control circuitry is solid-state.

Adjustable Speed Control type 65455-001, available as an accessory, provides a 500K ohm, reverse taper potentiometer for controlling the motor drive speed and a raise-lower, center-off switch for directional control. The control must be listed separately on the purchase order, if desired.

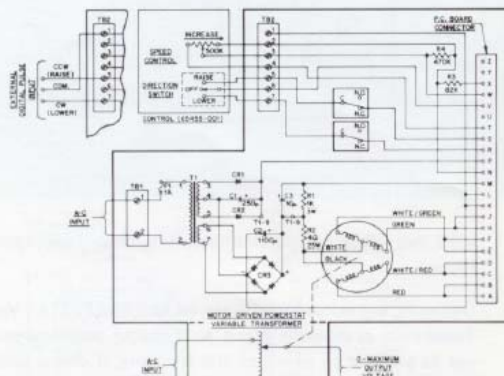
## DIGITALLY CONTROLLED MOTOR DRIVE

Digital control allows the variable transformer to be controlled over the full range with pulses or square waves. Pulses can

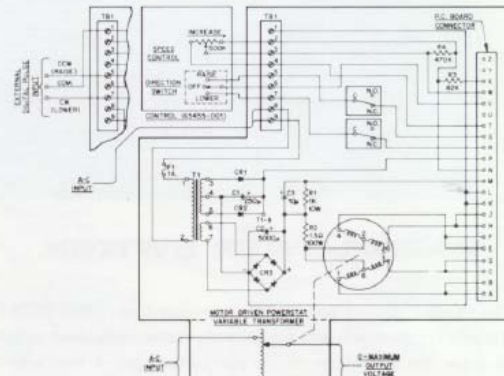
be programmed to increase or decrease the output voltage proportionally with a resolution ranging from approximately 0.5 volt to 2 volts, depending on model selected. Control over the full range from zero to maximum output voltage is accomplished in approximately 1200 pulses. Maximum speed is 250 pulses per second.

The motor drive will be triggered by a change in voltage from logic level 1 to logic level 0 applied to the proper pulse input terminal (CW or CCW). Complete specifications for the triggering pulse requirements are as follows.

Logic Level 1	2.4 VDC to 5.5 VDC
Logic Level 0	0 VDC to 0.4 VDC
Minimum Pulse Width	10 microseconds
Maximum Fall Time	1 microsecond
Maximum Rise Time	10 microseconds
Loading	5 milliamperes max. With an open collector TTL device, a 4.7K ohm $\pm$ 10% pull-up resistor to 5 volts is required.



CONNECTION DIAGRAM  
1 THRU 4 KVA POWERSTAT VARIABLE TRANSFORMERS  
WITH DM SERIES MOTOR DRIVE



CONNECTION DIAGRAM  
5 KVA POWERSTAT VARIABLE TRANSFORMERS  
WITH DM SERIES MOTOR DRIVE

### **Anexo A.3 Hojas de datos del sensor de temperatura y RH, HTM1735-ND**

Dispositivo: Sensor de temperatura y humedad relativa

Modelo: HTM1735-ND

Fuente: [http://www.humirel.com/Humidity\\_temperature\\_sensors.php](http://www.humirel.com/Humidity_temperature_sensors.php)

## Advance Information

**HTM1735**

Compliant with RoHS recommendations

**ANALOG VOLTAGE RELATIVE HUMIDITY AND TEMPERATURE MODULE**

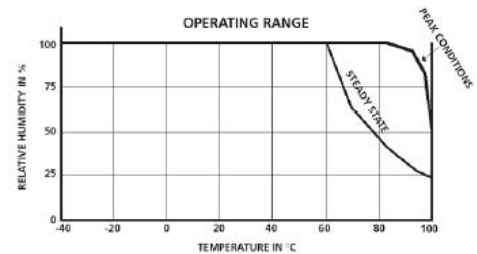
Based on the rugged HS1101LF humidity sensor, HTM1735 is a dedicated humidity and temperature transducer designed for OEM applications where a reliable and accurate measurement is needed. Direct interface with a micro-controller is made possible with the module's humidity linear voltage and direct NTC outputs. HTM1735 is designed for an optimized board to board connection.

**Main features**

- Suitable for direct board assembly
- Product free from Lead, Cr (6+), Cd and Hg
- Not affected by repeated condensations
- Full interchangeability
- High reliability and long term stability
- Typical 1 to 3.6 Volt DC output for 0 to 100% RH at 5 V DC supply
- Humidity calibrated within +/- 2% RH @ 55% RH
- Temperature measurement through NTC 10 k $\Omega$  +/- 3% direct output
- \* Ratiometric to voltage supply within the specified range

**Maximum ratings**

Ratings	Symbol	Value	Unit
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	- 40 to +105	°C
Supply Voltage (Peak)	V <sub>cc</sub>	7	V <sub>dc</sub>
Humidity Operating Range	RH	0 to 100	%RH
Temperature Operating Range	T <sub>a</sub>	-40 to +100	°C
Maximum Output Current (Peak)	I <sub>peak</sub>	5	mA
Maximum Power	P <sub>d</sub>	20	mW


**Electrical characteristics**

 (@T=23°C, @V<sub>cc</sub>=5V, R<sub>L</sub>>1M $\Omega$  unless otherwise noted)

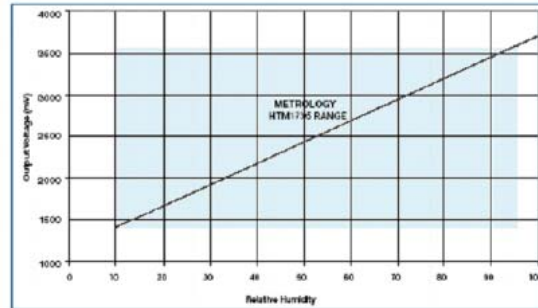
Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Humidity Measuring Range	RH	0		100	%RH
Relative Humidity Accuracy (10% to 95%RH)			±3	±5	%RH
Voltage Supply*	V <sub>cc</sub>	4.75	5	5.25	V <sub>dc</sub>
Nominal Output @55%RH	V <sub>out</sub>	2.42	2.48	2.54	V
Current Consumption	I <sub>cc</sub>		2.8	4	mA
Temperature coefficient (10 to 50°C)	T <sub>cc</sub>		-0.05	-0.1	%RH/°C
Humidity Average Sensitivity	$\Delta$ mV/RH		+26		mV/%RH
NTC nominal output @25°C / Tolerance +/-3%	R	9.7	10	10.3	k $\Omega$
Recovery time after 150 hours of condensation	t		10		s
Humidity hysteresis			+/-1		%RH
Output impedance	Z		70		$\Omega$
Sink current capability (R <sub>L</sub> = 33 kOhms)	I			150	$\mu$ A
Warm up time	t <sub>w</sub>		200		ms
Humidity Resolution			0.4		%RH



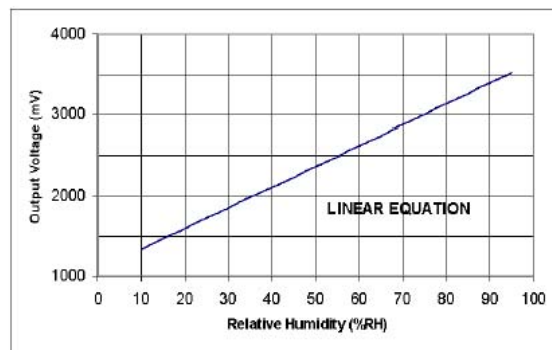
## Advance Information

## Measurement Conditions

- HTM1735 is specified for accurate measurements within 10 to 95 %RH.
- Excursion out of this range (< 10% or > 95% RH, including condensation) does not affect the reliability of HTM1735 characteristics



## HTM1735 Modeled Linear Voltage Output (Vcc=5V)



## Reference Output Values

RH (%)	Vout (mV)	RH (%)	Vout (mV)
10	1325	55	2480
15	1465	60	2605
20	1600	65	2730
25	1735	70	2860
30	1860	75	2990
35	1990	80	3125
40	2110	85	3260
45	2235	90	3405
50	2360	95	3555

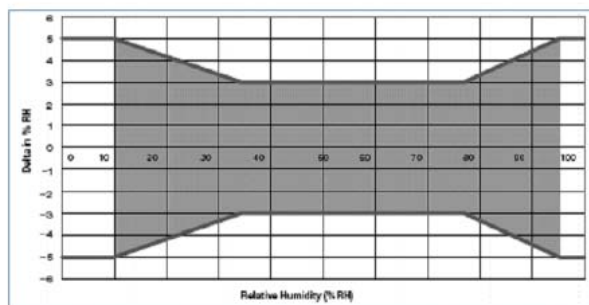
## LINEAR EQUATION

$$V_{out} = 25.68RH + 1079$$

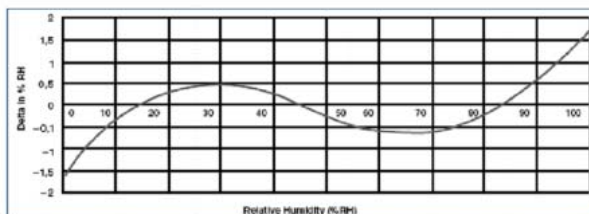
$$RH = 0.03892 V_{out} - 41.98$$

 with  $V_{out}$  in mV and RH in %

## Error Budget Conditions and Linearity Error



HTM1735 ERROR LIMITS



HTM1735 LINEARITY ERRORS

**Anexo A.4 Hojas de datos del regulador de tensión ajustable LM317.**

Dispositivo: Regulador de tensión ajustable

Modelo: LM317

Fuente: [www.national.com](http://www.national.com)

## LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

### General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential volt-

age, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

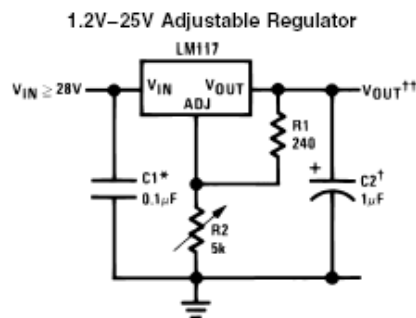
Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

### Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P\* Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

### Typical Applications



009063D1

Full output current not available at high input-output voltages

\*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

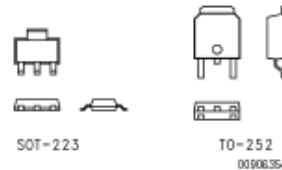
†Optional — Improves transient response. Output capacitors in the range of 1μF to 1000μF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

$$\dagger\dagger V_{OUT} = 1.25V \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}(R2)$$

LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A

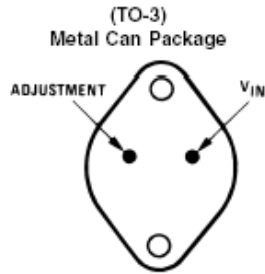
### SOT-223 vs. D-Pak (TO-252) Packages



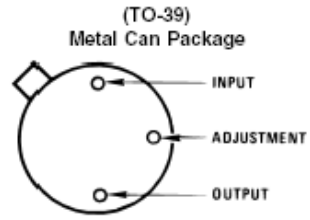
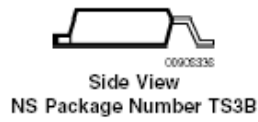
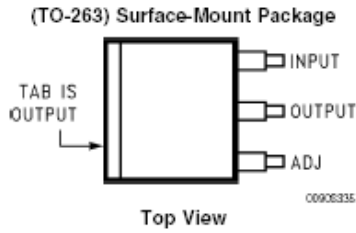
Scale 1:1



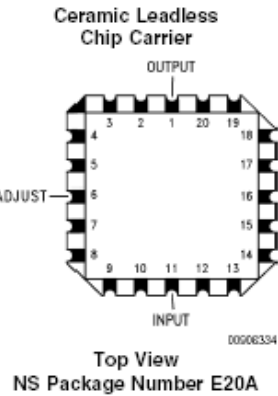
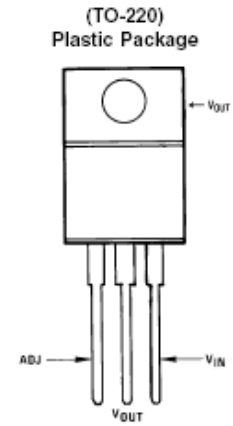
**Connection Diagrams**



Bottom View  
Steel Package  
NS Package Number K02A or K02C



Bottom View  
NS Package Number H03A



**Anexo A.5 Hojas de datos del medidor programable PAXHCDL**

Dispositivo: Medidor de entradas analógicas programable

Modelo: PAXHCDL

Fuente: [www.redlion.com](http://www.redlion.com)

## MODEL PAX – 1/8 DIN ANALOG INPUT PANEL METERS



- PROCESS, VOLTAGE, CURRENT, TEMPERATURE, AND STRAIN GAGE INPUTS
- 5-DIGIT 0.56" RED SUNLIGHT READABLE DISPLAY
- VARIABLE INTENSITY DISPLAY
- 16 POINT SCALING FOR NON-LINEAR PROCESSES
- PROGRAMMABLE FUNCTION KEYS/USER INPUTS
- 9 DIGIT TOTALIZER (INTEGRATOR) WITH BATCHING
- OPTIONAL CUSTOM UNITS OVERLAY W/BACKLIGHT
- FOUR SETPOINT ALARM OUTPUTS (W/OPTION CARD)
- COMMUNICATION AND BUS CAPABILITIES (W/OPTION CARD)
- RETRANSMITTED ANALOG OUTPUT (W/OPTION CARD)
- PC SOFTWARE AVAILABLE FOR METER CONFIGURATION
- NEMA 4X/IP65 SEALED FRONT BEZEL

### GENERAL DESCRIPTION

The PAX Analog Panel Meters offer many features and performance capabilities to suit a wide range of industrial applications. Available in five different models to handle various analog inputs, including DC Voltage/Current, AC Voltage/Current, Process, Temperature, and Strain Gage Inputs. Refer to pages 4 through 6 for the details on the specific models. The optional plug-in output cards allow the opportunity to configure the meter for present applications, while providing easy upgrades for future needs.

The meters employ a bright 0.56" LED display. The unit is available with a red sunlight readable or a standard green LED. The intensity of display can be adjusted from dark room applications up to sunlight readable, making it ideal for viewing in bright light applications.

The meters provide a MAX and MIN reading memory with programmable capture time. The capture time is used to prevent detection of false max or min readings which may occur during start-up or unusual process events.

The signal totalizer (integrator) can be used to compute a time-input product. This can be used to provide a readout of totalized flow, calculate service intervals of motors or pumps, etc. The totalizer can also accumulate batch weighing operations.

The meters have four setpoint outputs, implemented on Plug-in option cards. The Plug-in cards provide dual FORM-C relays (5A), quad FORM-A (3A), or either quad sinking or quad sourcing open collector logic outputs. The setpoint alarms can be configured to suit a variety of control and alarm requirements.

Communication and Bus Capabilities are also available as option cards. These include RS232, RS485, Modbus, DeviceNet, and Profibus-DP. Readout values and setpoint alarm values can be controlled through the bus. Additionally, the meters have a feature that allows a remote computer to directly control the outputs of the meter. With an RS232 or RS485 card installed, it is possible to configure the meter using a Windows® based program. The configuration data can be saved to a file for later recall.

A linear DC output signal is available as an optional Plug-in card. The card provides either 20 mA or 10 V signals. The output can be scaled independent of the input range and can track either the input, totalizer, max or min readings.

Once the meters have been initially configured, the parameter list may be locked out from further modification in its entirety or only the setpoint values can be made accessible.

The meters have been specifically designed for harsh industrial environments. With NEMA 4X/IP65 sealed bezel and extensive testing of noise effects to CE requirements, the meter provides a tough yet reliable application solution.

### SAFETY SUMMARY

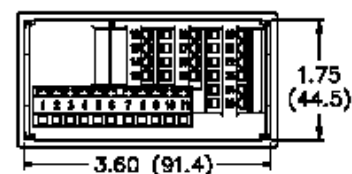
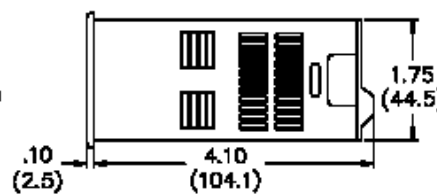
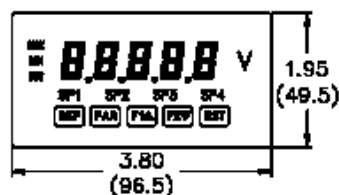
All safety related regulations, local codes and instructions that appear in this literature or on equipment must be observed to ensure personal safety and to prevent damage to either the instrument or equipment connected to it. If equipment is used in a manner not specified by the manufacturer, the protection provided by the equipment may be impaired.

Do not use this unit to directly command motors, valves, or other actuators not equipped with safeguards. To do so can be potentially harmful to persons or equipment in the event of a fault to the unit.



### DIMENSIONS In inches (mm)

Note: Recommended minimum clearance (behind the panel) for mounting clip installation is 2.1" (53.4) H x 5.0" (127) W.



# GENERAL METER SPECIFICATIONS

1. **DISPLAY:** 5 digit, 0.56" (14.2 mm) red sunlight readable or standard green LEDs, (-19999 to 99999)

2. **POWER:**

AC Versions:

AC Power: 85 to 250 VAC, 50/60 Hz, 15 VA  
Isolation: 2300 Vrms for 1 min. to all inputs and outputs.

DC Versions (Not available on PAXH):

DC Power: 11 to 36 VDC, 11 W  
(derate operating temperature to 40° C if operating <15 VDC and three plug-in option cards are installed)

AC Power: 24 VAC, ± 10%, 50/60 Hz, 15 VA  
Isolation: 500 Vrms for 1 min. to all inputs and outputs (50 V working).

3. **ANNUNCIATORS:**

MAX - maximum readout selected  
MIN - minimum readout selected  
TOT - totalizer readout selected, flashes when total overflows  
SP1 - setpoint alarm 1 is active  
SP2 - setpoint alarm 2 is active  
SP3 - setpoint alarm 3 is active  
SP4 - setpoint alarm 4 is active  
Units Label - optional units label backlight

4. **KEYPAD:** 3 programmable function keys, 5 keys total

5. **A/D CONVERTER:** 16 bit resolution

6. **UPDATE RATES:**

A/D conversion rate: 20 readings/sec.  
Step response: 200 msec. max. to within 99% of final readout value (digital filter and internal zero correction disabled)  
700 msec. max. (digital filter disabled, internal zero correction enabled)  
PAXH Only: 1 sec max. to within 99% of final readout value (digital filter disabled)

Display update rate: 1 to 20 updates/sec.  
Setpoint output on/off delay time: 0 to 3275 sec.  
Analog output update rate: 0 to 10 sec  
Max./Min. capture delay time: 0 to 3275 sec.

7. **DISPLAY MESSAGES:**

"LOL" - Appears when measurement exceeds + signal range.  
"ULUL" - Appears when measurement exceeds - signal range  
PAXT: "SHrt" - Appears when shorted sensor is detected. (RTD only)  
PAXT: "OPEN" - Appears when open sensor is detected.  
"... " - Appears when display values exceed + display range.  
"... " - Appears when display values exceed - display range.

8. **INPUT CAPABILITIES:** See specific product specifications, pages 4-6

9. **EXCITATION POWER:** See specific product specifications, pages 4-6

10. **LOW FREQUENCY NOISE REJECTION:** (Does not apply to PAXH)  
Normal Mode: > 60 dB @ 50 or 60 Hz ± 1%, digital filter off  
Common Mode: > 100 dB, DC to 120 Hz

11. **USER INPUTS:** Three programmable user inputs

Max. Continuous Input: 30 VDC  
Isolation To Sensor Input Common: Not isolated. (Not PAXH)  
PAXH: Isolation to Sensor Input Common: 1400 Vrms for 1 min.  
Working Voltage: 125 V

Response Time: 50 msec. max.  
Logic State: Jumper selectable for sink/source logic

INPUT STATE	SINKING INPUTS 22 KΩ pull-up to +5 V	SOURCING INPUTS 22 KΩ pull-down
Active	$V_N < 0.9$ VDC	$V_{IN} > 3.6$ VDC
Inactive	$V_N > 3.6$ VDC	$V_{IN} < 0.9$ VDC

12. **TOTALIZER:**

Function:  
Time Base: second, minute, hour, or day  
Batch: Can accumulate (gate) input display from a user input  
Time Accuracy: 0.01% typical  
Decimal Point: 0 to 0.0000  
Scale Factor: 0.001 to 65,000  
Low Signal Cut-out: -19,999 to 99,999  
Total: 9 digits, display alternates between high order and low order readouts

13. **CUSTOM LINEARIZATION:**

Data Point Pairs: Selectable from 2 to 16  
Display Range: -19,999 to 99,999  
Decimal Point: 0 to 0.0000  
PAXT: Ice Point Compensation: user value (0.00 to 650.00 μV/°C)

14. **MEMORY:** Nonvolatile E<sup>2</sup>PROM retains all programmable parameters and display values.

15. **ENVIRONMENTAL CONDITIONS:**

Operating Temperature Range: 0 to 50°C (0 to 45°C with all three plug-in cards installed)  
Storage Temperature Range: -40 to 60°C  
Operating and Storage Humidity: 0 to 85% max. RH non-condensing  
Altitude: Up to 2000 meters

16. **CERTIFICATIONS AND COMPLIANCES:**

**SAFETY**  
UL Recognized Component, File #E179259, UL3101-1, CSA C22.2 No. 1010-1

PAXT Only: File # E156876, UL873, CSA C22.2 No. 24

Recognized to U.S. and Canadian requirements under the Component Recognition Program of Underwriters Laboratories, Inc.

UL Listed, File # E137808, UL508, CSA C22.2 No. 14-M95

LISTED by Und. Lab. Inc. to U.S. and Canadian safety standards

Type 4X Enclosure rating (Face only), UL50

IECEE CB Scheme Test Certificate #US/7470A/UL

CB Scheme Test Report #03ME09282-08292003

Issued by Underwriters Laboratories, Inc.

IEC 1010-1, EN 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use, Part 1

IP65 Enclosure rating (Face only), IEC 529

IP20 Enclosure rating (Rear of unit), IEC 529

**ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY**

**Immunity to EN 50082-2**

Electrostatic discharge	EN 61000-4-2	Level 2; 4 Kv contact Level 3; 8 Kv air
Electromagnetic RF fields	EN 61000-4-3	Level 3; 10 V/m <sup>1</sup> 80 MHz - 1 GHz
Fast transients (burst)	EN 61000-4-4	Level 4; 2 Kv I/O Level 3; 2 Kv power
RF conducted interference	EN 61000-4-6	Level 3; 10 V/rms 150 KHz - 80 MHz
Simulation of cordless telephones	ENV 50204	Level 3; 10 V/m 900 MHz ± 5 MHz 200 Hz, 50% duty cycle

**Emissions to EN 50081-2**

RF interference	EN 55011	Enclosure class A Power mains class A
-----------------	----------	--

*Notes:*

1. *Self-recoverable loss of performance during EMI disturbance at 10 V/m: Measurement input and/or analog output signal may deviate during EMI disturbance.*

*For operation without loss of performance:*

*Unit is mounted in a metal enclosure (Buckeye SM7013-0 or equivalent) I/O and power cables are routed in metal conduit connected to earth ground.*

*Refer to EMC Installation Guidelines section of the bulletin for additional information.*

17. **CONNECTIONS:** High compression cage-clamp terminal block

Wire Strip Length: 0.3" (7.5 mm)

Wire Gauge: 30-14 AWG copper wire

Torque: 4.5 inch-lbs (0.51 N-m) max.

18. **CONSTRUCTION:** This unit is rated for NEMA 4X/IP65 outdoor use.

IP20 Touch safe. Installation Category II, Pollution Degree 2. One piece bezel/case. Flame resistant. Synthetic rubber keypad. Panel gasket and mounting clip included.

19. **WEIGHT:** 10.4 oz. (295 g)

# OPTIONAL PLUG-IN OUTPUT CARDS



**WARNING:** Disconnect all power to the unit before installing Plug-in cards.

## Adding Option Cards

The PAX and MPAX series meters can be fitted with up to three optional plug-in cards. The details for each plug-in card can be reviewed in the specification section below. Only one card from each function type can be installed at one time. The function types include Setpoint Alarms (PAXCDS), Communications (PAXCDC), and Analog Output (PAXCDL). The plug-in cards can be installed initially or at a later date.

### PAXH Isolation Specifications For All Option Cards

**Isolation To Sensor Commons:** 1400 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 125 V

**Isolation to User Input Commons:** 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage 50 V

## COMMUNICATION CARDS (PAXCDC)

A variety of communication protocols are available for the PAX and MPAX series. Only one of these cards can be installed at a time. When programming the unit via RLCPro, a Windows® based program, the RS232 or RS485 Cards must be used.

PAXCDC10 - RS485 Serial	PAXCDC40 - Modbus
PAXCDC20 - RS232 Serial	PAXCDC50 - Profibus-DP
PAXCDC30 - DeviceNet	

### SERIAL COMMUNICATIONS CARD

**Type:** RS485 or RS232

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 50 V. Not Isolated from all other commons.

**Data:** 7/8 bits

**Baud:** 300 to 19,200

**Parity:** no, odd or even

**Bus Address:** Selectable 0 to 99, Max. 32 meters per line (RS485)

**Transmit Delay:** Selectable for 2 to 50 msec or 50 to 100 msec (RS485)

### DEVICENET™ CARD

**Compatibility:** Group 2 Server Only, not UCMM capable

**Baud Rates:** 125 Kbaud, 250 Kbaud, and 500 Kbaud

**Bus Interface:** Phillips 82C250 or equivalent with MIS wiring protection per DeviceNet™ Volume I Section 10.2.2.

**Node Isolation:** Bus powered, isolated node

**Host Isolation:** 500 Vrms for 1 minute (50 V working) between DeviceNet™ and meter input common.

### MODBUS CARD

**Type:** RS485; RTU and ASCII MODBUS modes

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 500 Vrms for 1 minute.

Working Voltage: 50 V. Not isolated from all other commons.

**Baud Rates:** 300 to 38400.

**Data:** 7/8 bits

**Parity:** No, Odd, or Even

**Addresses:** 1 to 247.

**Transmit Delay:** Programmable; See Transmit Delay explanation.

### PROFIBUS-DP CARD

**Fieldbus Type:** Profibus-DP as per EN 50170, implemented with Siemens SPC3 ASIC

**Conformance:** PNO Certified Profibus-DP Slave Device

**Baud Rates:** Automatic baud rate detection in the range 9.6 Kbaud to 12 Mbaud

**Station Address:** 0 to 126, set by the master over the network. Address stored in non-volatile memory.

**Connection:** 9-pin Female D-Sub connector

**Network Isolation:** 500 Vrms for 1 minute (50 V working) between Profibus network and sensor and user input commons. Not isolated from all other commons.

## PROGRAMMING SOFTWARE

The SFPAX is a Windows® based program that allows configuration of the PAX meter from a PC. Using the SFPAX makes it easier to program the PAX meter and allows saving the PAX program in a PC file for future use. On-line help is available within the software. A PAX serial plug-in card is required to program the meter using the software.

## SETPOINT CARDS (PAXCDS)

The PAX and MPAX series has 4 available setpoint alarm output plug-in cards. Only one of these cards can be installed at a time. (Logic state of the outputs can be reversed in the programming.) These plug-in cards include:

PAXCDS10 - Dual Relay, FORM-C, Normally open & closed

PAXCDS20 - Quad Relay, FORM-A, Normally open only

PAXCDS30 - Isolated quad sinking NPN open collector

PAXCDS40 - Isolated quad sourcing PNP open collector

### DUAL RELAY CARD

**Type:** Two FORM-C relays

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 2000 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 240 Vrms

**Contact Rating:**

One Relay Energized: 5 amps @ 120/240 VAC or 28 VDC (resistive load),

1/8 HP @ 120 VAC, inductive load

Total current with both relays energized not to exceed 5 amps

**Life Expectancy:** 100 K cycles min. at full load rating. External RC snubber extends relay life for operation with inductive loads

### QUAD RELAY CARD

**Type:** Four FORM-A relays

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 2300 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 250 Vrms

**Contact Rating:**

One Relay Energized: 3 amps @ 240 VAC or 30 VDC (resistive load), 1/10

HP @ 120 VAC, inductive load

Total current with all four relays energized not to exceed 4 amps

**Life Expectancy:** 100K cycles min. at full load rating. External RC snubber extends relay life for operation with inductive loads

### QUAD SINKING OPEN COLLECTOR CARD

**Type:** Four isolated sinking NPN transistors.

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 50 V. Not Isolated from all other commons

**Rating:** 100 mA max @  $V_{SAT} = 0.7 V$  max.  $V_{MAX} = 30 V$

### QUAD SOURCING OPEN COLLECTOR CARD

**Type:** Four isolated sourcing PNP transistors.

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 50 V. Not Isolated from all other commons

**Rating:** Internal supply: 24 VDC  $\pm 10\%$ , 30 mA max. total

External supply: 30 VDC max., 100 mA max. each output

### ALL FOUR SETPOINT CARDS

**Response Time:** 200 msec. max. to within 99% of final readout value (digital filter and internal zero correction disabled)

700 msec. max. (digital filter disabled, internal zero correction enabled)

## LINEAR DC OUTPUT (PAXCDL)

Either a 0(4)-20 mA or 0-10 V retransmitted linear DC output is available from the analog output plug-in card. The programmable output low and high scaling can be based on various display values. Reverse slope output is possible by reversing the scaling point positions.

PAXCDL10 - Retransmitted Analog Output Card

### ANALOG OUTPUT CARD

**Types:** 0 to 20 mA, 4 to 20 mA or 0 to 10 VDC

**Isolation To Sensor & User Input Commons:** 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 50 V. Not Isolated from all other commons.

**Accuracy:** 0.17% of FS (18 to 28°C); 0.4% of FS (0 to 50°C)

**Resolution:** 1/3500

**Compliance:** 10 VDC; 10 K $\Omega$  load min., 20 mA; 500  $\Omega$  load max.

**Update time:** 200 msec. max. to within 99% of final output value (digital filter and internal zero correction disabled)

700 msec. max. (digital filter disabled, internal zero correction enabled)

## MODEL PAXCDL -ANALOG OUTPUT PLUG-IN OPTION CARD

### DESCRIPTION

This bulletin serves as a guide for the installation, configuration and operation of the PAX Analog Output card. The analog output can be configured for 0 to 20 mA, 4 to 20 mA or 0-10 VDC. Only one range can be used at a time.

The PAX meter can be fitted with up to three optional plug-in cards. The slot bays of the plug-in cards are dedicated to a particular card function. The plug-in card functions are: serial communications, analog output and setpoint output. Only one card from each function category can be installed.

### INSTALLING AN OPTION CARD

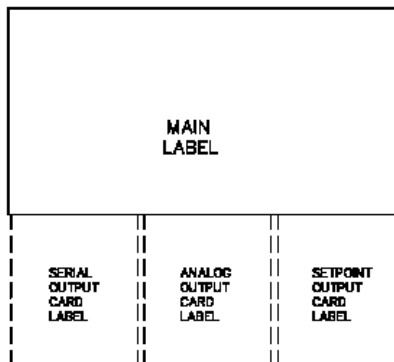
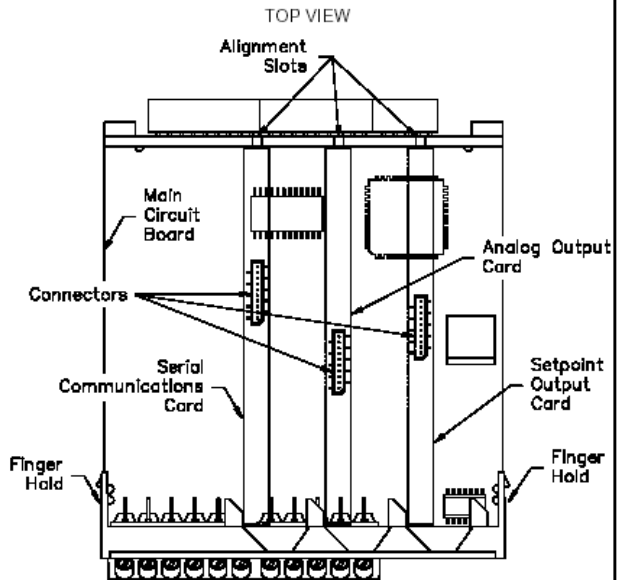


**Caution:** The option and main circuit cards contain static sensitive components. Before handling the cards, discharge static charges from your body by touching a grounded bare metal object. Ideally, handle the cards at a static controlled clean workstation. Also, only handle the cards by the edges. Dirt, oil or other contaminants that may contact the cards can adversely affect circuit operation.

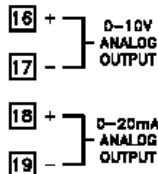


**Warning:** Exposed line voltage exists on the circuit boards. Remove all power to the meter AND load circuits before accessing the unit.

1. Remove the main assembly from the rear of the case. Squeeze the finger holds on the rear cover, or use a small screwdriver to depress the side latches to release it from the case. It is not necessary to separate the rear cover from the main circuit card.
2. Locate the option card connector for the type of option card to be installed. Hold the unit by the rear connector, not the display board, when installing an option card.
3. Install the option card by aligning the option card connector with the slot bay in the rear cover. The cards are keyed by position with different main board connector locations. Be sure the connector is fully engaged and the tab on the option card rests in the alignment slot on the display board.
4. Slide the assembly back into the case. Be sure the rear cover latches fully into the case.
5. Apply the option card label to the bottom side of the meter. **Do not cover the vents on the top surface of the meter.** The surface of the case must be clean for the label to adhere properly. Apply the label to the area designated by the large case label.



### ANALOG OUTPUT FIELD TERMINALS



### SPECIFICATIONS

#### Analog Output Card

Types: 0 to 20 mA, 4 to 20 mA and 0 to 10 VDC

Isolation To Sensor & User Input Commons: 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 50 V. Not isolated from all other commons.

#### PAXH Only:

Isolation To Sensor Common: 1400 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 125 V

Isolation To User Input Common: 500 Vrms for 1 min.

Working Voltage: 50 V

Accuracy: 0.17% of FS (18 to 28°C); 0.4% of FS (0 to 50°C)

Resolution: 1/3500

#### Compliance:

10 VDC: 10 KΩ load min.

20 mA: 500 Ω load max.

Update Time: 200 msec. max. to within 99% of final readout value (digital filter and internal zero correction disabled)

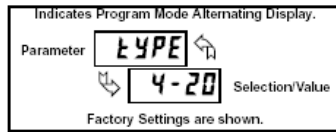
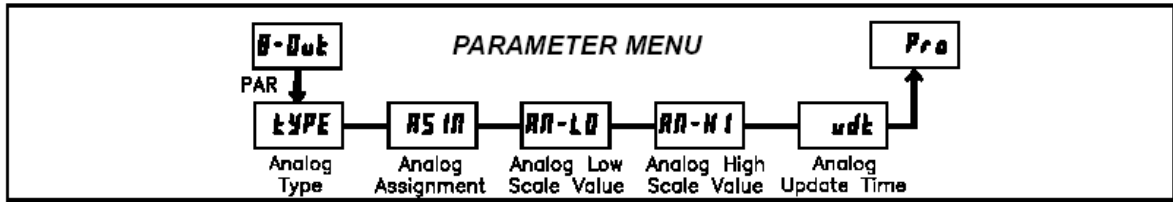
700 msec. max. (digital filter disabled, internal zero correction enabled)

PAXH only: 1 sec. max. to within 99% of final readout value (digital filter disabled)

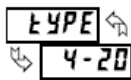
### ORDERING INFORMATION

MODEL	DESCRIPTION	PART NUMBER
PAXCDL	Analog Output Card	PAXCDL10

## MODULE 8 - Analog Output Parameters (B-Out)



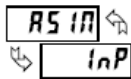
### ANALOG TYPE



SELECTION	RANGE
0-20	0 to 20 mA
4-20	4 to 20 mA
0-10	0 to 10 V

Enter the analog output type. For 0-20 mA or 4-20 mA use terminals 18 and 19. For 0-10 V use terminals 16 and 17. Only one range can be used at a time.

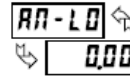
### ANALOG ASSIGNMENT



Enter the source for the analog output to retransmit:  
**INP** – Display Input Value  
**HI** – Maximum Display Input Value  
**LO** – Minimum Display Input Value  
**tot** – Totalize Display Value

**INP HI LO tot**

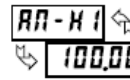
### ANALOG LOW SCALE VALUE



- 9999 to 99999

Enter the Display Value that corresponds to 0 mA (0-20 mA), 4 mA (4-20 mA) or 0 VDC (0-10 VDC).

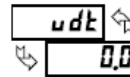
### ANALOG HIGH SCALE VALUE



- 99999 to 999999

Enter the Display Value that corresponds to 20 mA (0-20 mA), 20 mA (4-20 mA) or 10 VDC (0-10 VDC).

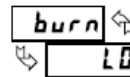
### ANALOG UPDATE TIME



0.0 to 10.0

Enter the analog output update rate in seconds. A value of 0.0 allows the meter to update the analog output at a rate of 20/sec.

### PROBE BURN-OUT ACTION (PAXT ONLY)



**LO HI**

Enter the probe burn-out action. In the event of a temperature probe failure, the analog output can be programmed for low or high scale.

### LIMITED WARRANTY

The Company warrants the products it manufactures against defects in materials and workmanship for a period limited to one year from the date of shipment, provided the products have been stored, handled, installed, and used under proper conditions. The Company's liability under this limited warranty shall extend only to the repair or replacement of a defective product, at The Company's option. The Company disclaims all liability for any affirmation, promise or representation with respect to the products.

The customer agrees to hold Red Lion Controls harmless from, defend, and indemnify RLC against damages, claims, and expenses arising out of subsequent sales of RLC products or products containing components manufactured by RLC and based upon personal injuries, deaths, property damage, lost profits, and other matters which Buyer, its employees, or sub-contractors are or may be to any extent liable, including without limitation penalties imposed by the Consumer Product Safety Act (P.L. 92-573) and liability imposed upon any person pursuant to the Magnuson-Moss Warranty Act (P.L. 93-637), as now in effect or as amended hereafter.

No warranties expressed or implied are created with respect to The Company's products except those expressly contained herein. The Customer acknowledges the disclaimers and limitations contained herein and relies on no other warranties or affirmations.

Red Lion Controls  
 20 Willow Springs Circle  
 York PA 17402  
 Tel +1 (717) 767-6511  
 Fax +1 (717) 764-0839

Red Lion Controls France  
 56 Boulevard du Courcerin, Batiment 21,  
 ZI Pariest F-77183 Croissy Beaubourg  
 Tel +33 (64) 80 12 12  
 Fax +33 (64) 80 12 13

Red Lion UK Ltd  
 Tupton Park  
 Chesterfield S41 0TZ  
 Tel +44 (1246) 22 21 22  
 Fax +44 (1246) 22 12 22

**Anexo A.6 Hojas de datos de Optoacopladores PS2532L-1**

Dispositivo: Optoacopladores ópticos

Modelo: PS2532L-1

Fuente: [www. Cel.com](http://www.Cel.com)



# NEC HIGH COLLECTOR TO EMITTER VOLTAGE DARLINGTON TRANSISTOR TYPE MULTI PHOTOCOUPLER SERIES

PS2532-1, -2, -4  
PS2532L-1, -2, -4

## FEATURES

- HIGH ISOLATION VOLTAGE  
BV: 5 k Vr.m.s. MIN
- HIGH COLLECTOR TO EMITTER VOLTAGE  
VCE0 = 300 V MIN
- ULTRA HIGH CURRENT TRANSFER RATIO  
CTR: 1500% MIN
- HIGH SPEED SWITCHING  
tr, tf = 100 μs TYP
- ISOLATED CHANNELS PER EACH PACKAGE
- 1, 2, OR 4 CHANNELS AVAILABLE
- DIP PACKAGE

## DESCRIPTION

PS2532-1, -2, -4 and PS2532L-1, -2, -4 are optically coupled isolators containing a GaAs light emitting diode and an NPN silicon Darlington-connected phototransistor. PS2532-1, -2 and -4 are in a plastic DIP (Dual In-line Package) and PS2532L-1, -2 and -4 are in a lead bending type (Gull-wing) for surface mount.

## APPLICATIONS

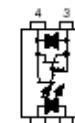
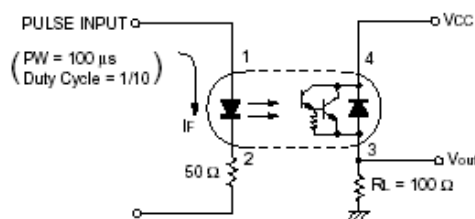
- DA
- POWER SUPPLY
- TELECOMMUNICATIONS

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (TA = 25°C)

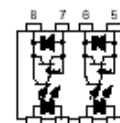
PART NUMBER			PS2532-1, -2, -4, PS2532L-1, -2, -4			
	SYMBOLS	PARAMETERS	UNITS	MIN	TYP	MAX
Diode	Vf	Forward Voltage, If = 10 mA	V		1.15	1.4
	Ir	Reverse Current, Vr = 5 V	μA			5
	C	Junction Capacitance, V = 0, f = 1.0 MHz	pF		30	
Transistor	ICE0	Collector to Emitter Dark Current, VCE = 300 V, If = 0	nA			400
	BVCE0	Collector to Emitter Breakdown Voltage, Ic = 1 mA, Ib = 0	V	300		
	BVEBO	Emitter to Base Breakdown Voltage, IE = 100 μA, Ic = 0	V	6		
Coupled	CTR	Current Transfer Ratio, If = 1 mA, VCE = 2 V	%	1500	4000	6500
	VCE(sat)	Collector Saturation Voltage, If = 1 mA, Ic = 2 mA	V			1.0
	R1-2	Isolation Resistance, VIn-out = 1 k Vdc	Ω	10 <sup>11</sup>		
	C1-2	Isolation Capacitance, V = 0, f = 1 MHz	pF		0.6	
	tr	Rise Time <sup>1</sup> , Vcc = 5 V, Ic = 10 mA	μs		100	
tf	Fall Time <sup>1</sup> , Vcc = 5 V, Ic = 10 mA	μs		100		

Note:

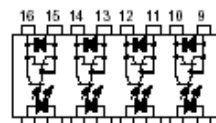
1. Test Circuit for Switching Time



PS2532-1



PS2532-2



PS2532-4

## PS2532-1, -2, -4, PS2532L-1, -2, -4

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>1</sup> (T<sub>A</sub> = 25°C)

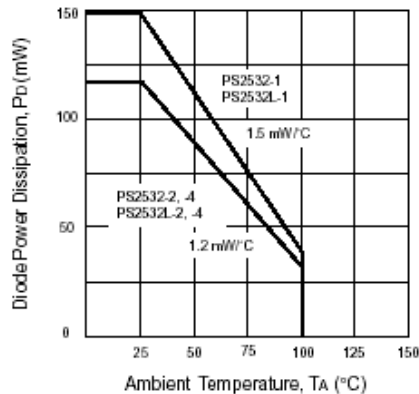
SYMBOLS	PARAMETERS	UNITS	RATINGS	
			PS2532-1 PS2532L-1	PS2532-2, -4 PS2532L-2, -4
<b>Diode</b>				
V <sub>R</sub>	Reverse Voltage	V	6	6
I <sub>F</sub>	Forward Current (DC)	mA	80	80
P <sub>D</sub>	Power Dissipation	mW/Ch	150	120
I <sub>F</sub> (PEAK)	Peak Forward Current (PW = 100 μs, Duty Cycle 1%)	A	1	1
<b>Transistor</b>				
V <sub>CE0</sub>	Collector to Emitter Voltage	V	300	300
V <sub>ECO</sub>	Emitter to Collector Voltage	V	6	6
I <sub>C</sub>	Collector Current	mA	150	150
P <sub>C</sub>	Power Dissipation	mW/Ch	300	300
<b>Coupled</b>				
BV	Isolation Voltage <sup>2</sup>	V <sub>r.m.s.</sub>	5000	5000
T <sub>STG</sub>	Storage Temperature	°C	-55 to +150	-55 to +150
T <sub>OP</sub>	Operating Temperature	°C	-55 to +100	-55 to +100
T <sub>SOL</sub>	Lead Temperature (Soldering 10 s)	°C	260	260

Notes:

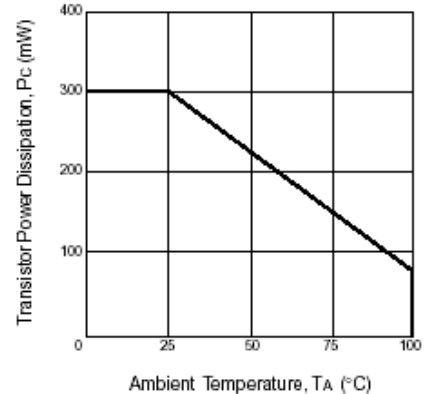
1. Operation in excess of any one of these parameters may result in permanent damage.
2. AC voltage for 1 minute at T<sub>A</sub> = 25 °C, RH = 60 % between input and output.

### TYPICAL PERFORMANCE CURVES (T<sub>A</sub> = 25°)

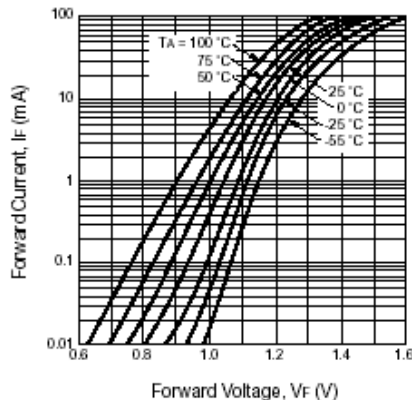
DIODE POWER DISSIPATION vs.  
AMBIENT TEMPERATURE



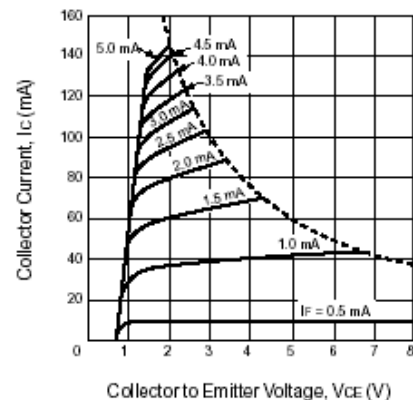
TRANSISTOR POWER DISSIPATION  
vs. AMBIENT TEMPERATURE



FORWARD CURRENT vs.  
FORWARD VOLTAGE



COLLECTOR CURRENT vs.  
COLLECTOR to EMITTER VOLTAGE



**Anexo A.7 Hojas de datos Osciloscopio PICOSCOPE 3224**

Dispositivo: Osciloscopio

Modelo: PICOSCOPE 3224

Fuente: <http://www.picotech.com/document/brochures.html#ps3000>

## PicoScope High Resolution PC Scopes

### 2-Channel Precision Oscilloscopes

**PicoScope precision oscilloscopes feature 12 bit vertical resolution and are accurate to 1% — making them ideal for high accuracy signal measurement.**

With a 72 dB dynamic range these cost-effective PC scopes are also suitable for working with signals in the frequency domain using the built-in spectrum analyzer.

The PicoScope 3224 is a powerful dual-channel PC scope that allows you to make precision measurements fast and efficiently.

Also available is the PicoScope 3424 — this PC scope allows you to measure up to 4 signals simultaneously and is ideal if you need to view the relationship of multiple signals.

- 2 Channels
- 12 bit resolution
- Accurate to within 1%
- 72 dB dynamic range
- High-speed USB 2.0 interface

### PicoScope 3224 PC Scope



The high resolution PicoScope 3224 PC scope connects to the USB port on your PC. Along with providing the power for the PicoScope, the USB connection provides fast data transfer and makes the oscilloscope quick and easy to set up and use.

#### **Accurately detect changes as small as 0.024%**

With 12 bit resolution and 1% accuracy, the PicoScope 3424 is able to detect changes as small as 0.024% (244 ppm) — making it ideal for use in applications such as testing audio circuits, fast transient analysis, and for measuring noise and vibrations.

#### **Examine every last detail of large and complex signals**

The large 512,000 sample buffer of the PicoScope 3224 enables complex signals to be captured in great detail, and over long periods of time. After capturing these signals, you can zoom-in on your signal at up to 2000 times magnification — allowing you to examine every last detail of the signal.

## Your complete test and measurement solution

The PicoScope 3224 is more than just an oscilloscope. The PicoScope 3224 is a multi-functioning instrument that can be used as an oscilloscope, spectrum analyzer, multimeter and data logger. By integrating several instruments into one small unit the PicoScope 3224 PC scope gives you a cost-effective, and simple-to-use solution with all the functionality of conventional test equipment without compromising on specifications.

## Powerful oscilloscope software

PicoScope software is supplied with the PicoScope 3224. PicoScope software allows you to view real-time signals, zoom in on your signal, and save and print captured waveforms. The user-friendly controls and familiar Windows graphical interface ensures that using PicoScope is both fast and easy.

PicoScope includes various features designed to reduce the time you need to set up and use your oscilloscope: along with over 30 automated measurements PicoScope also features an autoseup function. The autoseup function can be used to automatically set up the timebase, channels and trigger configuration to display any signals that PicoScope finds on the oscilloscope's inputs. You can also customise PicoScope by adding your own 'test menus'. These menus can load reference waveforms or instrument settings, and they can display documents that give an explanation of the waveform, or details on how to perform the required tests.

Also supplied is PicoLog data acquisition software that transforms your PC scope into a high-speed data logger.



## Power, performance and portability

The PicoScope 3224 lets you accurately — and quickly — capture, view, and measure signals.

This high precision, high resolution, PC oscilloscope and spectrum analyser is quick and easy to use. The USB connection ensures a fast screen update rate, while making the scope simple to set up. The powerful PicoScope oscilloscope software lets you measure and evaluate complex signals with ease.

With the PicoScope 3224 you can replace many traditional test equipment tools with one lightweight, portable, and economical instrument — giving you a powerful, integrated test and measurement solution with all the functions of traditional equipment, at a fraction of the cost.