



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Conversión de una PC en controlador de parámetros de un Rquipo de Rayos X.”**

### **TRABAJO DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

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

Presentado por:

**Gastón Alexander Cassagne Martínez**

**Jorge Patricio Salazar Aguirre**

GUAYAQUIL – ECUADOR

**Año: 2006**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo, y en especial al Ing. Miguel Yapur y al Ing. Walter Salazar que me incentivaron en el campo de la Electrónica Médica.

**Gastón A. Cassagne M.**

Agradezco a todas las personas que me han ayudado de una forma desinteresada, a mis familiares, a la empresa Serquip, y sobre todo a Dios, que me ha dado más de lo que me merezco.

**Jorge P. Salazar A.**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y en especial a mi madre, que me supo inculcar el valor de estudiar, a mis hermanos y a mi enamorada que estuvieron siempre junto a mí apoyándome.

**Gastón A. Cassagne M.**

Dedico a mis padres, familiares en general, a mi hija y sobre todo a mi hermano Alfredo, que me inspiró a lograr esta meta.

**Jorge P. Salazar A.**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Holger Cevallos U.  
SUB - DECANO DE LA FIEC



Ing. Miguel Yapur A.  
DIRECTOR DE TÓPICO



Ing. Cesar Martín M.  
VOCAL PRINCIPAL

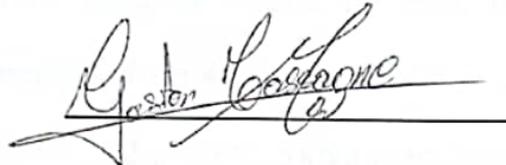


Ing. Carlos Valdivieso A.  
VOCAL PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Tópico, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Gastón Alexander Cassagne Martínez



Jorge Patricio Salazar Aguirre

## RESUMEN

El proyecto se basa en determinar los parámetros que influyen en la generación de radiación, para lo que se utilizó un tubo de Rayos X, del cual se analiza el comportamiento de las señales que gobiernan su rotor, mostrarlo en una PC y a su vez controlarlo desde la misma.

Este proyecto se basa en tres etapas: la primera es diseñar una tarjeta de adquisición de datos, la cual recibe tanto las entradas como las salidas analógicas y digitales y, por medio del puerto serial de la PC estas señales se puedan comunicar; para el diseño de esta tarjeta se utiliza el PIC 16F877A, por la versatilidad de entradas y salidas que se pueden controlar en él. Se utilizó el MAX 232 para la comunicación serial con la PC, además de un sistema de optoacopladores para aislar los circuitos de potencia con los de control.

Para la segunda etapa que es el circuito de potencia, se utilizaron tiristores, particularmente el diac y el triac, los cuales controlan de acuerdo a las señales que se emiten desde la tarjeta de adquisición de datos, la aceleración y control de velocidad del rotor del tubo de rayos x; se utilizó el criterio de frenado dinámico para la señal "brake", puesto que el rotor trabaja con corriente alterna.

Finalmente, se usó el software Labview en la PC, ya que sus aplicaciones de medición y automatización son relativamente exactas, y bastante versátiles

para adquirir datos desde la tarjeta interfaz; además, se realizó una pantalla en Labview simulando una consola de un equipo de rayos x, por lo que el ambiente en la PC, no solo será de monitoreo sino de control de parámetros del mismo.

## ÍNDICE GENERAL

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| RESUMEN.....                                | V           |
| ÍNDICE GENERAL.....                         | VII         |
| ABREVIATURAS.....                           | XII         |
| SIMBOLOGÍA.....                             | XIII        |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                      | XIV         |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                       | XVI         |
| INTRODUCCIÓN.....                           | 1           |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO 1</b>                           |             |
| <b>GENERALIDADES</b>                        |             |
| 1.1 Introducción.....                       | 3           |
| 1.2 Alcance e Importancia del proyecto..... | 4           |
| 1.3 Análisis del proyecto.....              | 6           |
| 1.3.1 PC Based.....                         | 7           |
| 1.3.2 Tarjeta interfaz.....                 | 8           |
| 1.3.3 Circuito de potencia.....             | 9           |

|   |    |
|---|----|
| 1.3.4 Tubo de RX.....                         | 10 |
| 1.4 Parámetros y requerimientos técnicos..... | 11 |

## **CAPÍTULO 2**

### **TEORÍA BÁSICA DE RAYOS X**

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Teoría de los RX.....               | 13 |
| 2.1.1 Historia de los rayos X.....      | 13 |
| 2.1.2 Concepto de rayos X.....          | 16 |
| 2.1.2.1 Radiografía.....                | 16 |
| 2.1.2.2 Radiación.....                  | 16 |
| 2.1.2.3 Radiación electromagnética..... | 16 |
| 2.1.2.4 Radiactividad.....              | 17 |
| 2.1.2.5 Radiación no ionizante.....     | 17 |
| 2.1.2.6 Radiación ionizante.....        | 17 |
| 2.1.2.7 Radiación de partículas.....    | 17 |
| 2.1.2.8 Partículas.....                 | 17 |
| 2.1.2.9 Ionización.....                 | 17 |
| 2.1.2.10 Propiedades de los RX.....     | 18 |
| 2.1.3 Formación de la radiación.....    | 19 |
| 2.1.3.1 Formación de la imagen.....     | 19 |
| 2.2 Equipo de rayos X.....              | 20 |
| 2.2.1 Generador de alta tensión.....    | 21 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2 Tanque de alta tensión.....   | 22 |
| 2.2.3 Rotor de un tubo de RX.....   | 22 |
| 2.2.4 Control de la corriente de filamento.....                           | 22 |
| 2.3 Control de exposición de acuerdo a la contextura del paciente...      | 23 |
| 2.3.1 Parámetros que determinan el control.....                           | 23 |
| 2.3.2 Algoritmo del control.....  | 24 |
| 2.3.3 Diagrama de Flujo para determinar<br>los parámetros eléctricos..... | 26 |

## **CAPÍTULO 3**

### **CIRCUITO DE POTENCIA**

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Introducción.....  | 28 |
| 3.2 Rectificador de potencia.....                                  | 28 |
| 3.3 Diac y triac.....  | 29 |
| 3.4 Frenado dinámico.....  | 31 |
| 3.5 Análisis del circuito de control del rotor del tubo de RX..... | 32 |
| 3.5.1 Arranque del rotor del tubo de RX.....                       | 33 |
| 3.5.2 Funcionamiento.....  | 34 |
| 3.5.3 Resultados de las señales.....                               | 37 |

## **CAPÍTULO 4**

### **INTERFAZ (PC BASED)**

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Introducción.....  | 40 |
| 4.2 Microcontrolador 16F877.....   | 42 |
| 4.2.1 Descripción de los puertos.....  | 42 |
| 4.2.2 Diagrama de flujo del programa PIC.....  | 44 |
| 4.3 Comunicación RS232-Tratamiento de señales.....                                     | 46 |
| 4.31 Distribución de señales y conector DB9.....                                       | 46 |
| 4.4 Tarjeta de adquisición de datos.....   | 48 |
| 4.4.1 Lista de comandos para funcionamiento<br>de tarjeta de adquisición de datos..... | 50 |

## **CAPÍTULO 5**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE**

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Introducción al Labview.....  | 53 |
| 5.2 Diseño e implementación del software de control<br>del rotor del tubo de rayos X..... | 54 |
| 5.2.1 Pantalla general.....   | 54 |
| 5.2.2 Configuración del puerto<br>y diseño de los eventos.....                            | 55 |
| 5.2.3 Diseño manual y automático.....   | 56 |
| 5.3 Diseño e implementación del software de control exposición.....                       | 57 |

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS DE COSTOS

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 6.1 Tarjeta de Adquisición..... | 59 |
| 6.2 Circuito de potencia.....   | 60 |
| 6.3 Análisis total.....         | 62 |

Conclusiones y Recomendaciones.

#### Bibliografía

|                 |  |
|-----------------|--|
| Apéndice A..... | Esquema de tarjeta de adquisición de datos |
| Apéndice B..... | Diagrama de bloques del PIC 16F877         |
| Apéndice C..... | Programa ensamblador del PIC 16F877        |
| Apéndice D..... | Hojas de datos del Max 232                 |
| Apéndice E..... | Hojas de datos del optoacoplador 4N25      |
| Apéndice F..... | Foto de la tarjeta de adquisición          |
| Apéndice G..... | Layout del circuito de potencia            |
| Apéndice H..... | Hoja De datos del triac                    |
| Apéndice I..... | Hoja de datos del diac                     |
| Apéndice J..... | Hoja de datos de los relés de potencia     |
| Apéndice K..... | Hoja de datos del tubo de RX               |
| Apéndice L..... | Tablas de corrección de energía            |
| Apéndice M..... | Fotos del sistema completo                 |

## ABREVIATURAS

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| Amp      | Amperios                      |
| Volts    | Voltios                       |
| RX       | Rayos X                       |
| PC       | Computador personal           |
| TAC      | Tomógrafo Axial Computarizado |
| TV       | Televisor                     |
| aux      | Auxiliar                      |
| pr       | Primario                      |
| PC Based | Sistema monitoreado por PC    |
| Seg.     | Segundos                      |

## SIMBOLOGÍA

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| A        | Amperios                      |
| V        | Voltios                       |
| RX       | Rayos X                       |
| mA       | Miliamperios                  |
| mAs      | Miliamperio-segundo           |
| KV       | Kilovoltaje                   |
| TX       | Señal de transmisión de datos |
| RX1      | Señal de recepción de datos   |
| W        | Vatios                        |
| E        | Energía                       |
| m        | Metro                         |
| $\Omega$ | Ohmios                        |
| $\mu$    | Micro                         |
| 3 $\Phi$ | Trifásico                     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1.1 Diagrama de bloques del control<br>del rotor del tubo de RX.....    | 6           |
| Figura 1.2 Esquema tarjeta de adquisición interfaz.....                        | 8           |
| Figura 1.3 Circuito de potencia del rotor de un tubo de RX básico.....         | 9           |
| Figura 1.4 Esquema de un tubo de RX.....                                       | 10          |
| Figura 2.1 Emisión de RX en una ampolla de vidrio.....                         | 20          |
| Figura 2.2 Esquema de un generador de RX básico.....                           | 21          |
| Figura 2.3 Diagrama de flujo para determinar<br>los parámetros eléctricos..... | 27          |
| Figura 3.1 Ejemplo de un rectificador de onda completa.....                    | 29          |
| Figura 3.2 Símbolo y comportamiento de un diac.....                            | 30          |
| Figura 3.3 Símbolo y comportamiento de un triac.....                           | 30          |
| Figura 3.4 Esquemático completo del circuito de potencia.....                  | 32          |
| Figura 3.5 Desfase de devanados.....   | 33          |
| Figura 3.6 Diagrama de tiempo de las señales del rotor.....                    | 35          |
| Figura 3.7 Circuito con el integrado LM335.....                                | 36          |
| Figura 3.8 Señal run de un generador<br>de TAC marca General Electric.....     | 37          |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.9 Señal run obtenida en el proyecto.....                             | 36 |
| Figura 3.10 Señal Accel de un generador<br>de TAC marca General Electric..... | 37 |
| Figura 3.11 Señal Accel obtenida en el proyecto.....                          | 37 |
| Figura 3.12 Señal Brake de un generador<br>de TAC marca General Electric..... | 38 |
| Figura 3.13 Señal Brake obtenida en el proyecto.....                          | 38 |
| Figura 4.1 Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición.....              | 41 |
| Figura 4.2 Diagrama de flujo del programa del PIC.....                        | 44 |
| Figura 4.3 Distribución de los conectores DB9.....                            | 47 |
| Figura 4.4 Esquemático de la tarjeta de adquisición.....                      | 48 |
| Figura 5.1 Pantalla general.....  | 54 |
| Figura 5.2 Configuración del puerto.....                                      | 55 |
| Figura 5.3 Diseño de eventos.....   | 55 |
| Figura 5.4 Diseño de modo manual.....   | 56 |
| Figura 5.5 Diseño de modo automático.....                                     | 56 |
| Figura 5.6 Pantalla de ajuste de energía.....                                 | 57 |
| Figura 5.7 Diseño de ajuste de energía.....                                   | 58 |

## INTRODUCCION

El avance de la Electrónica y de la Medicina y la relación de estas ramas, han derivado en diseñar y construir equipos de diagnóstico por imagen, los cuales han revolucionado por completo la medicina en cuanto a su diagnóstico y en otros casos en el tratamiento a los pacientes.

Entre los más importantes equipos de diagnóstico por imagen están los RX, ultrasonidos, tomógrafos y resonadores magnéticos; mientras que para casos de equipos de tratamiento de pacientes, están los aceleradores lineales y las bombas de cobalto.

Uno de los más importantes equipos de diagnóstico por imagen y el más antiguo, ya que las bases que llevaron al descubrimiento de los RX datan del siglo XVII cuando nacieron las ciencias del magnetismo y de la electricidad, es el equipo de RX, que es bastante utilizado en las áreas de Traumatología y Neumología. Existen varios equipos de Medicina que utilizan RX y están clasificados dependiendo del área donde van a trabajar, por ejemplo el "brazo en C" que es utilizado en quirófano, el equipo de RX convencional utilizado en el área de Traumatología y equipo de RX portátil utilizado a nivel ambulatorio. Pero lo común de todos estos equipos es que utilizan un tubo de RX que emite la radiación, que no es más que un tubo al vacío que produce radiaciones de características electromagnéticas, las cuales atraviesan el tejido humano presentando la imagen en una placa radiográfica.

Estos equipos son bastante utilizados en el mundo y sus esquemas son muy similares sin importar la marca; de allí la importancia de conocer su diseño. Una etapa importante del diseño de estos equipos que es materia de este proyecto, es la de diseñar el **control del rotor del tubo de RX** en todos sus parámetros, utilizando tecnología PC based. Controlando los parámetros que gobiernan el tubo de RX, podemos afirmar que es el comienzo para construir un equipo de RX en el país con monitoreo desde una PC; además, en este trabajo se realiza un estudio económico de la construcción del mismo, que puede servir a futuro para implementarlo.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

Uno de los más importantes equipos de diagnóstico por imagen es el equipo de rayos X (RX), que es bastante utilizado en las áreas de Traumatología y Neumología. Este equipo trabaja con un tubo al vacío que produce los rayos X que son radiaciones de características electromagnéticas, que tiene, una longitud de onda del orden de  $10^{-10}$  m; esta radiación atraviesa el tejido humano presentando la imagen en una placa radiográfica.

En los equipos de RX, la fuente principal de emisión de radiación es el tubo de RX. Para controlar este elemento se necesita estudiar varias etapas como son, el control del rotor, la corriente de filamento, y la etapa de alta tensión; para el presente proyecto se va a estudiar el control del rotor del tubo de RX, dejando a futuras investigaciones el análisis de las siguientes etapas, para completar el estudio y poder manifestar que se puede construir generadores de RX en el Ecuador.

## 1.2 Alcance e importancia del proyecto

Si bien es cierto que los diseños de todos los equipos de RX de las diferentes marcas son similares, y que la tecnología de PC based esta en pleno auge, debemos entonces aprovechar esta situación, por lo que se considera que si se analiza el principal elemento de estos equipos que es el tubo de RX y se lo monitorea en una PC, se puede comprender su comportamiento y determinar los parámetros que gobiernan este elemento.

Una vez analizados y determinados estos parámetros, se puede realizar un análisis a futuro para construir equipos de RX en el país, lo que con llevaría a fortalecer la industria electrónica en Ecuador; es decir, como principal objetivo del presente proyecto, es demostrar que se pueden controlar los parámetros que gobiernan un tubo de RX en una PC.

Un análisis profundo de un equipo de RX se lo realizará en el capítulo 2.

A pesar que todos los elementos son fundamentales, debemos decir que el tubo de RX es el principal, puesto que genera la radiación. Nuestra industria, en general la latinoamericana, no está en capacidad de construir estos tubos de RX, ya que existen empresas del primer mundo encargadas de crearlos y repararlos. No es materia del presente trabajo saber como se construye esos elementos, pero sí la de controlarlos y monitorearlos en una PC con cualquier software, en este caso Labview, con lo cual la consola de comandos puede ser diseñada desde una PC y así programar los diferentes parámetros de un tubo de RX.

Para adentrarnos más en el principal objetivo de este trabajo, se mencionan los elementos que se controlan en un tubo de RX que son:

- El rotor del tubo de RX,
- Corriente de filamento,
- Porcentaje de calor,
- Kilovoltaje,
- Tiempo de exposición.
- Energía

El objetivo de este trabajo es diseñar el control del rotor del tubo de RX y simular en una PC la consola de mando de un tubo de RX, además de poder programar los valores que determinan un buen estudio de RX a diferentes pacientes, puesto que los valores de un tubo de RX dependen de la contextura de cada persona; y no se puede usar la misma programación de datos para tomar una placa radiográfica a un paciente delgado, que a un paciente grueso.

### 1.3 Análisis del proyecto

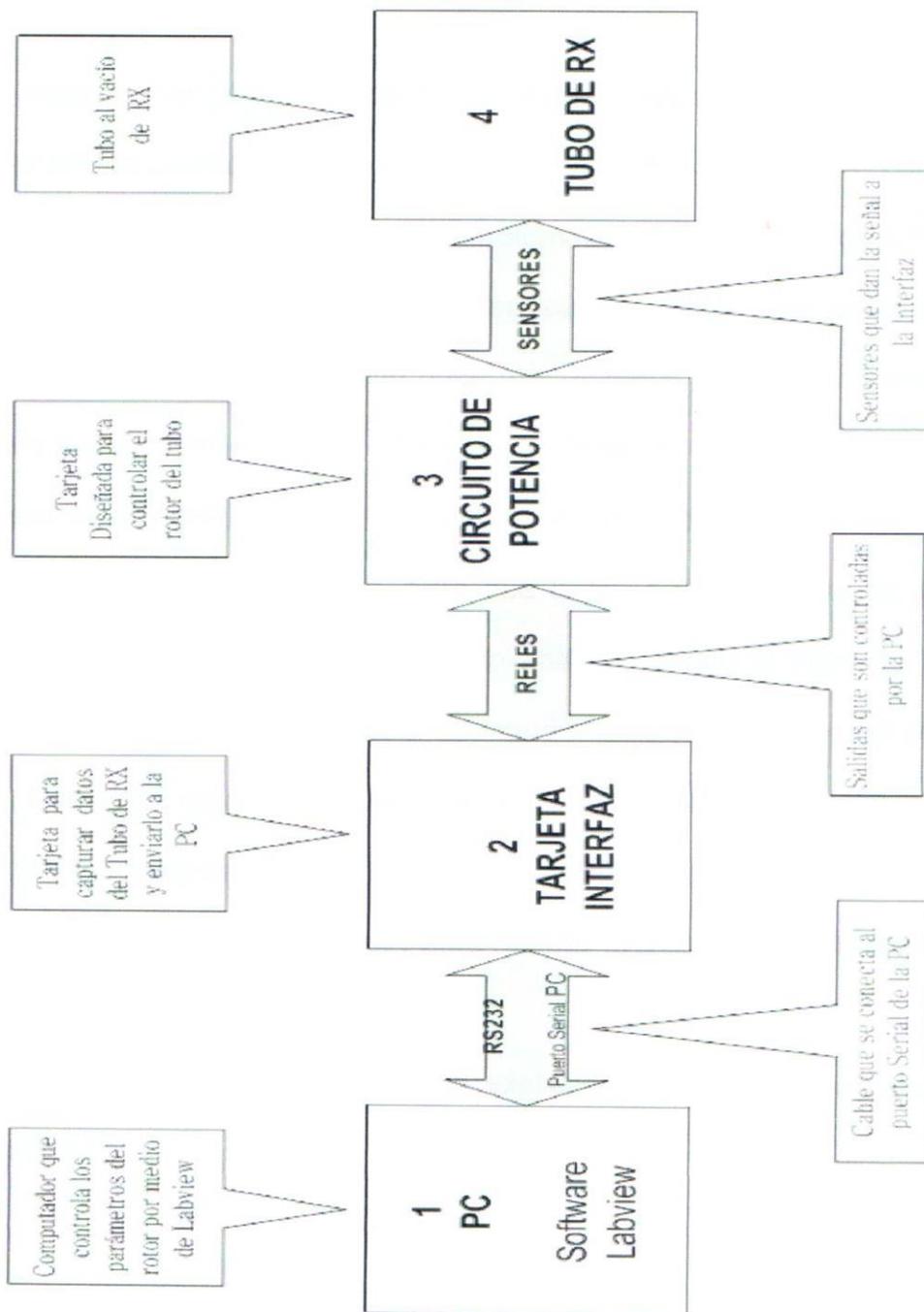


Figura 1.1 Diagrama de bloques del control del rotor de un tubo de RX

A continuación se analiza cada bloque del diagrama:

### **1.3.1 PC Based.-**

En este primer bloque, el proyecto está diseñado para que pueda ser instalado en cualquier PC bajo Windows y se utiliza el software Labview, ya que sus aplicaciones de medición y automatización, pueden adquirir datos al conectarse éste con el hardware; se puede definir una aplicación para analizar o tomar decisiones en base a esos datos y después presentar sus datos a la PC por medio de interfaces gráficas. Se va a interconectar con la tarjeta interfaz por medio del conector DB9 por donde viajan las señales TX y RX1 al puerto RS 232 serial, para que la PC puede monitorear los datos tanto de las entradas digitales como analógicas que le ingresen a la PC. También se diseñó una consola de mandos que simule la de un equipo de RX. Con estos datos se puede implementar un algoritmo para que la consola calcule los valores de KV y mA y se prefijen en una pantalla y simulen los factores que van a ser utilizados para realizar una placa radiográfica acorde a la contextura del paciente.

La programación en Labview, será explicada con más detenimiento en el Capítulo 5.

### 1.3.2 Tarjeta Interfaz.-

La tarjeta Interfaz está diseñada para que pueda recibir 4 entradas analógicas, 4 entradas digitales y 4 salidas digitales y está controlada por el PIC 16F877 de 4 Puertos; en la tarjeta están incluidas las fuentes de alimentación; básicamente este elemento codifica los datos extraídos por el circuito de potencia y el tubo de RX y pueden ser monitoreados por Labview.

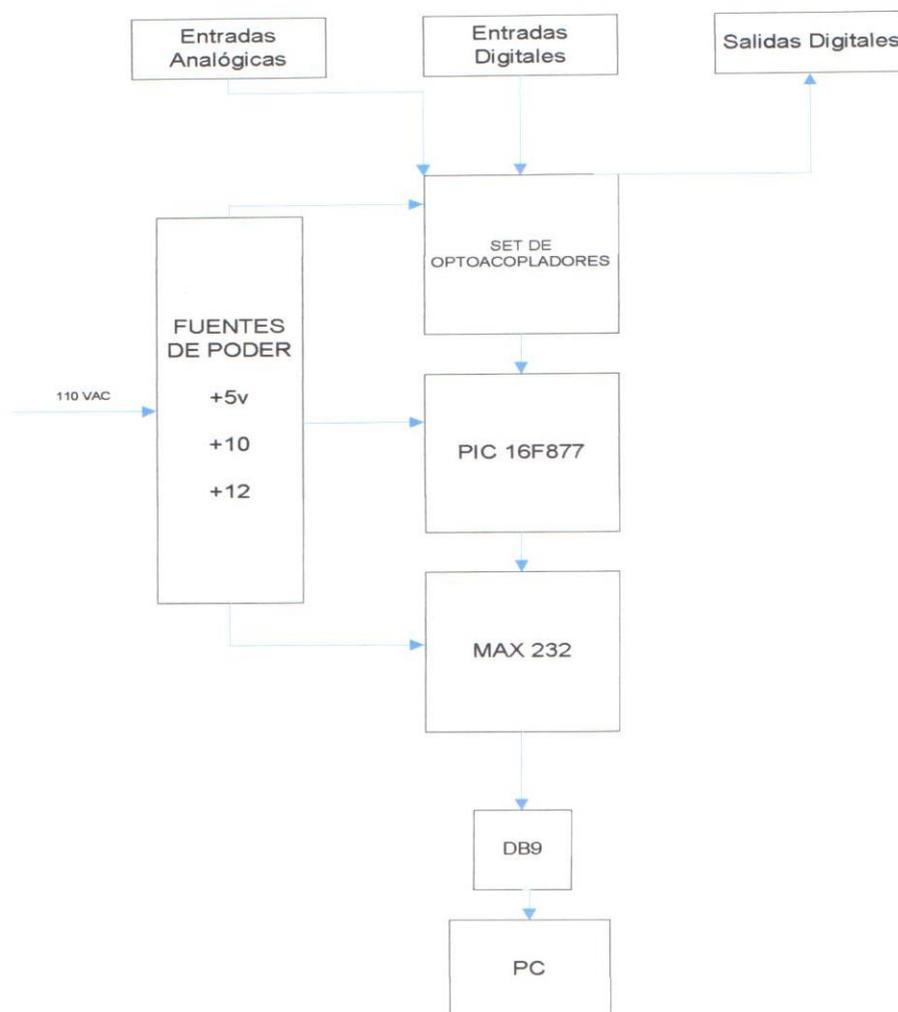


Figura 1.2 Esquema de la tarjeta de adquisición interfaz

### 1.3.3 Circuito de potencia.-

Se basa en el circuito de potencia siguiente:

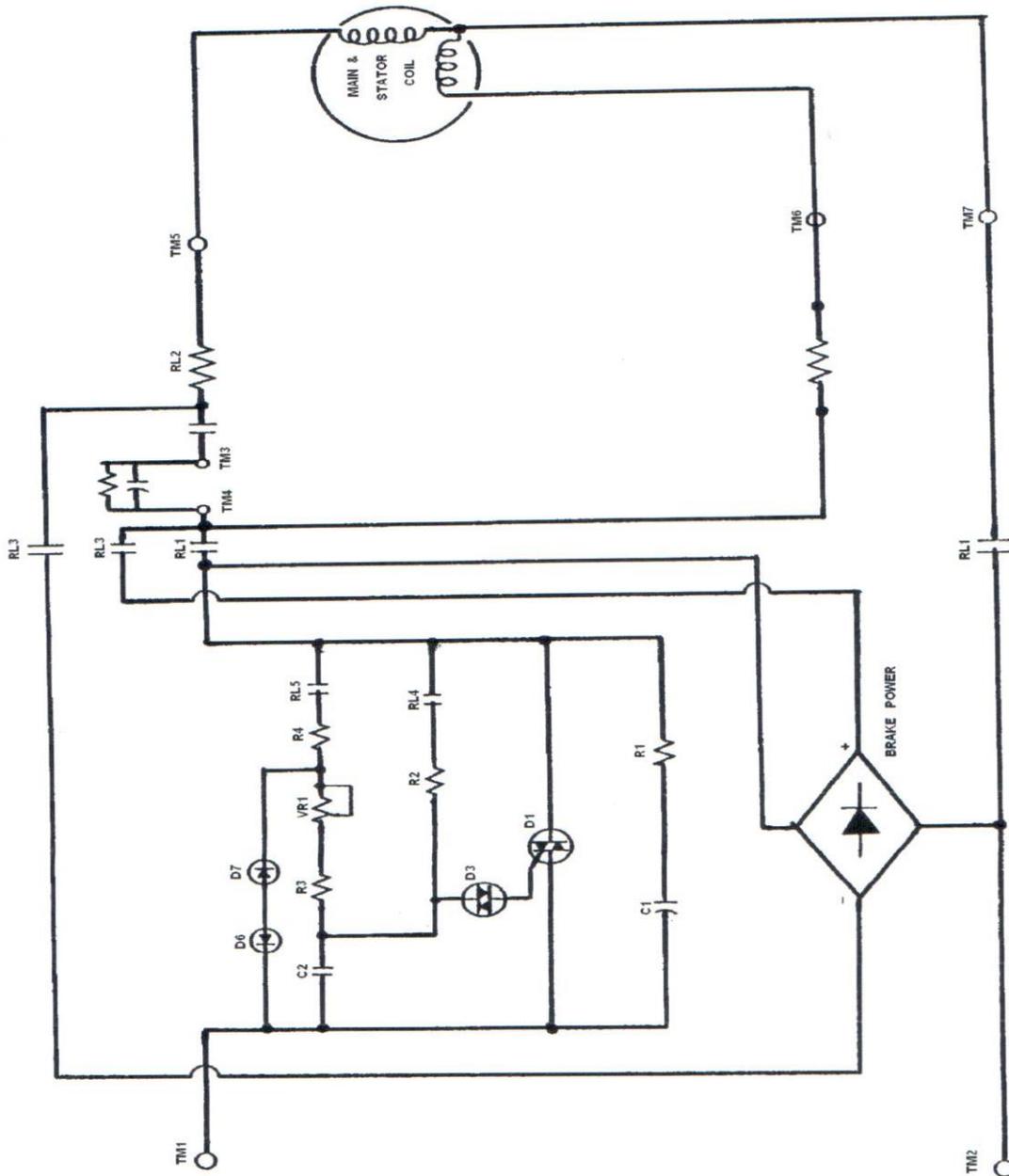


Figura 1.3 Circuito de potencia del rotor de un tubo de RX básico Marca General Electric

El circuito controla las siguientes señales:

- Control de Rotor
- \_Aceleración
- Run

### 1.3.4 Tubo de Rayos X

Este elemento no se lo puede construir, pero su función es la de generar radiación emitiendo electrones. Al momento que el rotor empieza a trabajar, el ánodo recibe un haz de electrones generado por el campo eléctrico de la alta tensión que chocan con un blanco de tungsteno produciendo los RX como se muestra en la figura 1.4

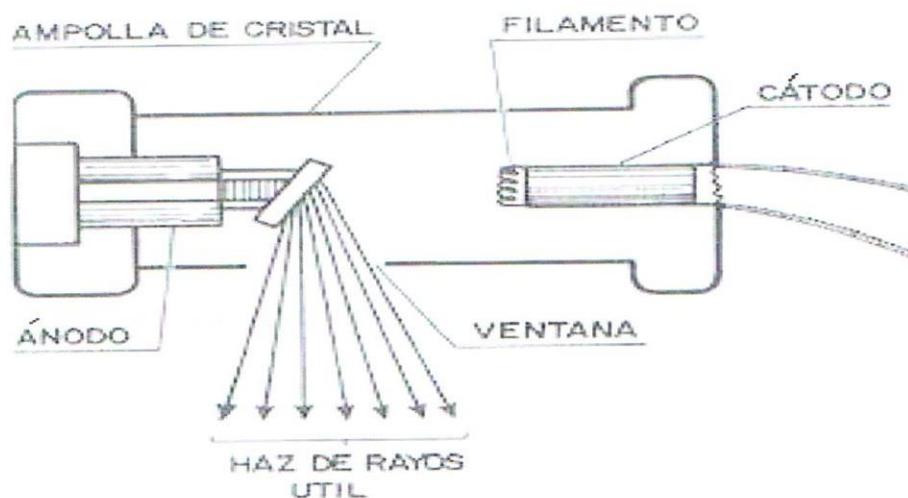


Figura 1.4 Esquema de un tubo de RX

Para este proyecto, gracias a la empresa privada, se contó con un tubo de RX, el cual funciona correctamente en cuanto al rotor propiamente dicho y se puede ver directamente la ampolla de vidrio para observar el comportamiento

del rotor; cabe resaltar que esta clase de tubos de RX viene con carcasa de plomo para evitar fuga de radiación.

Lógicamente no se va a poder comprobar la radiación, ya que para eso se necesita energizar la corriente de filamento y es necesario un tanque de alta tensión y circuitos de potencia adicionales, lo cual no es parte de este tema.

#### **1.4 Parámetros y requerimientos técnicos**

Los parámetros a medir son:

- Corriente
- Velocidad del rotor
- Porcentaje de calor
- Preparación del disparo
- Software de factores de exposición de placas de RX

Los requerimientos técnicos necesarios para el diseño son:

**PC.-** Es necesario comprender el puerto RS232 y saber configurar la tarjeta Interfaz que se comunica directamente a la PC.

**Tarjeta Interfaz.-** Saber configurar y programar el PIC 16F877 para que funcionen las entradas y salidas correctamente, así como utilizar los conocimientos de diseño de fuentes y aisladores como son optoacopladores.

**Circuito de potencia.-** Saber la teoría del triac y diac para controlar el encendido y apagado.

**Sensores.-** Son los encargados de adquirir los datos del tubo de RX, para que puedan ser receptados por la tarjeta y a su vez por la PC.

**Tubo de RX.-** Para poder demostrar el comportamiento del rotor del mismo, mediante la observación directa del giro del mismo.

**Software Labview.-** Para diseñar las entradas y poder monitorear desde la PC el tubo de RX.

**Programador.-** Para ver como se va diseñando el PIC de acuerdo a las entradas, y así poder grabar continuamente el PIC.

**Instrumentos de Medición.-** Para controlar las señales del circuito de disparo, entre otros.

# CAPÍTULO 2

## TEORÍA BÁSICA DE RAYOS X

### 2.1 Teoría de los RX

Para entender la importancia de los equipos de RX es necesario realizar una breve historia de ellos, así como conceptos sobre esta materia y hablar en forma breve sobre los componentes de un equipo de RX.

#### 2.1.1 Historia de los Rayos X

Las bases que llevaron al descubrimiento de los rayos X datan del siglo XVII cuando nacieron las ciencias del magnetismo y de la electricidad; en 1785 Guillermo Morgan, miembro de la Royal Society de Londres, presentó ante esta Sociedad una comunicación en la cual describía los experimentos que había hecho sobre fenómenos producidos por una descarga eléctrica en el interior de un tubo de vidrio. Manifestó que cuando no hay aire y el vacío es lo más perfecto posible, no podía pasar ninguna descarga eléctrica, pero al entrar una muy pequeña cantidad de aire, el vidrio brillaba con un color verde.

Morgan, sin saberlo, había producido RX y su sencillo aparato representaba el primer tubo de RX.

Las manos de la Sra. Roentgen se han convertido en las más famosas de la historia de la ciencia, todo gracias a que en 1895 a su esposo Wilhelm Conrad Roentgen, se le ocurrió practicar en ella un audaz experimento. Las expuso durante largo tiempo a la radiación de un tubo de Crookes y colocó debajo una placa de fotografía. El resultado fue la primera radiografía de la historia.

Suele decirse que el descubrimiento de los RX, como otros muchos avances de la ciencia, se produjeron de manera casual y en cierto modo es así. Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), estudiaba el comportamiento de los electrones emitidos por un tubo de Crookes, (llamado así en honor a su inventor, el químico y físico británico William Crookes) en esta especie de ampolla de cristal cerrada casi totalmente al vacío; un día descubrió que estos destellos eran capaces de iluminar unos frascos, lo extraordinario era que el tubo estaba envuelto en papel negro y entre él y los frascos habían varias planchas de madera y unos gruesos libros.

Aquellas radiaciones habían atravesado todos los obstáculos como por arte de magia; eran los RX y así decidió patentar su revolucionario invento los **rayos X**. Por cierto, él eligió este nombre porque no tenía idea de la naturaleza exacta de lo que acababa de descubrir.

Unos meses después del descubrimiento de los RX se crearon los primeros tubos de RX con finalidad médica.

Pero se dieron cuenta muy pronto de que las radiaciones de aquellos rayos mágicos, destruían las células, por lo que se utilizó la radiación en 1904 en 33 casos de cáncer en piel y uno de cáncer de ovario, los cuales fueron tratados con mucho éxito por los RX.

Hubo mejoras muy notables; en los años sesenta la invención del llamado intensificador de imágenes que permitía registrar por computadora las informaciones enviadas por RX; así el radiólogo podía recibir directamente las imágenes sobre una pantalla como las de TV y se obtuvo varias vistas de gran calidad con una dosis reducida de radiación.

La gran limitación de las placas de la radiografía es que ofrecen una visión bidimensional de un objeto tridimensional.

#### Resumen Cronológico

|       |   |                 |
|-------|---|-----------------|
| 1895. | Descubrimiento de los Rayos X.                                | W.C. Roentgen.  |
| 1896  | Primera radiología dental                                     | O. Walkhoff.    |
| 1896  | Primera radiografía dental en los Estados Unidos              | J.Morton.       |
| 1896  | Primera radiología dental en los Estados Unidos (en paciente) | Kells.          |
| 1901  | Primer documento sobre los peligros de los rayos X            | W. H. Rollins.  |
| 1904  | Presentación de la técnica de bisectriz                       | W. A. Price.    |
| 1913  | Primeras películas dentales preenvueltas                      | Eastman Kodak   |
| 1913  | Primer tubo de rayos X.                                       | W. D. Coolidge. |

|      |  |                          |
|------|--|--------------------------|
| 1920 | Primer paquete de película hecho a máquina               | Eastman Kodak            |
| 1923 | Primer aparato dental de rayos X                         | Victor X-Ray Corporation |
| 1925 | Primer texto de radiología dental                        | H. R. Raper.             |
| 1925 | Presentación de la técnica de aleta mordible             | H. R. Raper              |
| 1947 | Presentación de la técnica de paralelismo con cono largo | Fitzgerald               |
| 1957 | Primer aparato dental de rayos X de KV variable.         | General Electric         |

### 2.1.2 Concepto de rayos X

Para entender mejor lo que significan los RX, se deben aclarar algunos conceptos:

**2.1.2.1 Radiografía.-** Es la producción de una imagen fotográfica de un objeto mediante el uso de los RX que pasan a través de él llegando a una película, para proveer información de estructuras no visibles.

**2.1.2.2 Radiación.-** La radiación es la emisión y propagación de la energía a través del espacio ó una sustancia en forma de ondas ó partículas.

**2.1.2.3 Radiación electromagnética.-** Es una combinación de campos eléctricos y magnéticos, oscilantes y perpendiculares entre sí, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío.

**2.1.2.4 Radioactividad.-** Se define como el proceso por medio del cual ciertos átomos ó elementos inestables sufren desintegración espontánea ó mueren en un esfuerzo por obtener un estado nuclear más equilibrado.

**2.1.2.5 Radiación no ionizante.-** Es una onda o partícula cuya energía es inferior a la energía de ionización de un átomo o molécula (desprender un electrón de un átomo o molécula) que compone una sustancia, y que por lo tanto produce como mucho excitaciones electrónicas. Es así que las ondas electromagnéticas en las frecuencias de radio y de TV no producen ionizaciones en la materia como sí lo hacen los rayos X y los rayos gamma, hablando de ondas electromagnéticas, siendo también radiación no ionizante el ultrasonido.

**1.2.6 Radiación ionizante.-** Se define como aquella capaz de producir iones al quitar o agregar un electrón a un átomo; se clasifica en dos grupos:

**2.1.2.7 Radiación de partículas.** Se debe a partículas pequeñas de materia que poseen masa y viajan en línea recta a gran velocidad, transmitiendo energía cinética por medio de masas pequeñas con movimientos muy rápidos.

**2.1.2.8 Partícula.-** Identifica las radiaciones electromagnéticas, como haces discretos de energía llamadas fotones ó cuantos.

**2.1.2.9 Ionización.-** Es la producción de iones, o el proceso de convertir un átomo en ion; la ionización trata sólo de electrones y requiere energía suficiente para sobrepasar la fuerza electrostática que une el electrón al

núcleo. Cuando se saca un electrón de un átomo en el proceso de ionización, se produce un ion par. El átomo se hace un ion positivo y el electrón eliminado se convierte en un ion negativo.

Ahora se podría decir que **los rayos X** son una radiación electromagnética ionizante de alta energía. Al igual que todas las radiaciones electromagnéticas, tienen las propiedades de ondas y partículas. Los RX se definen como haces de energía de menor peso (fotones) sin una carga eléctrica, que viaja en ondas con una frecuencia específica a la velocidad de la luz.

#### **2.1.2.10 Propiedades de los RX**

Entre las muchas propiedades tenemos las más importantes para la radiología:

- 1.- Capacidad para causar fluorescencia en ciertas substancias.
- 2.- Son capaces de atravesar el cuerpo humano.
- 3.- Capacidad de los RX para formar una imagen latente en la emulsión de la película.
- 4.- Los RX tienen efectos biológicos que se utilizan en radioterapia.
- 5.- Son invisibles y no se pueden detectar con ninguno de los sentidos.
- 6.- No tienen masa ni peso.
- 7.- Viajan a la velocidad luz. (300,000 km/seg).
- 8.- Los RX no tienen carga.
- 9.- Viajan en línea recta y se pueden desviar o dispersar.

10.- Tienen longitudes de onda corta con una frecuencia alta.

11.- Pueden causar cambios biológicos en las células vivas.

### **2.1.3 Formación de la radiación**

Los RX se originan cuando los electrones inciden con muy alta velocidad sobre la materia y son frenados repentinamente. Se produce así la radiación X, de muy distintas longitudes de onda ("espectro continuo"), debido a la diferente velocidad de los electrones al chocar. Si la energía del bombardeo de electrones es mayor todavía, se producirá otro tipo de radiación, cuyas características dependerán del material del blanco ("radiación característica"). La diferente longitud de onda de la radiación determina la calidad o dureza de los RX: cuanto menor es la longitud de onda, la radiación se dice más dura, osea que tiene mayor poder de penetración.

#### **2.1.3.1 Formación de la imagen**

Para producir RX, primeramente se necesita una fuente de electrones que choque contra una capa con suficiente energía. El tubo de RX es básicamente un vidrio (una ampolla de cristal) conteniendo en su interior, al vacío, un electrodo negativo llamado cátodo, y uno positivo llamado ánodo. En el cátodo hay un filamento (generalmente un alambre de tungsteno) que emite electrones cuando se calienta, los cuales son dirigidos para chocar contra el ánodo en una zona llamada foco. De esta zona surge el haz de RX (radiación incidente), que se dirige al objeto en estudio (el cuerpo humano en

nuestro caso), y éste absorbe una cantidad de RX, y otra cantidad lo atraviesa. Esta cantidad de rayos que atraviesa al objeto se puede visualizar como imagen permanente en una placa radiográfica o bien como imagen transitoria en una pantalla fluoroscópica.

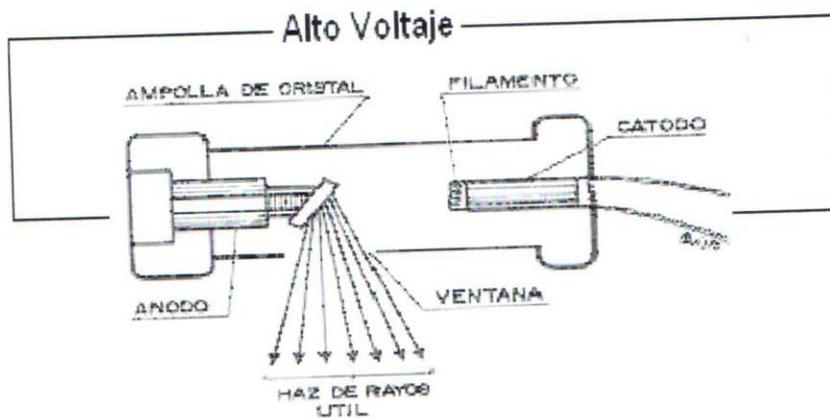


Figura 2.1 Emisión de RX en una ampolla de vidrio

## 2.2 Equipo de rayos X

En general, los equipos de RX son un sistema integrado principalmente por:

- Tubo de Rx
- Generador de alta tensión
- Consola de mandos de RX
- Mesa de RX
- Cables de alta tensión
- Colimador
- Bucky mural, entre otros.

## 2.2.1 Generador de alta tensión

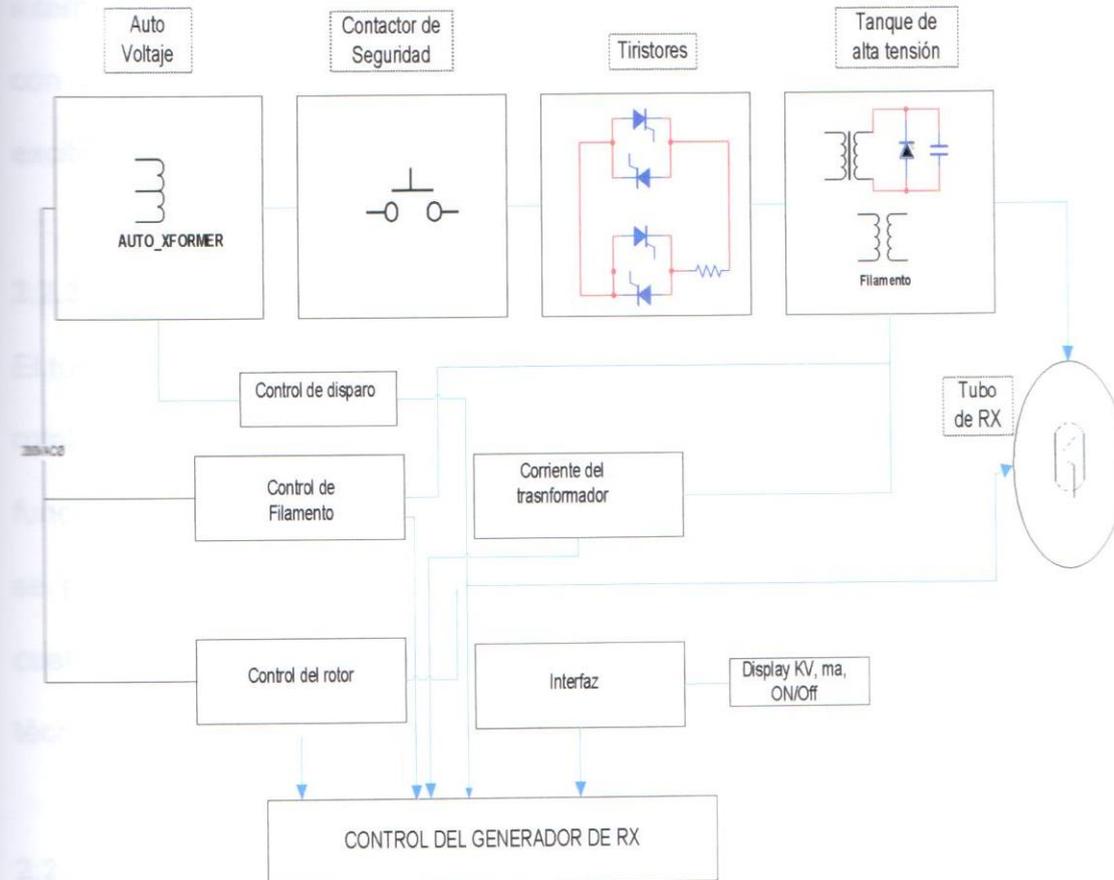


Figura 2.2 Esquema de un generador de RX básico

El generador controla la corriente del tubo de RX y el KV; además de controlar todo el sistema de alta tensión de un equipo de RX, en la figura 2.2 se ilustra la interconexión de las principales partes que forman un generador de alta tensión.

### **2.2.2 Tanque de alta tensión**

No es más que un transformador que eleva el voltaje de alimentación, por intermedio del generador a un alto voltaje del rango entre 80 y 120 KV, pero con amperaje del orden de los mA, para que la corriente del filamento se excite y por medio del giro del rotor del tubo, éste pueda emitir los RX.

### **2.2.3 Rotor de un tubo de rayos x**

El tubo de RX en lo que respecta al rotor, éste maneja las siguientes señales rotate, run, accel, brake (las cuales van a ser explicadas en el Capítulo 3). Al funcionar este rotor y encontrar las ondas de disparo del circuito de potencia, se puede controlar la velocidad del mismo y sus respectivas señales, las cuales restringen si se emite más o menos radiación dependiendo de la técnica de exploración a la que esté trabajando el tubo de RX.

### **2.2.4 Control de la corriente de filamento**

El tubo de Rx emite gran cantidad de radiación sin control, es decir así se regule el rotor del mismo, no se puede estar seguro que tanto el generador, el tanque de alta tensión o el tubo de RX se encuentren libres de daños, siendo el circuito de la corriente de filamento lo que limita que estos elementos no se quemen por exceso de corriente.

### 2.3 Control de exposición de acuerdo a la contextura del paciente

Cuando se realizan estudios de placas radiográficas, existen factores que influyen en las tomas de los mismos; es decir que depende de la contextura del paciente para ingresar los valores de KV, mA, y mAs en un equipo de RX. A estos valores se los llama "parámetros eléctricos"; en algunos equipos convencionales de RX el ajuste de estos datos se los realiza por medio de tablas de exposición o simplemente por experiencia del tecnólogo, lo cual conlleva a la obtención de placas radiográficas no óptimas llevando a pérdida de tiempo y gasto de dinero.

#### 2.3.1 Parámetros que determinan el control

Pero estas tablas están diseñadas en base al tipo de rejilla, distancia de punto focal o si el equipo es trifásico o no, por lo que variando los parámetros eléctricos como son KV, mA, y seg se deriva a otro parámetro que es la energía.

También es cierto que la cantidad de radiación que actúa sobre una película debe ser siempre la misma, independiente del espesor y densidad del objeto, ya que se trata de radiación primaria, originada por el cuerpo irradiado. Se comprende que para obtener una cantidad de radiación constante, será necesario aplicar mayor radiación sobre el objeto cuando sea grueso; de ahí que la energía del tubo de RX debe ser diferente para objetos distintos.

La cantidad de energía está determinada por los KV, mA, seg que son los parámetros eléctricos que dan origen al factor de exposición E que es:

$$E = (KV)^P * (mA) * (seg)$$

Donde p varía de acuerdo al Kilovoltaje de la siguiente forma:

$$40 \leq KV \leq 100 \quad ; p = 5$$

$$100 \leq KV \leq 125 \quad ; p = 4$$

$$125 \leq KV \leq 150 \quad ; p = 3$$

### 2.3.2 Algoritmo de control

El presente algoritmo es gracias a la investigación que realizaron el Ing. Miguel Yapur y el Ing. John Merchán, la cual fue publicada en los Andes de las Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de 1988, publicadas por la Escuela Superior Politécnica Nacional, Quito, con el cual lograron optimizar las técnicas de estudios en equipos de Rx, utilizando un calculadora Casio, por lo que se consideró, adaptarlo a la consola de Rx en Labview para complementar el proyecto.

El algoritmo está basado en optimizar la energía, que viene dada por las tablas de exposición, de acuerdo a los siguientes criterios:

**Corrección de distancia foco-película.-** Bastante influye la distancia del tubo de RX con respecto al objeto, por lo que el operario deberá ingresar el valor de la distancia a trabajar; la corrección se la hace en base a la siguiente relación:

$$E_n = \frac{E_v * dn^2}{dv^2}$$

Donde  $E_n$  : Energía nueva

$E_v$  : Energía vieja

$dn$  : Distancia nueva

$dv$  : Distancia vieja

**Corrección de espesor.**- Es indudable que no todos los pacientes tienen el mismo espesor, por lo que la energía varía de acuerdo a la siguiente relación:

$$E_n = E_v * y^m$$

Donde  $y = 0.8$  si el espesor nuevo es menor

$y = 1.25$  si el espesor nuevo es mayor

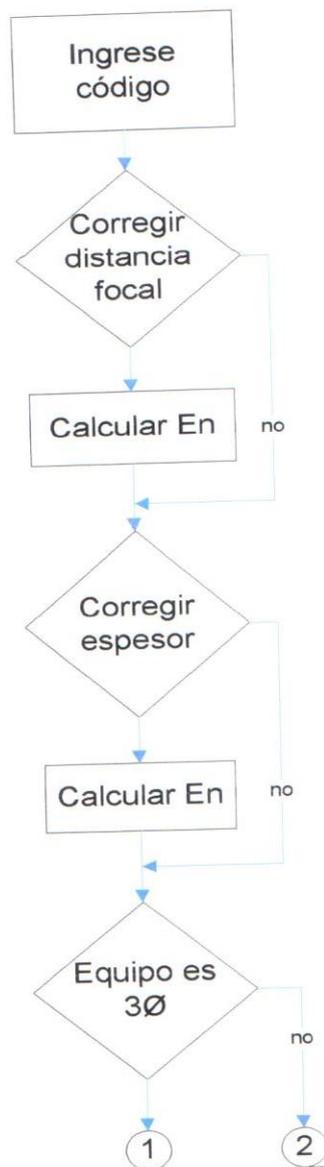
$m$  = son los centímetros sobrantes

**Corrección de equipo.**- Se refiere a que si es trifásico o no, de ahí depende el generador de RX:

$$E_n = \frac{E_v}{2}$$

Una vez optimizada la energía, el operario debe ingresar un valor de **código** que se refiere a la energía que ya fue calculada en las tablas de exposición inicial y dos de los tres parámetros eléctricos; finalmente se presentarán los valores ideales para un correcto estudio de la radiografía.

### 2.3.3 Diagrama de Flujo para determinar los parámetros eléctricos



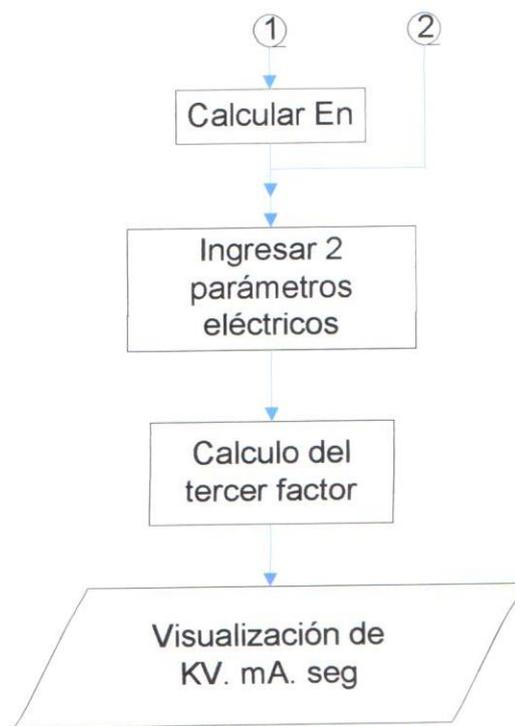


Figura 2.3 Diagrama de flujo para determinar los parámetros eléctricos

# CAPÍTULO 3

## CIRCUITO DE POTENCIA

### 3.1 Introducción

El proyecto, está basado en un generador elemental marca General Electric para TAC; a este circuito se realizó el diseño para que controle el rotor de un tubo de RX y que trabaje a 110VAC por motivos de presentación didáctica; para adentrarnos en el análisis del circuito de potencia debemos recordar algunos elementos con los cuales se realizó el trabajo.

### 3.2 Rectificador de potencia

En Electrónica, un rectificador es el elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua. Esto se realiza utilizando diodos rectificadores de estado sólido. Dependiendo de las características de la alimentación en corriente alterna que emplean, se los clasifica en monofásicos, cuando están alimentados por una fase de la red eléctrica; o trifásicos, cuando se alimentan por tres fases.

Atendiendo al tipo de rectificación, pueden ser de media onda, cuando solo se utiliza uno de los semiciclos de la corriente, o de onda completa, donde ambos semiciclos son aprovechados. El tipo más básico de rectificador es el rectificador monofásico de media onda, constituido por un único diodo entre la fuente de alimentación alterna y la carga.

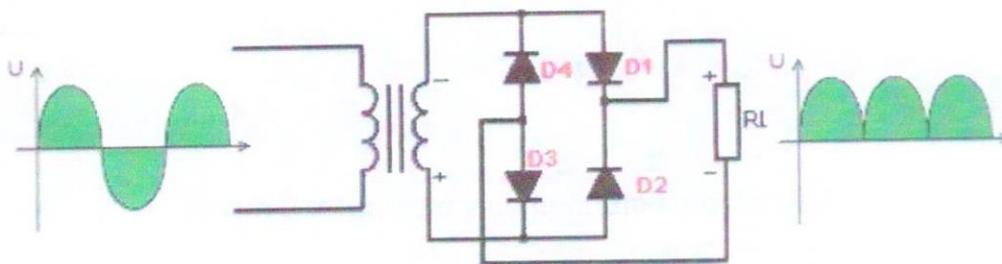


Figura 3.1 Ejemplo de un rectificador de onda completa

### 3.3 Diac y Triac

El **diac** es un dispositivo semiconductor tipo SCR de dos terminales. Es un diodo bidireccional disparable, que conduce la corriente sólo tras haberse superado su tensión de disparo y mientras la corriente circulante no sea inferior al valor característico para ese dispositivo. El comportamiento es fundamentalmente el mismo para ambas direcciones de la corriente. La mayoría de los diacs tiene una tensión de disparo de alrededor de 30 V. Los diacs se usan normalmente para disparar los triacs.

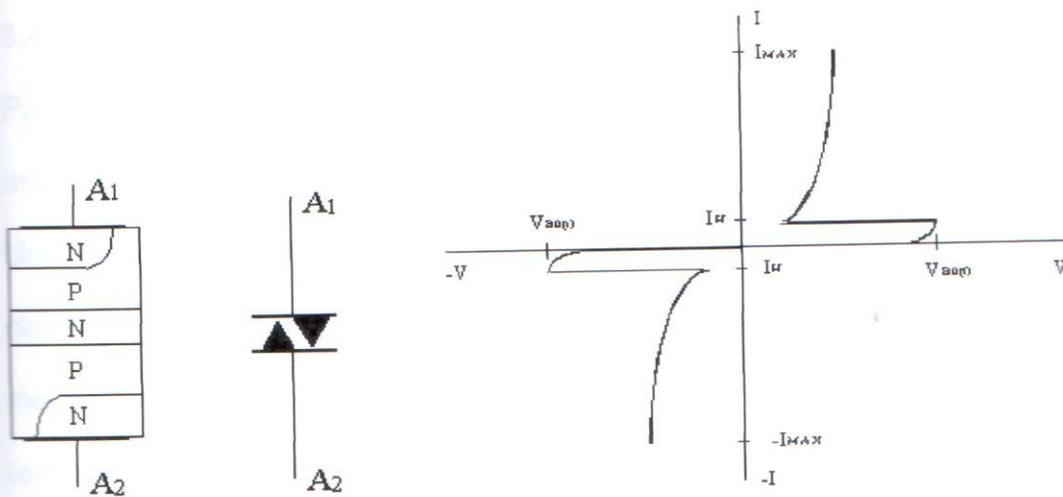


Figura 3.2 Símbolo y comportamiento de un Diac

Un **triac** es un dispositivo de la familia de los tiristores y es bidireccional, de forma que podría decirse que el triac es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna. Su estructura interna se asemeja en cierto modo a la disposición que formarían dos SCRS en antiparalelo. El disparo del triac se realiza aplicando una corriente al electrodo compuerta.

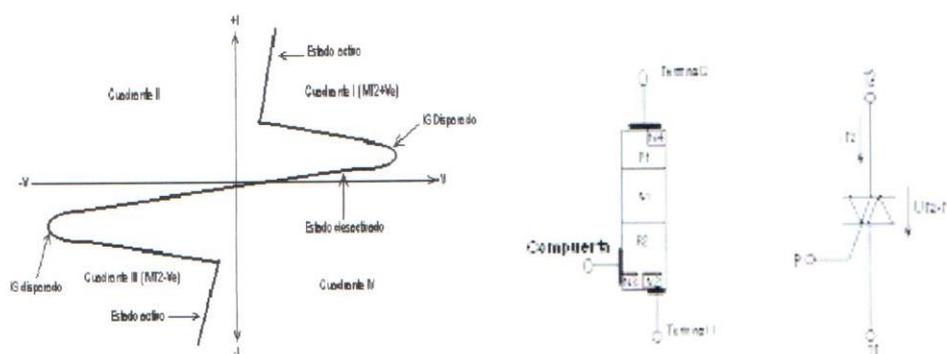


Figura 3.3 Símbolo y comportamiento de un triac

### 3.4 Frenado Dinámico

Para analizar el comportamiento del rotor del tubo de RX, se han realizado analogías con los motores monofásicos de baja potencia.

Una vez que el rotor se encuentra trabajando, es necesario frenar el rotor rápida y uniformemente. El frenado se puede realizar por métodos mecánicos o eléctricos, pero el frenado eléctrico presenta muchas ventajas respecto al mecánico, particularmente en los casos en que sea necesario controlar con precisión el instante de parada, la regularidad y la uniformidad de la operación; es así que mediante el principio del **frenado dinámico** y, durante su funcionamiento, se sustituye la alimentación de energía del bobinado del estator con CA, por alimentación CC. Entonces se desarrolla una serie de polos magnéticos estacionarios, en un número igual al de los que existen en el campo giratorio normal; como por la inercia del motor el rotor sigue girando, éstos cortan los campos magnéticos, induciéndose tensiones en el circuito del rotor que desarrollan corrientes; esta acción del generador que se produce en la máquina lleva a la conversión de la energía almacenada en el rotor en energía calorífica hasta la parada del tubo de RX. Se ha insertado una resistencia  $R$  en el frenado dinámico que se utiliza para limitar la corriente DC para que los diodos no se quemen; hay que recalcar que si se disminuye el valor de  $R$ , la corriente se incrementa y el frenado será más rápido y viceversa.

### 3.5 Análisis del circuito de control del rotor del tubo de RX

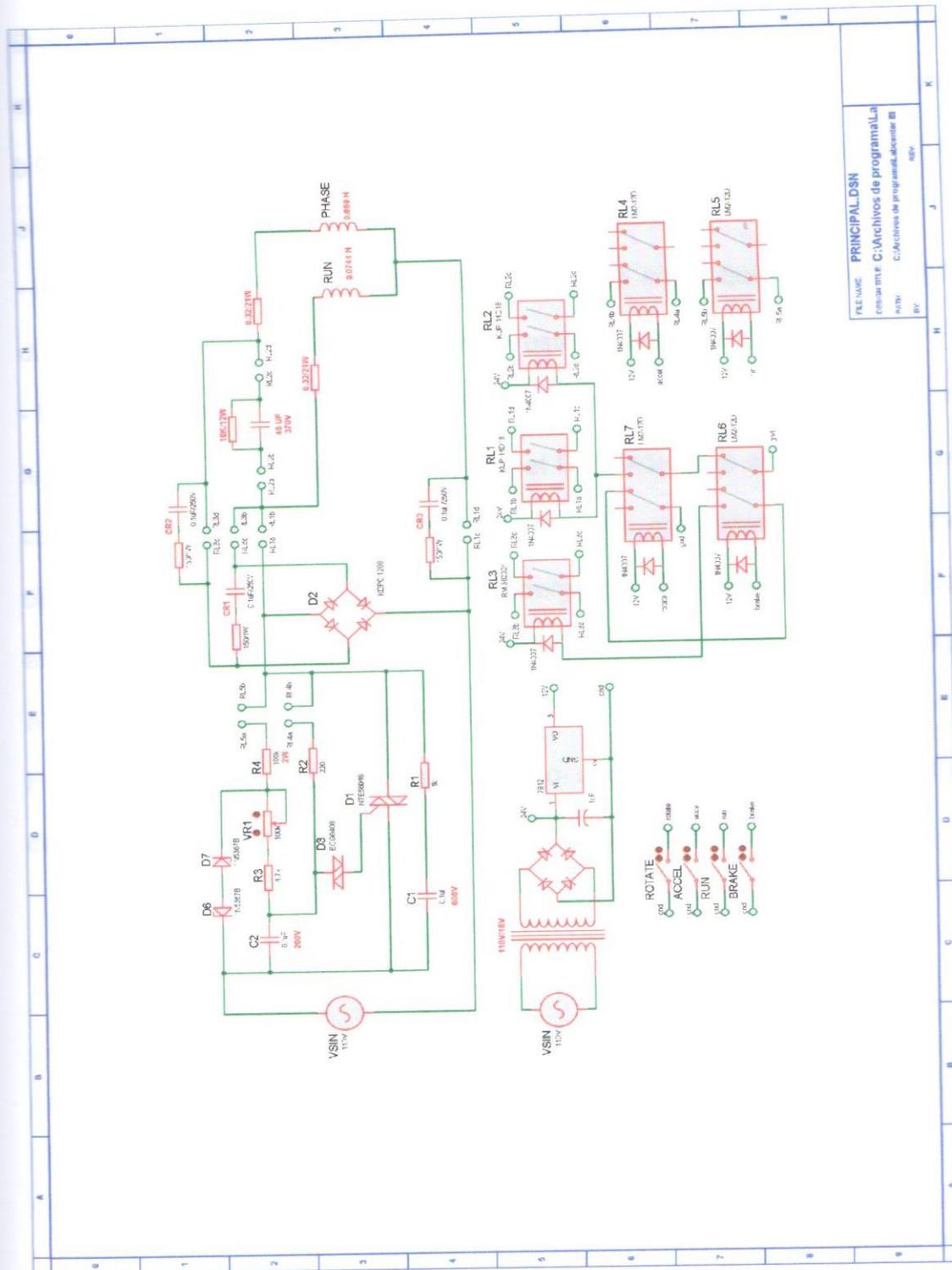


Figura 3.4 Esquemático completo del circuito de potencia

### 3.5.1 Arranque del rotor del tubo de RX:

El presente proyecto se ha basado en la teoría de arranque por condensador, el cual trata de que el rotor monofásico al momento del arranque sea bifásico. Tiene por tanto dos devanados en el inductor (que siempre está en el estator) desplazados  $\pi/(2 \cdot P)$ . Estos devanados son:

- El devanado principal, así denominado porque es el que recibe energía durante todo el tiempo en el que el motor está funcionando.
- El devanado auxiliar, de características idénticas al principal, pero al que se le ha añadido un condensador en serie, el C de  $45\mu\text{f}$  que es el que permite conseguir el desfase suficiente entre las dos corrientes. Se denomina devanado auxiliar porque sólo recibe energía eléctrica en el momento del arranque adicional; se le insertaron 3 resistencias en paralelo que dan  $8\text{ K}\Omega$  a  $12\text{ W}$  para la descarga del condensador.

Para conseguir el arranque es necesario que las corrientes de los dos devanados estén desfasadas como puede apreciarse en la figura adjunta.

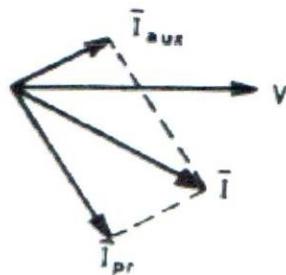


Figura 3.5 Desfase de devanados

### 3.5.2 Funcionamiento:

**Señal Rotate.-** Se envía la señal habilitación rotate la cual energiza RL6, el cual energiza a los relés RL1 y RL2; estos sincronizan la velocidad del rotor con la línea de poder a través del circuito de control de fase del triac. El rotor no empieza a funcionar hasta que el triac sea disparado.

**Señal Aceleración (Accel).-** Se envía la señal Accel que energiza RL4, el cual enciende el triac a través del diac, por cada medio ciclo de onda y esto aplica 120Vac a través de un capacitor de 45uf y una resistencia de 10kohms; al finalizar este periodo se desenergiza RL4.

**Señal Run.-** Se envía la señal de Run y ésta energiza la bobina RL5. Cuando el triac se apaga en cada cambio de semi ciclo, el voltaje instantáneo va a través de la red zener y la red serie C1 con R1. Los diodos zener D6 y D7 junto con R4 proveen una onda cuadrada en fase con los 120VAC; ésta alimenta una red RC formada por C2, R3 y el potenciómetro RV1. Cuando C2 se carga a aproximadamente 29 – 37 volts, D3 se activa y se descarga el capacitor a través de la compuerta del triac D1. El potenciómetro VR1 se ajusta para obtener el voltaje de salida RMS deseado.

**Señal Brake.-** Cuando termina la señal en modo Run, se desenergizan RL5 y RL6, los cuales abren los contactos de cada uno. Cuando se envía la señal de brake, ésta energiza la bobina de RL7 y a la vez energiza RL3 y se alimenta del poder de freno dinámico para el estator.

A continuación, se puede observar un diagrama de tiempos en cuanto a su funcionamiento real en un generador de RX.

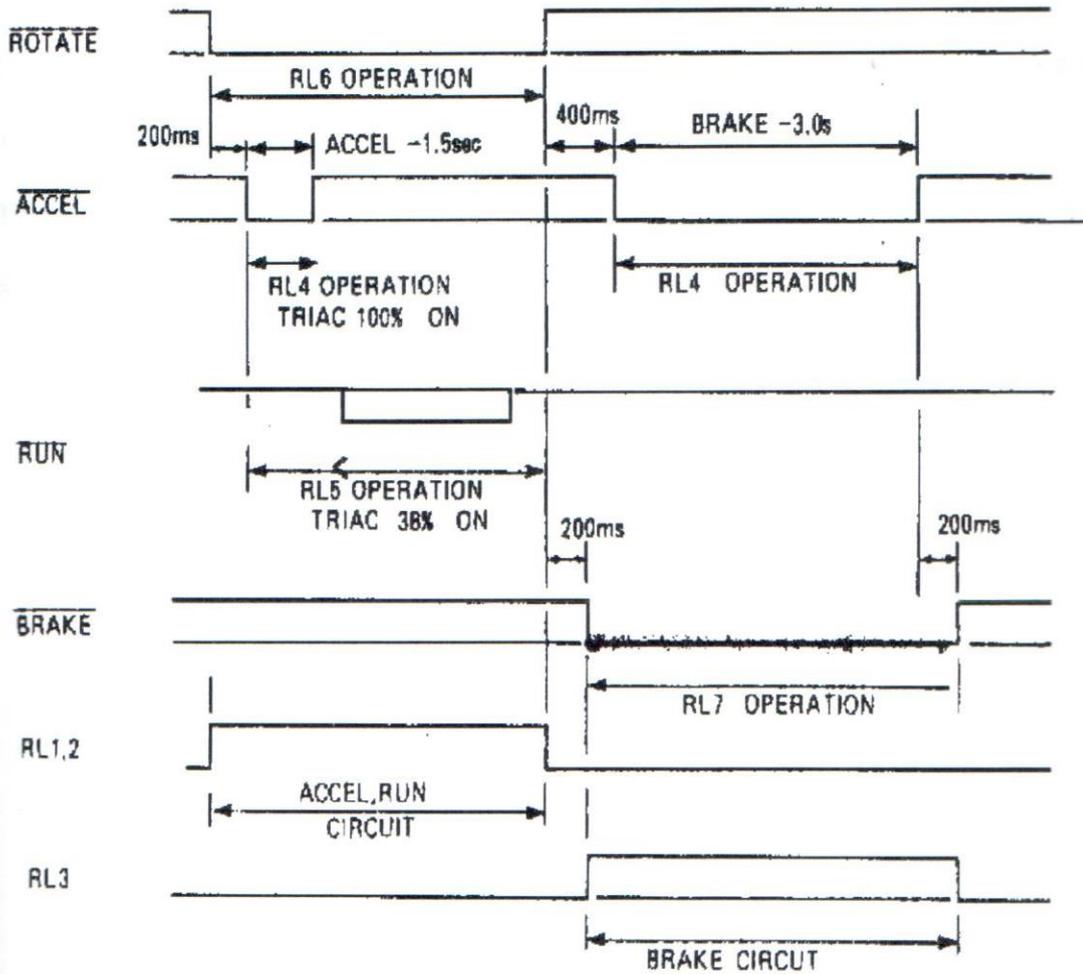


Figura 3.6 Diagrama de tiempo de las señales del rotor



### 3.5.3 Resultado de las señales

Se toma como base las señales obtenidas en un generador de alta tensión de TAC, con la premisa que todo tubo Rx tiene este tipo de comportamiento. Los resultados son bastante parecidos como se muestra a continuación:

#### Señal Run.-

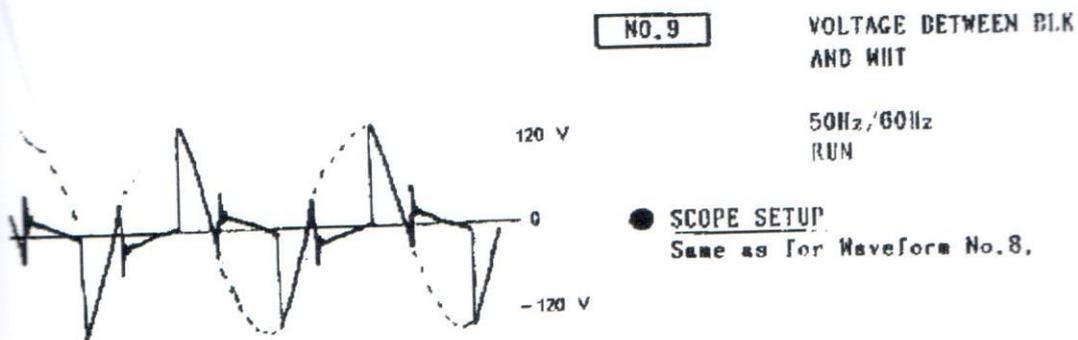


Figura 3.9 Señal Run de un generador de TAC marca General Electric

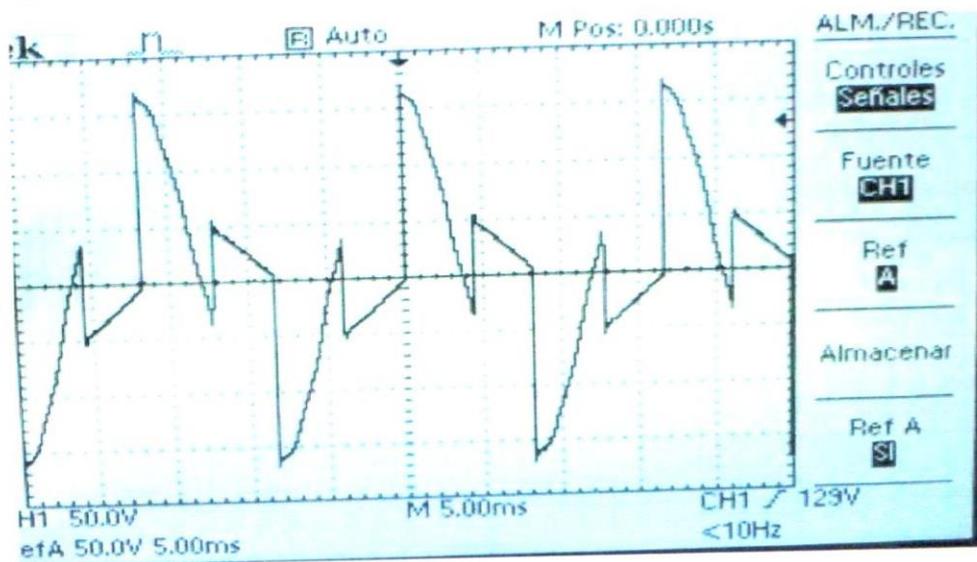


Figura 3.10 Señal Run obtenida en el proyecto

### Señal Aceleración (Accel).-

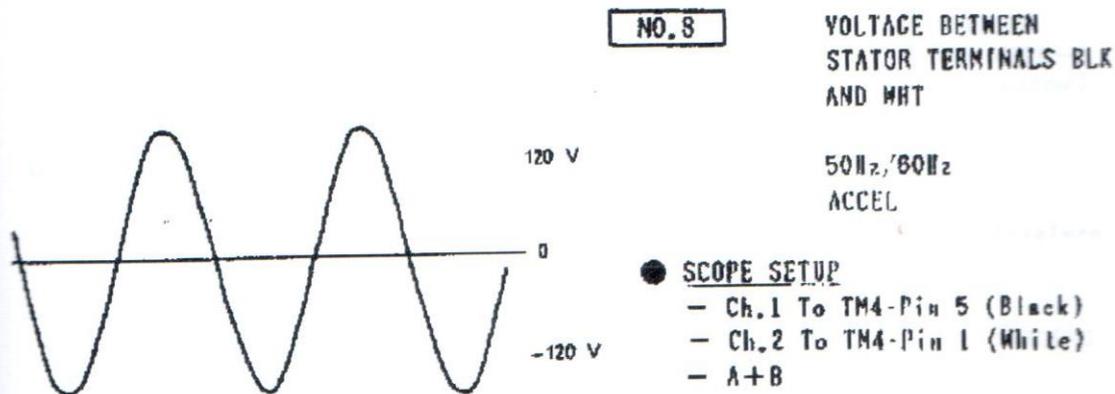


Figura 3.11 Señal Accel de un generador de TAC marca General Electric

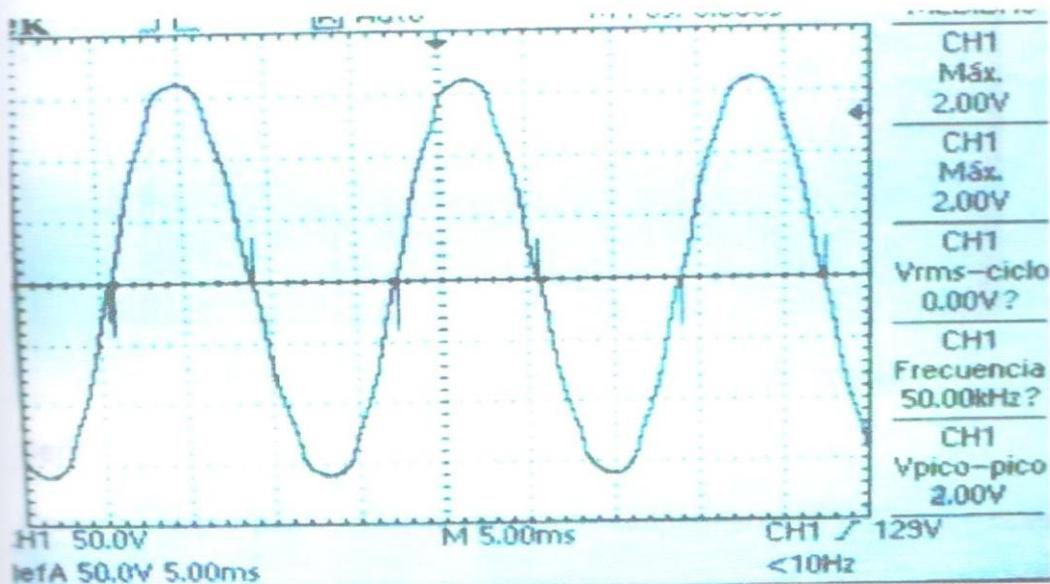


Figura 3.12 Señal Accel obtenida en el proyecto.

### Señal Brake.-

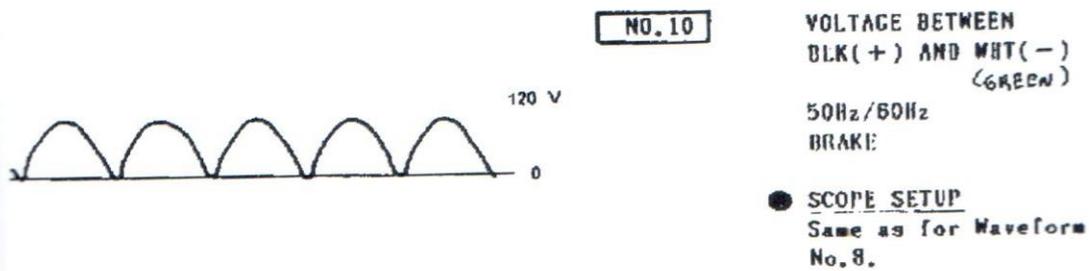


Figura 3.13 Señal Brake de un generador de TAC marca General Electric

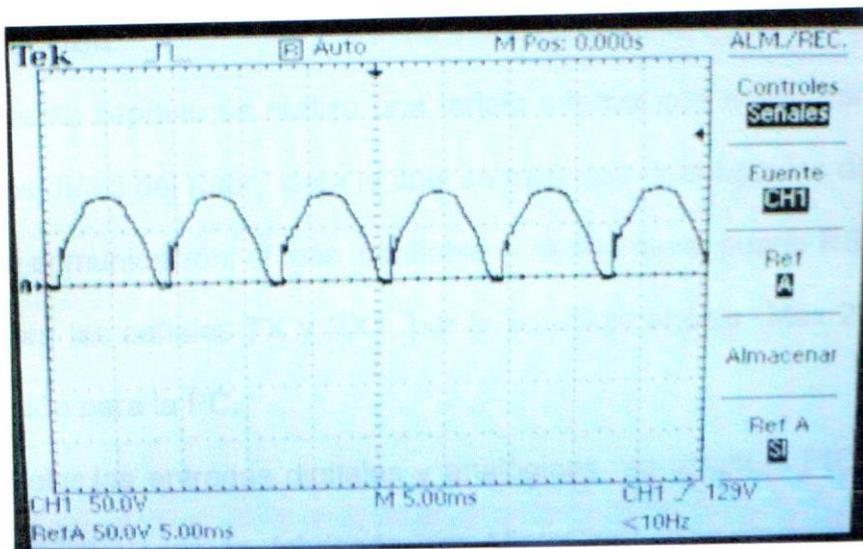


Figura 3.14 Señal Brake obtenida en el proyecto

### Señal Rotate.-

Como se había explicado anteriormente simplemente energiza los relés RL1 y RL2 para que el circuito empiece a trabajar, es decir no se observa ninguna señal.

Estas señales fueron tomadas en las entradas de la bobina del rotor del tubo de RX.

# CAPÍTULO 4

## INTERFAZ (PC BASED)

### 4.1 Introducción

En el presente capítulo se realizó una tarjeta interfaz con la PC para poder capturar los datos del rotor, para lo cual se tuvo que investigar los diferentes puertos de comunicación; el más confiable y rápido fue el puerto RS232, por donde viajan las señales TX y RX1, por lo se utilizó el chip Max 232 como comunicación para la PC.

Para controlar las entradas digitales y analógicas se utiliza el PIC 16F877. Este microcontrolador es fabricado por MicroChip. Este modelo de PIC posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

La tarjeta a su vez tiene sus propias fuentes de +10 V, +5 V, +12 V, -12 V independientes del circuito de potencia.

A continuación se aprecia la configuración de la tarjeta de adquisición de datos.

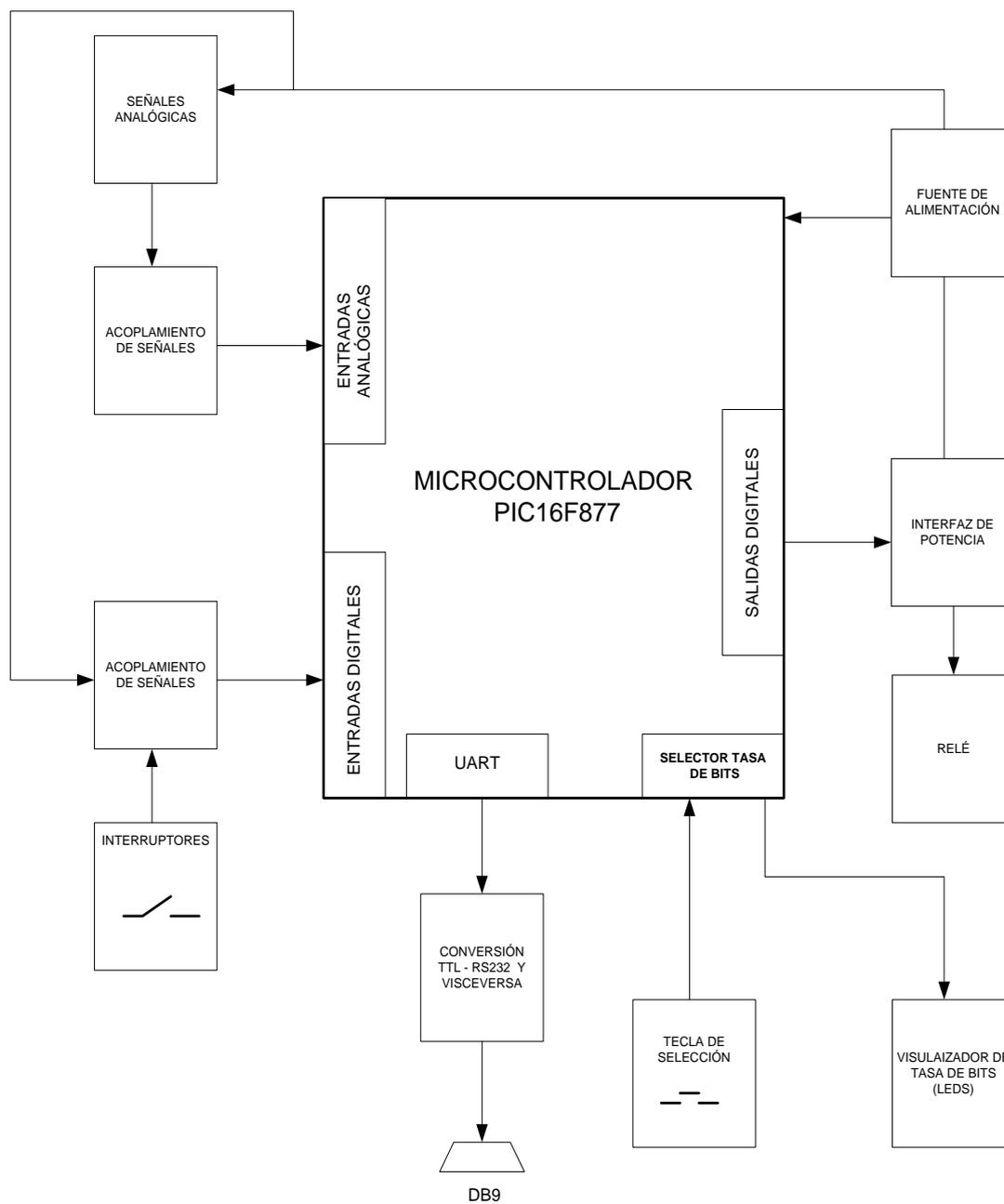


Figura 4.1 Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición.

## 4.2 Microcontrolador 16F877

Este PIC controla todas las señales analógicas y salidas y entradas digitales. Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógica Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y/o salida). La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND), mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, como es nuestro caso.

### 4.2.1 Descripción de los puertos:

#### Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 y RA0 y AN0
- RA1 y RA1 y AN1
- RA2 y RA2, AN2 y Vref-
- RA3 y RA3, AN3 y Vref+
- RA4 y RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI (Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5 y RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono)

### Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 e Interrupción externa
- RB4-7 Interrupción por cambio de flanco
- RB5-RB7 y RB3 y programación y debugger in circuit

### Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 y PWM/COMP/CAPT
- RC1 y T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 y IIC
- RC3-5 y SPI
- RC6-7 y USART

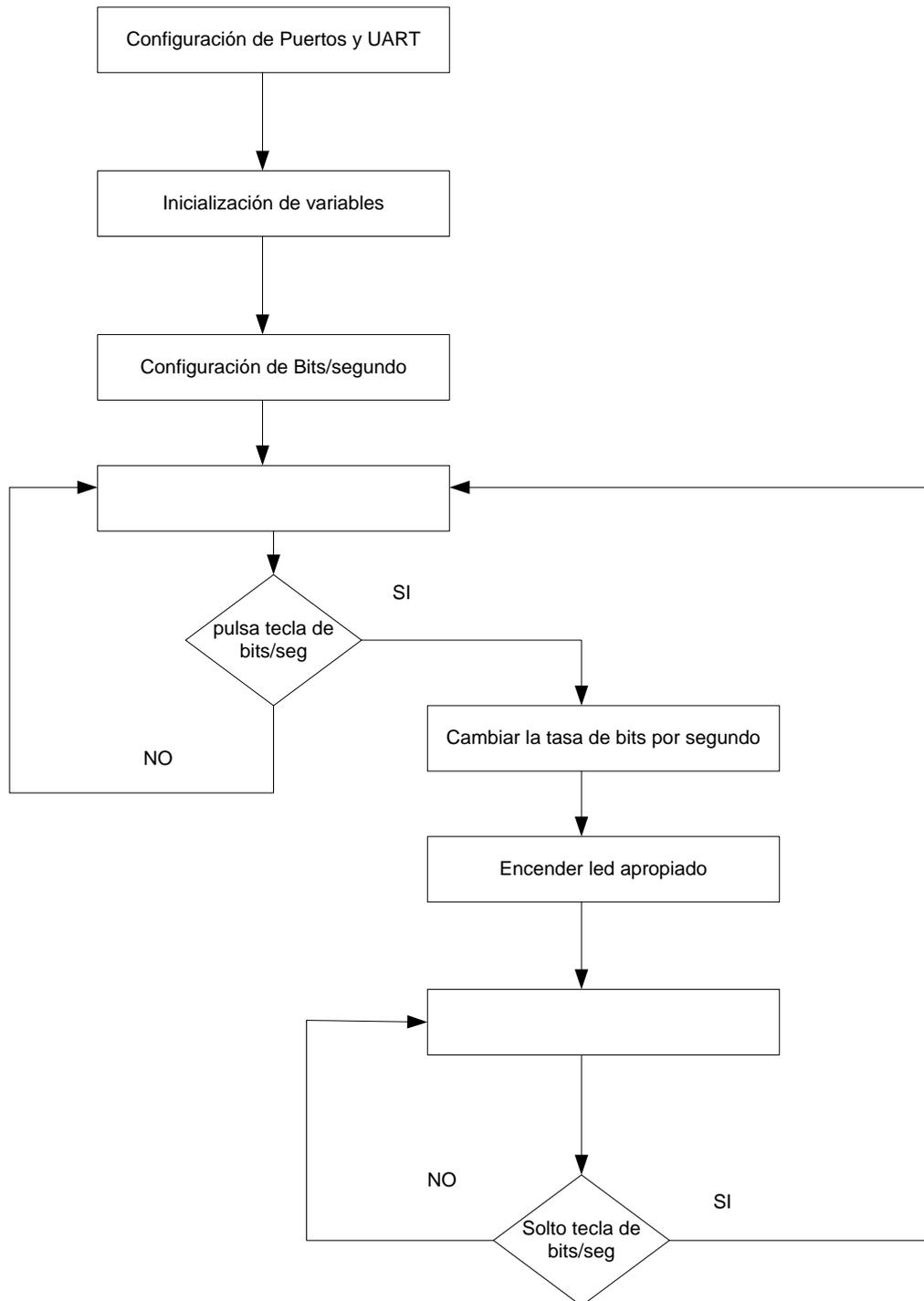
### Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)

### Puerto E:

- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS

#### 4.2.2 Diagrama de flujo del programa PIC



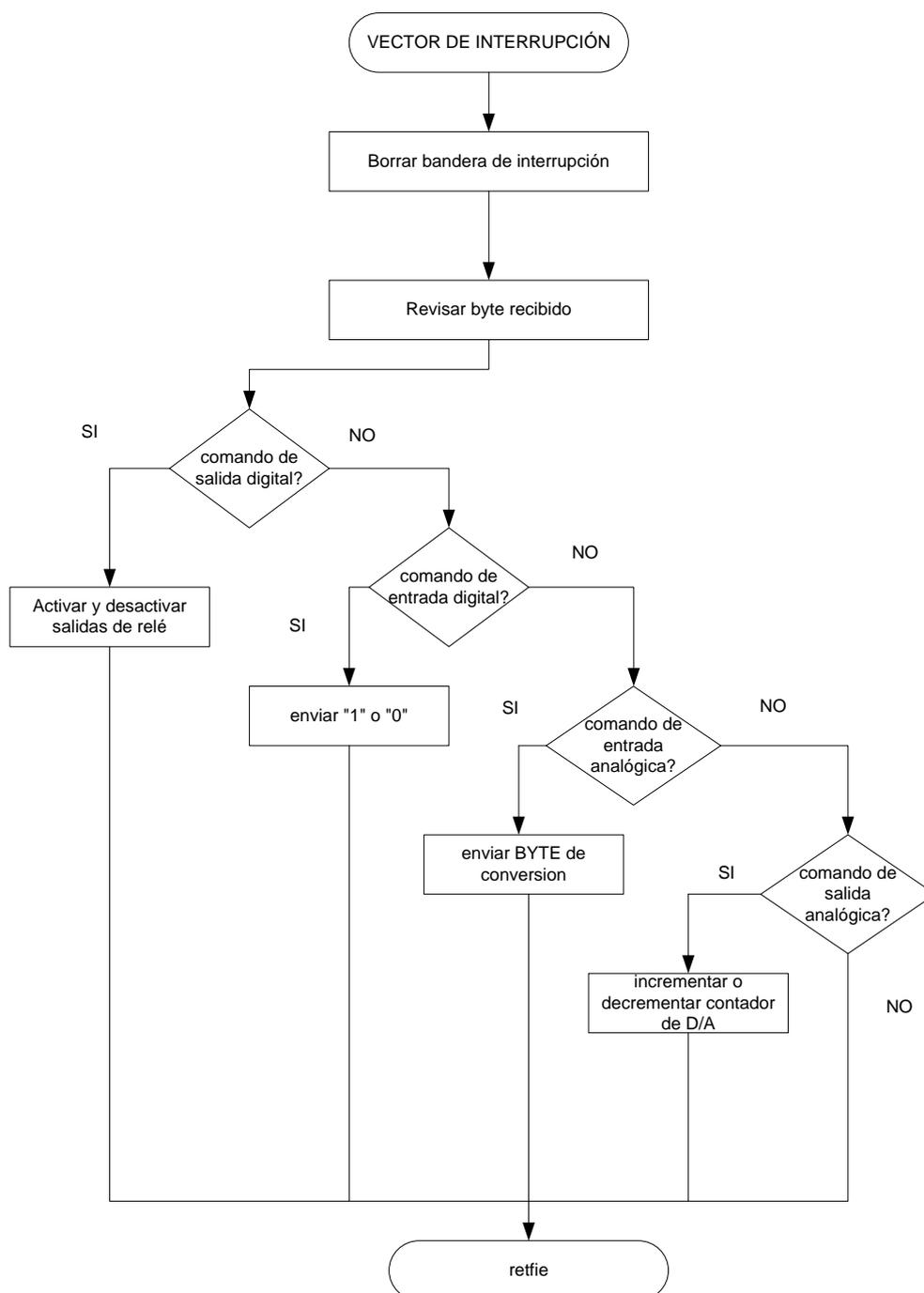


Figura 4.2 Diagrama de flujo del programa del PIC

Tanto el programa ensamblador, las características del PIC, así como su estructura interna y diagrama de pines del 16F877 pueden ser observadas en el apéndice del presente proyecto.

### **4.3 Comunicación RS-232 - Tratamiento de Señales**

Permite la comunicación serial de forma asincrónica punto a punto, que significa que no existe una señal de reloj que sincronice la transmisión y recepción de los datos; las computadoras traen por lo general uno o dos puertos series ubicados en su parte posterior, conocidos con los nombres com1 y com2. El RS -232 es una norma que se transmite por voltaje, referenciado a su terminal de tierra de +12VDC y -12VDC.

#### **4.3.1 Distribución de señales y conector DB-9**

En lo concerniente a la comunicación entre la computadora y el PIC, debido a los voltajes que se hacen necesarios, se ha utilizado como interfaz el MAX-232, que permite asegurar la correcta alimentación de la señal para poder activar de modo adecuado la comunicación vía serie.

12V equivalen a un ``0" lógico.

-12V equivalen a un ``1" lógico.

Como los niveles lógicos que salen del micro no son compatibles con los lógicos del puerto, necesitamos usar como interfaz el MAX-232 para que adecúe estos valores.

La conexión es sencilla; sólo es necesario comunicarlo con dos pines del puerto serie además de la tierra. Debido a ello, se eligió por su funcionalidad y sencillez este tipo de comunicación.

La entrada a este chip proviene de las pines 17 y 18 del PIC, que son respectivamente TX y RX1. Éstas señales van conectadas directamente al MAX-232 a partir de los pines 11 y 12, que son de entrada. Y los pines de salida serán los que se conectarán con el puerto serie.

Posteriormente, se ha añadido un conector de puerto serie macho en la placa, que se conectará a través de un cable serie hembra con el puerto serie del PC.

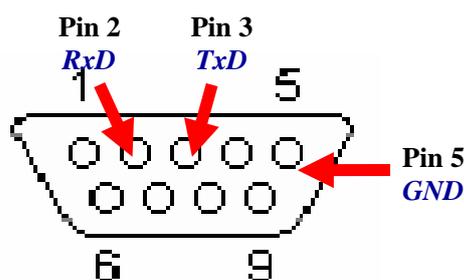
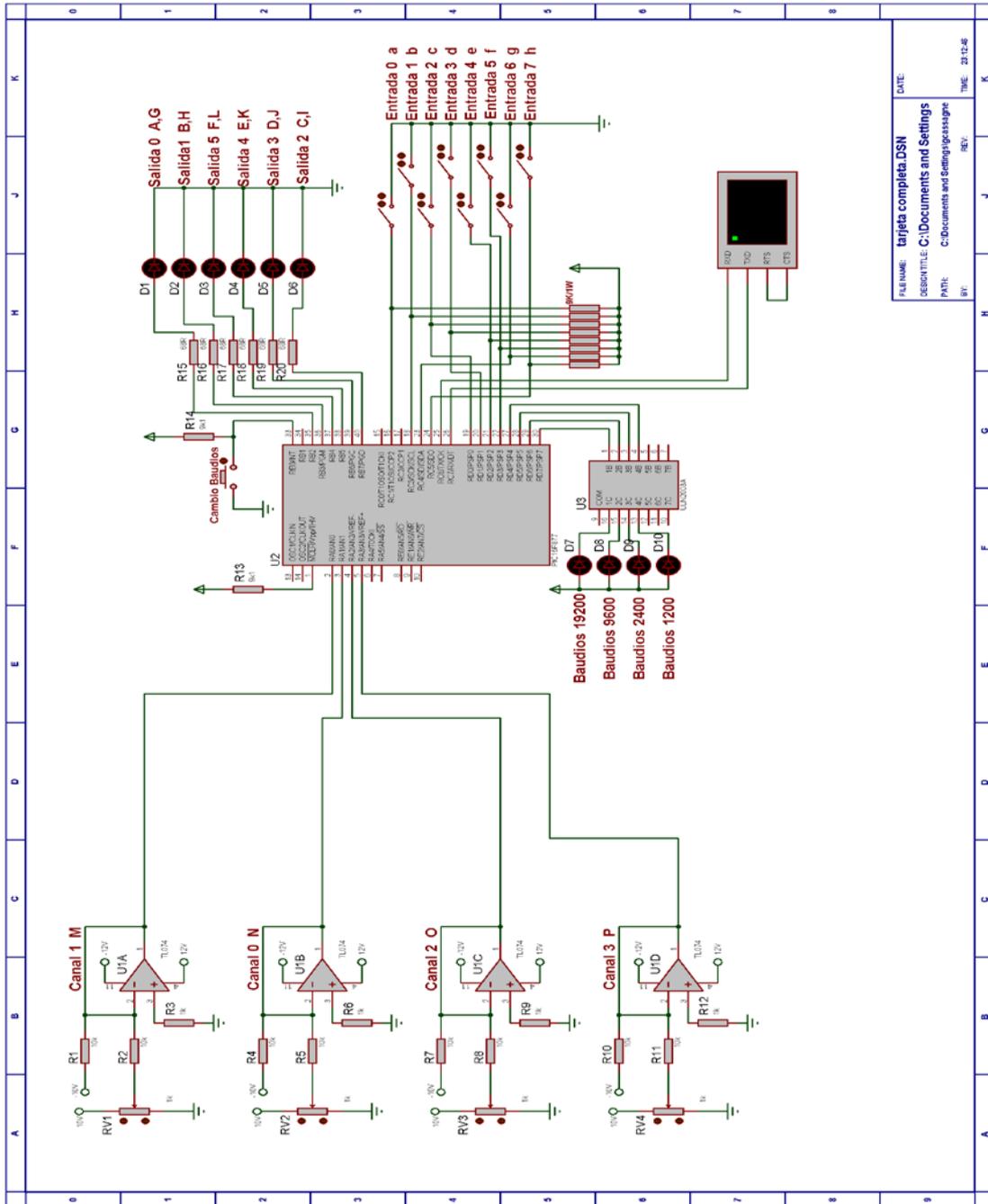


Figura 4.3 Distribución de los conectores DB9

### 4.4 Tarjeta de adquisición de datos



|              |                                 |       |          |
|--------------|---------------------------------|-------|----------|
| FILE NAME:   | targeta completa.DSN            | DATE: |          |
| DESCRIPTION: | C:\Documents and Settings       |       |          |
| PART:        | C:\Documents and Settings\agrac |       |          |
| REV:         |                                 | REV:  |          |
|              |                                 | TIME: | 21:12:48 |

Figura 4.4 Esquemático de la tarjeta de adquisición

La tarjeta contiene los siguientes módulos:

**Señales analógicas.-** Voltajes que pueden variar desde -10V a 10 V.

**Acoplamiento de señales analógicas.-** Reduce los voltajes de +10V a -10V a valores de 0 – 5 V para la conversión apropiada a digital.

**Acoplamiento de señales.-** Aísla y protege al microcontrolador de una mala conexión en las entradas mediante el CI 4N25 (opto acoplador con salida de transistor).

**Interruptores.-** Controlan el estado lógico de las entradas digitales.

**Fuente de alimentación.-** Mediante la rectificación y regulación de voltaje proveniente del transformador de 12-0-12 voltios, entrega los siguientes voltajes DC: -12 VDC +12VDC -10 VDC +10VDC + 5 VDC.

**Interfaz de potencia.-** Consiste en el CI ULN2003 que está formado de 7 transistores en colector abierto que activan a los relés.

**Relé.-** Son 6 relés con dos estados, normalmente abierto y normalmente cerrado; el estado de activación de la bobina del relé es visible mediante diodos led.

**Conversión TTL-RS232 y viceversa.-** Convierte los voltajes propios de la norma RS232 (-12V +12V) que corresponden a los estados lógicos a niveles TTL (0-5V).

**DB9.-** Conector que contiene tres señales: Tx, Rx, Tierra

**Tecla selector de tasa de bits.-** Mediante este pulsador el usuario tiene la posibilidad de ajustar la tasa de bits por segundo dependiendo de las características del equipo maestro (PC).

#### **4.4.1 Lista de comandos para funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos.-**

La comunicación de la tarjeta, se lo hace por medio de comandos ASCII a través del puerto serial, es decir siguiendo la norma RS-232. El protocolo se rige por la siguiente regla:

**Entradas analógicas:** Para leer un canal analógico, el equipo Maestro (PC) deberá enviar un comando ASCII (1 byte) correspondiente al canal que se desea conocer su valor analógico y la tarjeta de Adquisición de Datos responderá con el valor digital (1 byte) del canal solicitado ver (tabla 4.1).

**Entradas digitales:** Para conocer el estado lógico de una entrada digital, el equipo Maestro (PC) deberá enviar un comando ASCII (1 byte) correspondiente a la entrada deseada y la tarjeta de Adquisición de Datos responderá con los valores "0" o "1" en ASCII (1 byte) dependiendo del estado de dicha entrada (tabla 4.2).

**Salidas Digitales:** Para manipular las salidas digitales (estado de los relés), el equipo Maestro (PC) debe enviar a través del puerto serial un comando en ASCII (1 byte); este comando dependerá del estado al que se desee establecer el relé (ver tabla 4.3)

Tabla 4.1 Entradas Analógicas

| <b>Entradas<br/>Analógicas</b> | <b>Canal</b> | <b>Comando ASCII</b> |
|--------------------------------|--------------|----------------------|
|                                | Canal 0      | N                    |
|                                | Canal 1      | M                    |
|                                | Canal 2      | O                    |
|                                | Canal 3      | P                    |

Tabla 4.2 Entradas Digitales

| <b>Entradas<br/>Digitales</b> | <b>Canal</b> | <b>Comando ASCII</b> |
|-------------------------------|--------------|----------------------|
|                               | Entrada 0    | a                    |
|                               | Entrada 1    | b                    |
|                               | Entrada 2    | c                    |
|                               | Entrada 3    | d                    |
|                               | Entrada 4    | e                    |
|                               | Entrada 5    | f                    |
|                               | Entrada 6    | g                    |
|                               | Entrada 7    | h                    |

Tabla 4.3 Salidas Digitales

|                          | <b>Canal</b> | <b>Comando de desactivación</b> | <b>Comando ASCII para activación</b> |
|--------------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Salidas Digitales</b> | Salida 0     | A                               | G                                    |
|                          | Salida 1     | B                               | H                                    |
|                          | Salida 2     | C                               | I                                    |
|                          | Salida 3     | D                               | J                                    |
|                          | Salida 4     | E                               | K                                    |
|                          | Salida 5     | F                               | L                                    |

Cabe resaltar que los comandos indicados en las tablas deben ser respetados en cuanto a las mayúsculas y minúsculas ya que el código ASCII diferencia éstas con códigos diferentes.

Características del PIC, como su estructura interna y diagrama de pines se los puede observar en los anexos correspondientes.

# CAPÍTULO 5

## DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE

### 5.1 Introducción al Labview.

En nuestra rama de Ingeniería siempre se habla del laboratorio virtual que no es más que, simular un proceso o sistema que se parece y se comporta como un proceso o sistema real, para poder observar su comportamiento. También se habla de instrumentación virtual, cuando se emplea la computadora para realizar funciones de un instrumento clásico pudiendo agregarle al instrumento otras funciones a voluntad

National Instruments introdujo LabView 1.0(1986): Herramienta de software para desarrollar sistemas a medida, Este nombre LabView viene de las siglas en inglés Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.

El LabView es un programa para el desarrollo de aplicaciones de propósitos generales, programación gráfico Lenguaje G.

Para nuestro proyecto, se escogió el Labview que es la herramienta que va a controlar los parámetros del rotor.

## 5.2 Diseño e implementación de software de control del rotor del tubo de RX.



Figura 5.1 Pantalla general



### 5.2.3 Diseño manual y automático

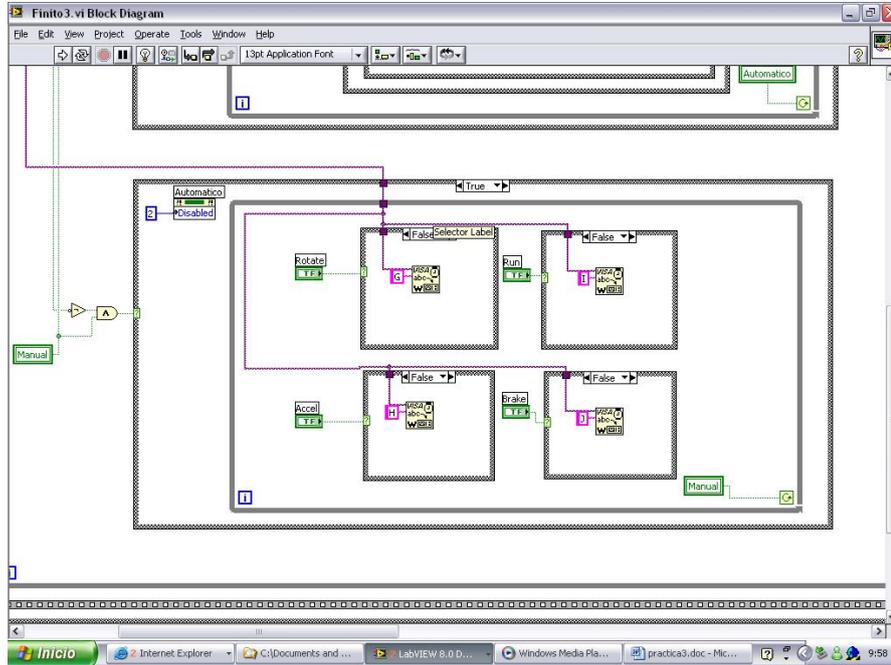


Figura 5.4 Diseño del modo manual

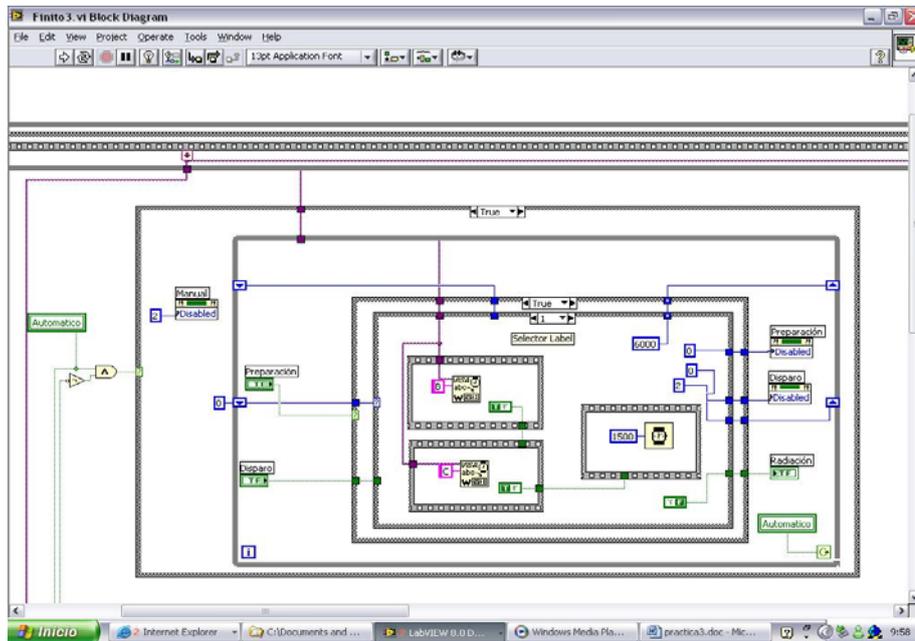


Figura 5.5 Diseño de modo automático

### 5.3 Diseño e implementación del software de control de Exposición.



Figura 5.6 Pantalla de ajuste de energía

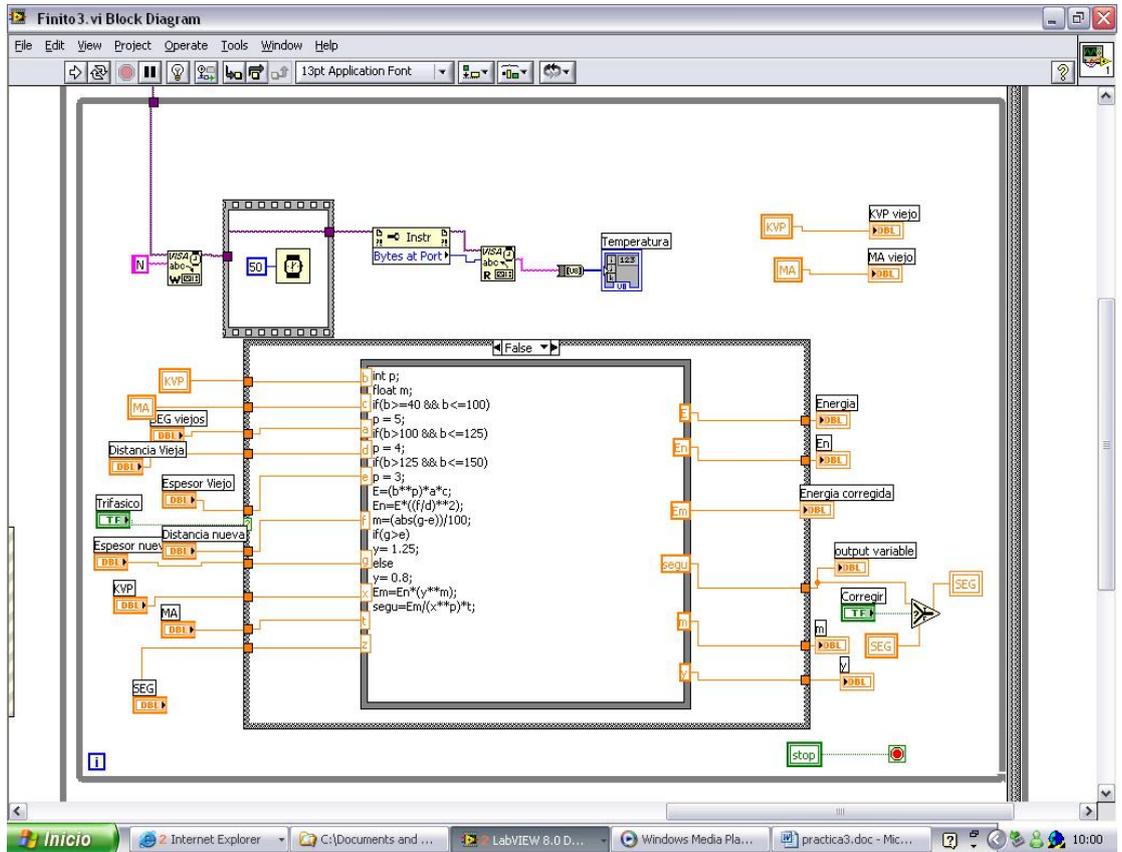


Figura 5.7 Diseño de ajuste de energía

# CAPÍTULO 6

## ANÁLISIS DE COSTOS

### 6.1 Tarjeta de Adquisición

Esta tarjeta es económica para el propósito del proyecto; generalmente estas tarjetas son vendidas por el precio de \$200 dólares o más. Los precios son acordes al mercado del país.

Tabla 6.1 Valores de los elementos de la tarjeta de adquisición

| <b>Elemento</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Valor Unitario</b> | <b>Valor Total</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| PIC 16F877      | 1               | \$ 16,0               | \$ 16,0            |
| Pot 1k $\Omega$ | 4               | \$ 2,5                | \$ 10,0            |
| Resistor 9k     | 1               | \$ 1,0                | \$ 1,0             |
| Resistores      | 6               | \$ 0,7                | \$ 4,2             |
| Uln2003         | 1               | \$ 5,0                | \$ 5,0             |

|                        |    |              |          |
|------------------------|----|--------------|----------|
| Opamp                  | 1  | \$ 7,0       | \$ 7,0   |
| Botonero               | 1  | \$ 0,5       | \$ 0,5   |
| Diodos led             | 10 | \$ 0,2       | \$ 1,5   |
| Relés                  | 7  | \$ 2,5       | \$ 17,5  |
| Capacitores            | 5  | \$ 0,5       | \$ 2,5   |
| Switches               | 8  | \$ 1,0       | \$ 8,0   |
| Placa                  | 1  | \$ 25,0      | \$ 25,0  |
| Confección de la placa | 1  | \$ 35,0      | \$ 35,0  |
| Varios                 | 1  | \$ 7,0       | \$ 7,0   |
|                        |    | Total =====> | \$ 140,2 |

## 6.2 Circuito de potencia

Tabla 6.2 Valores de los elementos del circuito de potencia

| Elemento                      | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------------------------|----------|----------------|-------------|
| Triac AC16F                   | 1        | \$ 6,0         | \$ 6,0      |
| Diac                          | 1        | \$ 10,0        | \$ 10,0     |
| Rectificador de onda completa | 1        | \$ 8,0         | \$ 8,0      |

|                                |   |              |                 |
|--------------------------------|---|--------------|-----------------|
| Red Snubber 0.1uF-<br>120ohm   | 4 | \$ 3,0       | \$ 12,0         |
| Capacitor 0.1uF/ 200V          | 1 | \$ 5,0       | \$ 5,0          |
| Diodos Zener - 47V             | 2 | \$ 1,0       | \$ 2,0          |
| Relés 24V – 720Ω               | 4 | \$ 5,0       | \$ 20,0         |
| Relés 24V – 250VAC             | 3 | \$ 15,0      | \$ 45,0         |
| Capacitor 45uF<br>370Vac       | 1 | \$ 15,0      | \$ 15,0         |
| Placa 11 x 25                  | 1 | \$ 50,0      | \$ 50,0         |
| Resistores 1,2Ω /10w           | 8 | \$ 1,2       | \$ 9,6          |
| Potenciómetro 1kΩ              | 1 | \$ 3,0       | \$ 3,0          |
| Resistores varios              | 6 | \$ 0,5       | \$ 2,7          |
| Borneras                       | 3 | \$ 0,6       | \$ 1,8          |
| Rectificador de puente         | 1 | \$ 3,0       | \$ 3,0          |
| Transformador<br>110/6VAC      | 1 | \$ 4,0       | \$ 4,0          |
| Transformador<br>110/18VAC     | 1 | \$ 6,0       | \$ 6,0          |
| Material de placa 25<br>x16 cm | 1 | \$ 25,0      | \$ 25,0         |
| Confección de placa            | 1 | \$ 40,0      | \$ 40,0         |
|                                |   | Total =====> | <b>\$ 268,1</b> |

Cabe mencionar que los costos de una tarjeta de control de rotor, de cualquier distribuidora que construye estos repuestos, oscilan entre \$2000 y \$2500 dólares dependiendo de la potencia del equipo de RX.

Por lo que la tarjeta es relativamente económica y además se le ha adaptado tecnología, puesto que se controla desde la PC; en la mayoría de los equipos de RX este monitoreo no es controlado por lo elevado que se tornaría el equipo de RX y no pudiera competir en cuestión de precios frente al resto del mercado.

### **6.3 Análisis total**

El total del proyecto oscila alrededor de \$ 400 dólares, lo cual se considera que es un precio bajo para la magnitud del estudio y al área que se está adentrando, que es la de automatizar y controlar un generador de RX.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El principal objetivo ha sido demostrado, que es de incorporar el diseño de un generador de RX, a la tecnología de PC Based, puesto que con la ayuda de la tarjeta de adquisición de datos se han monitoreado los parámetros que gobiernan al tubo de RX (elemento principal de un equipo de RX), en cuanto a su rotor se refiere. Por lo que se recomienda que a futuro se siga con esta investigación, puesto que falta controlar la corriente de filamento, y generar el alto voltaje, y se puede hablar de un generador de RX construido en el país.
- En cuanto a lo económico se puede decir que al analizar este circuito de potencia, se esta en capacidad de reparar cualquier tarjeta de control de rotor de un tubo de RX, lo que resulta módico por cuanto estas tarjetas oscilan entre \$2.000 y \$3.000 dólares.
- Comprobamos que la Electrónica de Potencia con la rama de la Medicina, están aliadas, ya que se utilizó circuitos de potencia como son el diac y triac, para controlar el rotor un tubo de RX que es un repuesto que emite radiación y es bastante utilizado en la Medicina.
- La mejor forma y más versátil de comunicarse con la PC es el puerto serial, ya que es fácil configurar los puertos com y la velocidad de transmisión, con el PIC 16F877 a través del Max 232; tal vez exista problemas con las PC portátiles ya que no tienen puerto serial, por lo

que se recomienda adquirir un adaptador de cable USB a serial que existen en el mercado y con el software configurarlo adecuadamente.

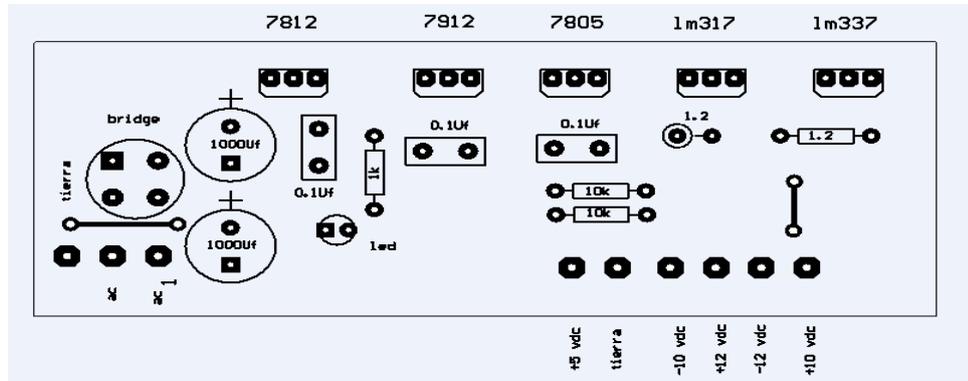
- El control del rotor de un tubo de RX es fundamental en un generador ya que de toda la energía que se emite para formar la radiación, sólo el 1% se convierte en RX; el 99% restante es calor y es el rotor el que ayuda a la disipación de este calor, por lo que es recomendable controlar el rotor para que éste no se dañe y por lo tanto que el tubo de RX no se queme.
- El tubo de Rx puede decirse que tiene dos analogías, la primera que se comporta en su funcionamiento como un diodo y la otra en cuanto a que su rotor se comporta como un motor de baja potencia.

## BIBLIOGRAFÍA

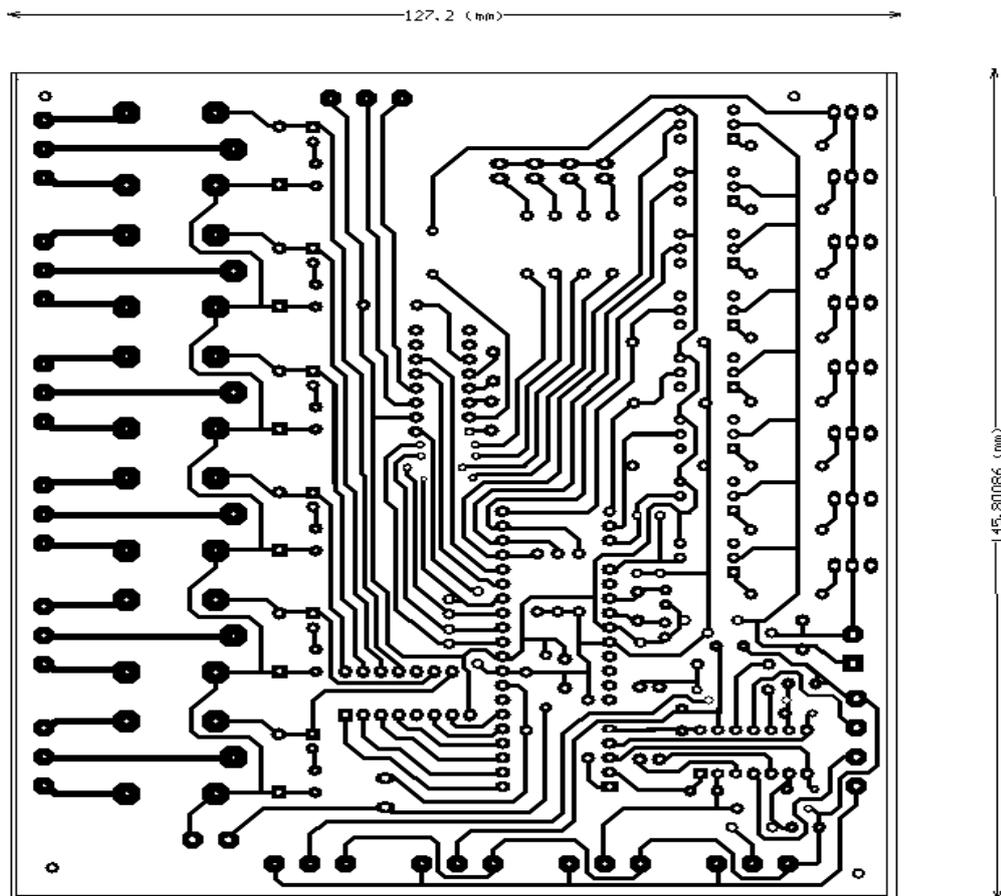
1. R.J. LAWRIE, Motores eléctricos. Editorial Oceánica, 1987
2. ING. MIGUEL YAPUR. Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica publicadas por la Escuela Superior Politécnica Nacional, Quito, 1988.
3. COMISIÓN ECUATORIANA DE ENERGÍA ATÓMICA, Curso Básico de Protección Radiológica. Editorial PPL Impresores, 2002
4. J.P. MONNIER, Manual de radiología. Editorial Masson S., 1984
5. MASON,L.R. Fundamentos de la radiología dental 2a. Editorial Moderno, 1987
6. FIMCP, Guía de elaboración de tesis de grado, 2003
7. GENERAL ELECTRIC, Manual de servicio técnico para TAC 320, 1989.
8. INTERNET, Herramientas Web;  
<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/inter232.html>.
9. INTERNET, Monografías,  
<http://www.monografias.com/trabajos18/descripcion-pic/descripcion-pic.shtml>.
10. INTERNET, Wikipedia, <http://es.wikipedia.org/wiki/Labview>.



## Layout de la tarjeta de fuente dc

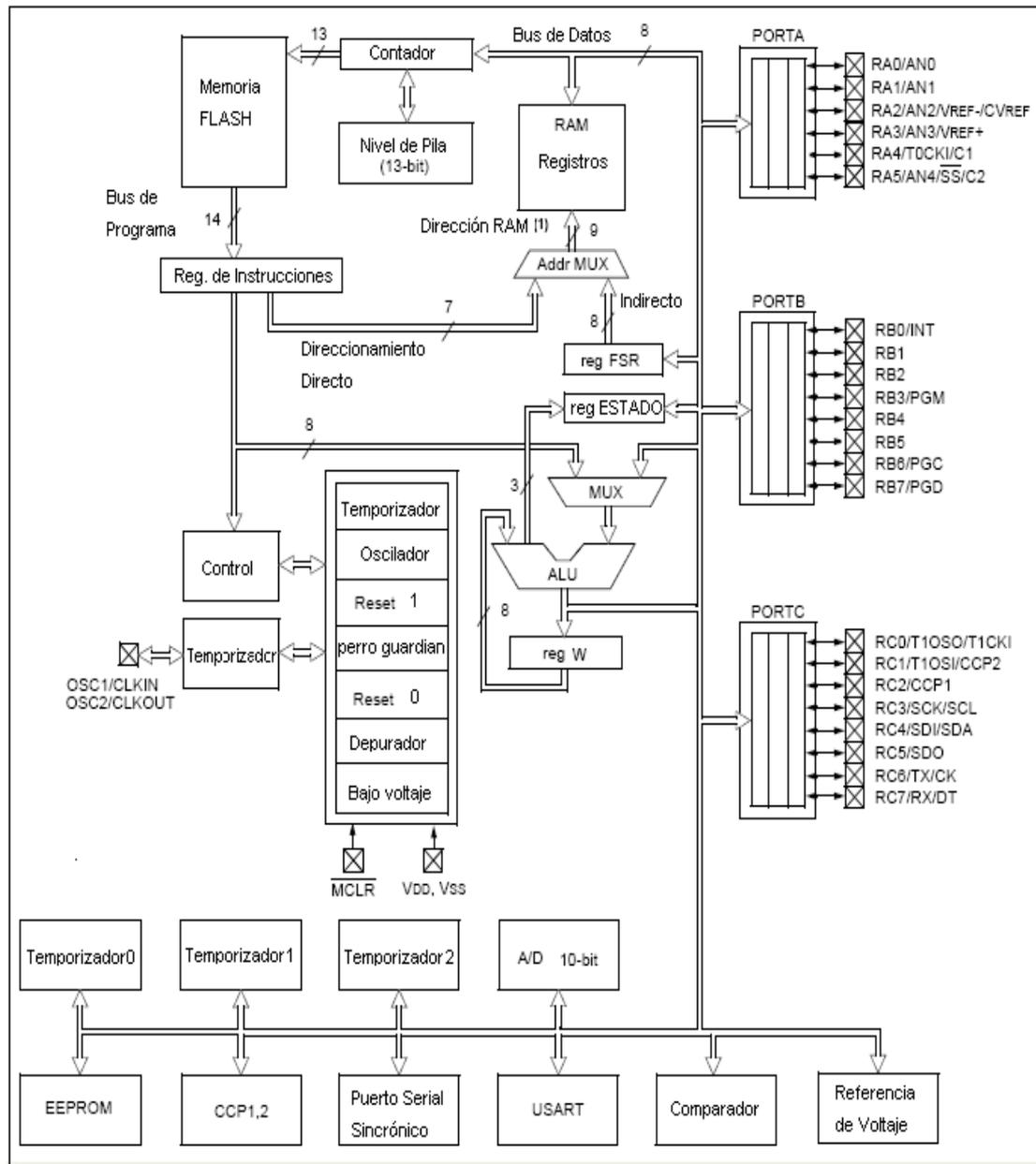


## Layout de la tarjeta de adquisición de datos posterior

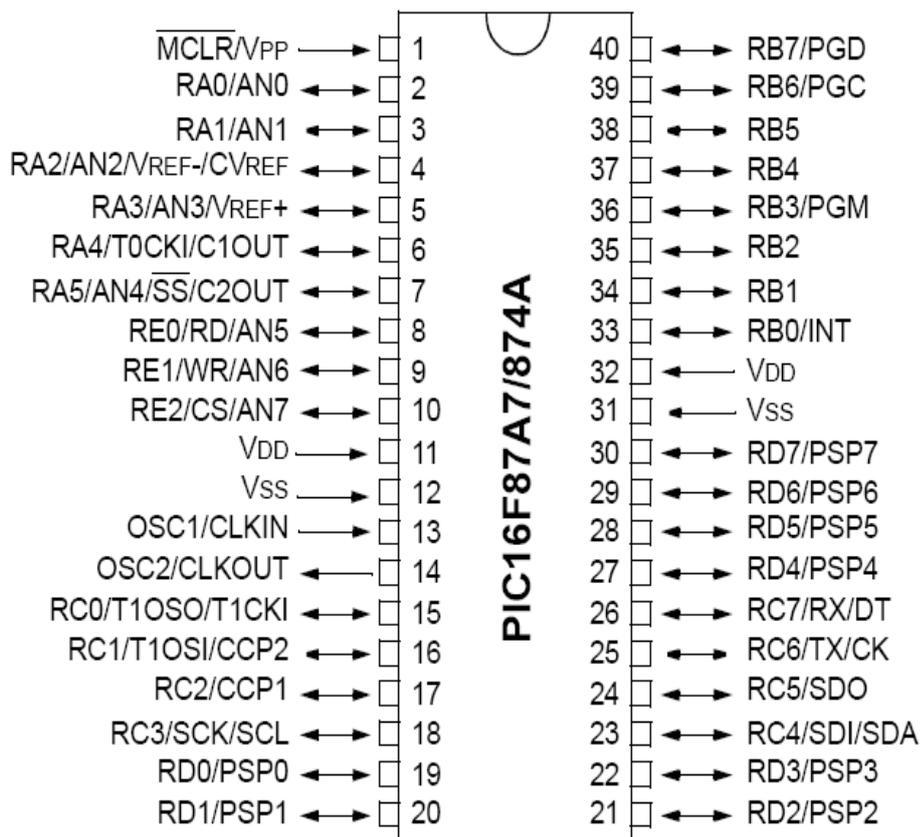


## APÉNDICE B

### DIAGRAMA DE BLOQUES INTERNO DEL PIC16F877 Y SU CONFIGURACIÓN



## PDIP (40 pin)



## APÉNDICE C

### PROGRAMA ENSAMBLADOR DEL PIC 16F877

\*\*\*\*\*

```
LIST P=16F877A      ; Se indica el modo de procesador
RADIX      HEX      ; Sistema de numeración hexadecimal
INCLUDE <P16F877A.inc>; se incluye la definición de registros internos
W_TEMP      EQU 0X20
PCLATH_TEMP EQU 0X21
STATUS_TEMP EQU 0X22
CounterA    EQU 0X23
CounterB    EQU 0X24
CounterC    EQU 0X25
COUNTA     EQU 0X26
COUNTB     EQU 0X27
COUNTC     EQU 0X28
COUNTD     EQU 0X29
BYTE        EQU 0X2A
VALOR       EQU 0X2B
COUNTC     EQU 0X2C
AUX         EQU 0X2D
SETT        EQU 0X2E
BYTE_READ   EQU 0X2F
```

```
PDeI0          EQU  0X30
PDeI1          EQU  0X31
F_DIGITAL      EQU  0X32
PDeI02        EQU  0X33
COUNT_MAZA   EQU  0X36
BAUDIO        EQU  0x40
#define        BANCO_0  BANKSEL  PORTA      ; Sentencia para
seleccionar banco 0
#define        BANCO_1  BANKSEL  TRISA      ; Sentencia para
seleccionar banco 1
#define        DIGITAL_1      PORTC,1
#define        DIGITAL_2      PORTC,3
#define        DIGITAL_3      PORTD,0
#define        DIGITAL_4      PORTD,1
#define        DIGITAL_5      PORTD,2
#define        DIGITAL_6      PORTD,3
#define        DIGITAL_7      PORTC,4
#define        DIGITAL_8      PORTC,5
#define        SALIDA_1       PORTB,2
#define        SALIDA_2       PORTB,3
#define        SALIDA_3       PORTB,7
#define        SALIDA_4       PORTB,6
```

```

#define          SALIDA_5          PORTB,5
#define          SALIDA_6          PORTB,4
#define          SELECT_BAUD      PORTB,0
#define          LED_1            PORTD,4
#define          LED_2            PORTD,5
#define          LED_3            PORTD,6
#define          LED_4            PORTD,7
ORG             0
goto           INICIO
ORG             0X04
GOTO           INTER
ORG             0X05

```

```

;*****
;

```

```

; SERVICIO DE INTERRUPCION

```

```

;*****
;

```

```

INTER          movwf          W_TEMP
               swapf          STATUS,W
               clrf           STATUS
               movwf          STATUS_TEMP
               movf           PCLATH,W
               movwf          PCLATH_TEMP
               clrf           PCLATH

```

```

        bcf      PIR1,RCIF
        movf    RCREG,W      ;Lectura dato recibido
        movwf   BYTE_READ
        call    TABLA_X
        goto    VOLVER
VOLVER  movf    PCLATH_TEMP,W
        movwf   PCLATH
        swapf   STATUS_TEMP,W
        movwf   STATUS
        swapf   W_TEMP,F
        swapf   W_TEMP,W
        retfie

```

```

;*****
;

```

```

; TABLA_X  revisa

```

```

;*****
;

```

```

TABLA_X  movlw   "A"
        xorwf   BYTE_READ,0
        btfss  STATUS,Z
        goto   LAZO2
        bsf    SALIDA_1
        return

```

```
LAZO2      movlw    "B"
           xorwf    BYTE_READ,0
           btfss   STATUS,Z
           goto    LAZO3
           bsf     SALIDA_2
           return

LAZO3      movlw    "C"
           xorwf    BYTE_READ,0
           btfss   STATUS,Z
           goto    LAZO4
           bsf     SALIDA_3
           return

LAZO4      movlw    "D"
           xorwf    BYTE_READ,0
           btfss   STATUS,Z
           goto    LAZO7
           bsf     SALIDA_4
           return

LAZO7      movlw    "E"
           xorwf    BYTE_READ,0
           btfss   STATUS,Z
           goto    LAZO8
```

|        |        |             |
|--------|--------|-------------|
|        | bsf    | SALIDA_5    |
|        | return |             |
| LAZO8  | movlw  | "F"         |
|        | xorwf  | BYTE_READ,0 |
|        | btfss  | STATUS,Z    |
|        | goto   | LAZO9       |
|        | bsf    | SALIDA_6    |
|        | return |             |
| LAZO9  | movlw  | "G"         |
|        | xorwf  | BYTE_READ,0 |
|        | btfss  | STATUS,Z    |
|        | goto   | LAZO10      |
|        | bcf    | SALIDA_1    |
|        | return |             |
| LAZO10 | movlw  | "H"         |
|        | xorwf  | BYTE_READ,0 |
|        | btfss  | STATUS,Z    |
|        | goto   | LAZO67      |
|        | bcf    | SALIDA_2    |
|        | return |             |

```
LAZO67      movlw      "I"
            xorwf      BYTE_READ,0
            btfss     STATUS,Z
            goto      LAZO68
            bcf       SALIDA_3
            return

LAZO68      movlw      "J"
            xorwf      BYTE_READ,0
            btfss     STATUS,Z
            goto      LAZO69
            bcf       SALIDA_4
            return

LAZO69      movlw      "K"
            xorwf      BYTE_READ,0
            btfss     STATUS,Z
            goto      LAZO70
            bcf       SALIDA_5
            return

LAZO70      movlw      "L"
            xorwf      BYTE_READ,0
            btfss     STATUS,Z
            goto      LAZO13
```

```

                                bcf          SALIDA_6
                                return
LAZO13                          movlw       "M"
                                xorwf       BYTE_READ,0
                                btfss      STATUS,Z
                                goto        LAZO14
                                call        ADQUIRIR_ANO
                                BANCO_1
                                bsf         TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmisión
                                BANCO_0
                                movf        ADRESH,0
                                movwf      TXREG             ; del código ASCII
                                BANCO_1
COMP_TX0                         btfss      TXSTA, TRMT    ; comprueba si acabo
                                de Tx.
                                goto        COMP_TX0
                                BANCO_0                    ;Cambio al banco 0
                                return
LAZO14                          movlw       "N"
                                xorwf       BYTE_READ,0
                                btfss      STATUS,Z
                                goto        LAZO15

```

```

call      ADQUIRIR_AN1
BANCO_1
bsf      TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmisión
BANCO_0
movf     ADRESH, 0
movwf    TXREG           ; del código ASCII
BANCO_1
COMP_TX1 btfss     TXSTA, TRMT      ;comprueba si acabo de
Tx.
goto     COMP_TX1
BANCO_0      ;cambio al banco 0
return
LAZO15     movlw     "O"
xorwf    BYTE_READ, 0
btfss    STATUS, Z
goto     LAZO19
call     ADQUIRIR_AN2
BANCO_1
bsf      TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmisión
BANCO_0
movf     ADRESH, 0
movwf    TXREG           ; del código ASCII

```

```

                                BANCO_1
COMP_TX2    btfss      TXSTA,TRMT    ;comprueba si acabo de
                                Tx.
                                goto    COMP_TX2
                                BANCO_0    ;Cambio al banco 0
                                return
LAZO19      movlw     "P"
                                xorwf    BYTE_READ,0
                                btfss    STATUS,Z
                                goto     LAZO22
                                call     ADQUIRIR_AN3
                                BANCO_1
                                bsf      TXSTA,TXEN    ;Habilita la transmisión
                                BANCO_0
                                movf     ADRESH,0
                                movwf    TXREG          ; del código ASCII
                                BANCO_1
COMP_TX3    btfss      TXSTA,TRMT    ;comprueba si acabo de
                                Tx.
                                goto     COMP_TX3
                                BANCO_0    ;cambio al banco 0
                                return

```

```

LAZO22      movlw      "a"
            xorwf      BYTE_READ,0
            btfss     STATUS,Z
            goto      LAZO23
            BANCO_1
            bsf       TXSTA,TXEN      ;Habilita la transmisión
            BANCO_0
            btfsc    DIGITAL_1
            goto      UNO
            goto      CERO
CERO        MOVLW     "0"
            movwf    TXREG
            goto      TRANSMIT
UNO         MOVLW     "1"
            movwf    TXREG
TRANSMIT    NOP                ;1 del código ASCII
            BANCO_1
COMP_TX9    btfss    TXSTA,TRMT     ;comprueba si acabo de
            Tx.
            goto     COMP_TX9
            BANCO_0                ;cambio al banco 0
            return

```

```

LAZO23      movlw      "b"
             xorwf      BYTE_READ,0
             btfss     STATUS,Z
             goto      LAZO24
BANCO_1
             bsf       TXSTA,TXEN      ;Habilita la transmisión
BANCO_0
             btfsc     DIGITAL_2
             goto      UNO
             goto      CERO            ; del código ASCII

LAZO24      movlw      "c"
             xorwf      BYTE_READ,0
             btfss     STATUS,Z
             goto      LAZO25
BANCO_1
             bsf       TXSTA,TXEN      ;Habilita la transmisión
BANCO_0
             btfsc     DIGITAL_3
             goto      UNO
             goto      CERO            ; del código ASCII

LAZO25      movlw      "d"

```

```

xorwf    BYTE_READ,0
btfss   STATUS,Z
goto    LAZO26
BANCO_1
bsf     TXSTA,TXEN    ;Habilita la transmisión
BANCO_0
btfsc   DIGITAL_4
goto    UNO
goto    CERO          ; del código ASCII
LAZO26  movlw    "e"
xorwf   BYTE_READ,0
btfss   STATUS,Z
goto    LAZO27
BANCO_1
bsf     TXSTA,TXEN    ;Habilita la transmisión
BANCO_0
btfsc   DIGITAL_5
goto    UNO
goto    CERO          ; del código ASCII
LAZO27  movlw    "f"
xorwf   BYTE_READ,0
btfss   STATUS,Z

```

```

goto        LAZO28
BANCO_1
bsf         TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmisión
BANCO_0
btfsc      DIGITAL_6
goto       UNO
goto       CERO              ; del código ASCII
LAZO28     movlw          "g"
xorwf      BYTE_READ, 0
btfss     STATUS, Z
goto       LAZO29
BANCO_1
bsf         TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmisión
BANCO_0
btfsc      DIGITAL_7
goto       UNO
goto       CERO              ; del código ASCII
LAZO29     movlw          "h"
xorwf      BYTE_READ, 0
btfss     STATUS, Z
goto       LAZO30
BANCO_1

```

```

        bsf      TXSTA,TXEN      ;Habilita la transmisión
        BANCO_0
        btfsc   DIGITAL_8
        goto    UNO
        goto    CERO            ; del código ASCII
        LAZO30  return

;*****
;
; DELAY DE 250mili segundos
;*****
;
PDelay      movlw   .197
            movwf   PDel0
PLoop1      movlw   .253
            movwf   PDel1
PLoop2      nop
            nop
            decfsz  PDel1, 1
            goto    PLoop2
            decfsz  PDel0, 1
            goto    PLoop1
PDeL1       goto    PDeL2
PDeL2
            return

```



;ADQUIRIR\_AN0: OBTIENE LOS RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN EN  
EL CANALO

\*\*\*\*\*  
,\*\*\*\*\*

```
ADQUIRIR_AN0  nop
               movlw      b'10000001'      ;Configuración del
               CA/D: -TAD=64Tosc(para 4MHz)
               movwf     ADCON0              ;- Canal AN0, -
               Activación de CA/D
               call      RETARDO_ADC
               bcf       PIR1,ADIF          ;Restaurar la bandera
               del conversor
               bsf       ADCON0,GO         ;Iniciar conversión
               btfsc     ADCON0,GO
               goto      $ -1              ;Esperar a terminar
               conversión según flag ADIF
               return
```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

;ADQUIRIR\_AN1: OBTIENE LOS RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN EN  
EL CANALO

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```
ADQUIRIR_AN1  nop
```

```

movlw      b'10001001'      ;Configuración del
CA/D: -TAD=64Tosc(para 4MHz)
movwf      ADCON0           ;- Canal AN0, -
Activación de CA/D
call       RETARDO_ADC
bcf        PIR1,ADIF        ;Restaurar la bandera
del conversor
bsf        ADCON0,GO        ;Iniciar conversión
btfsc      ADCON0,GO
goto       $ -1             ;Esperar a terminar
conversión según flag ADIF
return

```

\*\*\*\*\*////////////////////////////////\*\*\*\*\*

;ADQUIRIR\_AN2: OBTIENE LOS RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN EN  
EL CANAL0

\*\*\*\*\*////////////////////////////////\*\*\*\*\*

```

ADQUIRIR_AN2  nop
movlw      b'10010001'      ;Configuración del
CA/D: -TAD=64Tosc(para 4MHz)
movwf      ADCON0           ;- Canal AN0, -
Activación de CA/D
call       RETARDO_ADC

```

```

    bcf      PIR1,ADIF      ;Restaurar la bandera
del conversor

    bsf      ADCON0,GO      ;Iniciar conversión

    btfsc   ADCON0,GO

    goto    $ -1           ;Esperar a terminar
conversión según flag ADIF

    return

```

```

,*****////////////////////////////////*****
,

```

```

;ADQUIRIR_AN2: OBTIENE LOS RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN EN
EL CANAL0

```

```

,*****////////////////////////////////*****
,

```

```

ADQUIRIR_AN3  nop

                movlw     b'10011001'      ;Configuración del
CA/D: -TAD=64Tosc(para 4MHz)

                movwf     ADCON0           ;- Canal AN0, -
Activación de CA/D

                call     RETARDO_ADC

                bcf      PIR1,ADIF      ;Restaurar la bandera
del conversor

                bsf      ADCON0,GO      ;Iniciar conversión

                btfsc   ADCON0,GO

```

```
goto    $ -1                ;Esperar a terminar
conversión según flag ADIF
return
```

\*\*\*\*\*

```
;TABLA_BAUDIO
```

\*\*\*\*\*

```
TABLA_BAUDIO  movlw    D'1'
               xorwf    BAUDIO,0
               btfss   STATUS,Z
               goto    BUCLE136
               bsf     LED_1
               bcf     LED_2
               bcf     LED_3
               bcf     LED_4
               BANCO_1
               movlw   .203                ;1200 baudios
               movwf   SPBRG
               BANCO_0
               return
BUCLE136      movlw    D'2'
               xorwf    BAUDIO,0
               btfss   STATUS,Z
```

```

goto      BUCLE137
bcf       LED_1
bsf       LED_2
bcf       LED_3
bcf       LED_4
BANCO_1
movlw    .103           ;2400 baudios
movwf    SPBRG
BANCO_0
return
BUCLE137  movlw    D'3'
xorwf    BAUDIO,0
btfss    STATUS,Z
goto     BUCLE138
bcf       LED_1
bcf       LED_2
bsf       LED_3
bcf       LED_4
;bcf     PORTD,0
BANCO_1
movlw    .25           ;9600 baudios
movwf    SPBRG

```

```

        BANCO_0
        return
BUCLE138    movlw    D'4'
            xorwf    BAUDIO,0
            btfss   STATUS,Z
            goto    BUCLE139
            bcf     LED_1
            bcf     LED_2
            bcf     LED_3
            bsf     LED_4
        BANCO_1
            movlw   .12           ;19200 baudios
            movwf   SPBRG
        BANCO_0
BUCLE139    return

```

\*\*\*\*\*

;TECLA\_SELECTOR: procesa la tecla selectora de baudio rate y selecciona la velocidad

\*\*\*\*\*

TECLA\_SELECTOR

```

        call    DELAY
        call    DELAY

```

```

        btfsc     SELECT_BAUD
        return

        incf     BAUDIO,1
        movlw    D'5'
        xorwf    BAUDIO,0
        btfss    STATUS,Z
        goto     BUCLE189
        movlw    d'1'
        movwf    BAUDIO
BUCLE189    call     TABLA_BAUDIO
BUCLE140    btfss    SELECT_BAUD
        goto     BUCLE140
        return

```

\*\*\*\*\*

;INICIO DE PROGRAMA PRINCIPAL

\*\*\*\*\*

```

INICIO     bcf     STATUS,5
           bcf     STATUS,6      ;banco 0
           bsf     RCSTA,SPEN    ;se activa el USART
           clrf    PORTB
           clrf    PORTA
           call    PDelay

```

BANCO\_1

Movlw        b'01000010'

movwf        ADCON1

movlw        b'11111111'

movwf        TRISA                    ;Puerto A como

ENTRADA ANALOGICA

movlw        b'00001111'

movwf        TRISD

movlw        b'00000001'

movwf        TRISB

movlw        b'10111111'

movwf        TRISC                    ;RC6/Tx salida y RC5

salida. RC0, RC1, RC2 como control para el DAC

movlw        b'00000100'                    ;Configuración USART

movwf        TXSTA                    ;y activación de

transmisión

movlw        .25                        ;9600 baudios

movwf        SPBRG

bsf          PIE1,RCIE                ;Habilitación

interrupción RX

BANCO\_0

call         DELAY

```

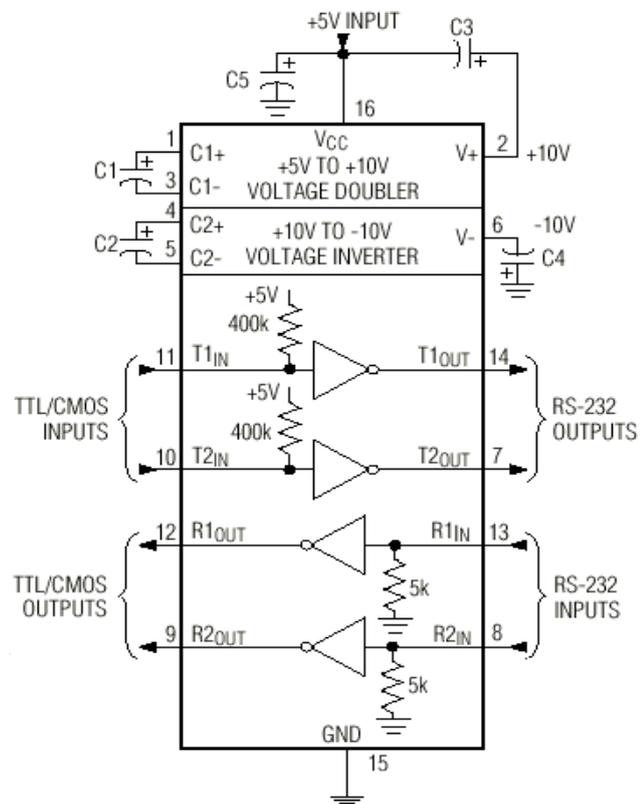
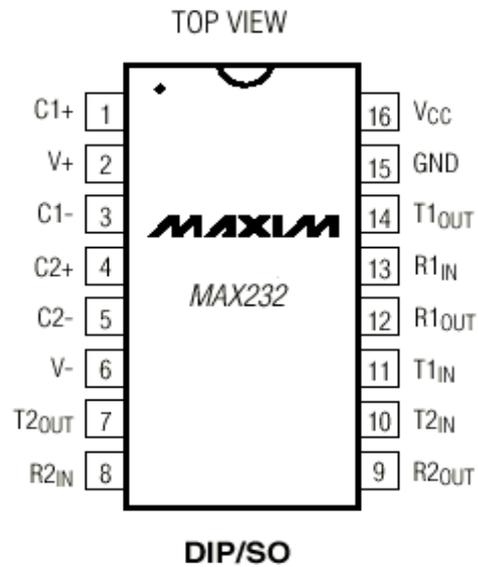
call      DELAY
bsf      RCSTA,SPEN      ;se activa la USART
movlw    b'10010000'    ;Configuración de la
usart
movwf    RCSTA          ;para recepción
continua
clrf     AUX
clrf     PORTD
clrf     PORTC
bcf      LED_1
bcf      LED_2
bsf      LED_3
bcf      LED_4
call     PDelay          ;Llama un retardo de
250 mseg.
movlw    b'11000000'    ;Habilitación para las
movwf    INTCON          ;interrupciones
generales
call     DELAY          ;Llama un retardo de 5
mseg.
clrf     PORTB
LAZO1    btfsc    SELECT_BAUD

```

```
goto    LAZO1
call    TECLA_SELECTOR
goto    LAZO1
END
```

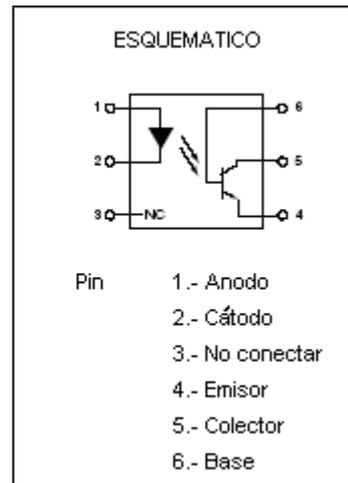
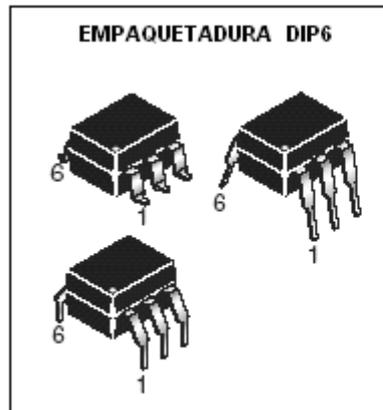
## APÉNDICE D

### HOJAS DE DATOS DEL MAX 232



## APÉNDICE E

### HOJAS DE DATOS DEL OPTOACOPLADOR 4N25



#### **Descripción.-**

Los opto-acopladores de propósito general, consisten de un diodo Led infrarrojo polarizando a un fototransistor cuando el Led es alimentado.

#### **Características.-**

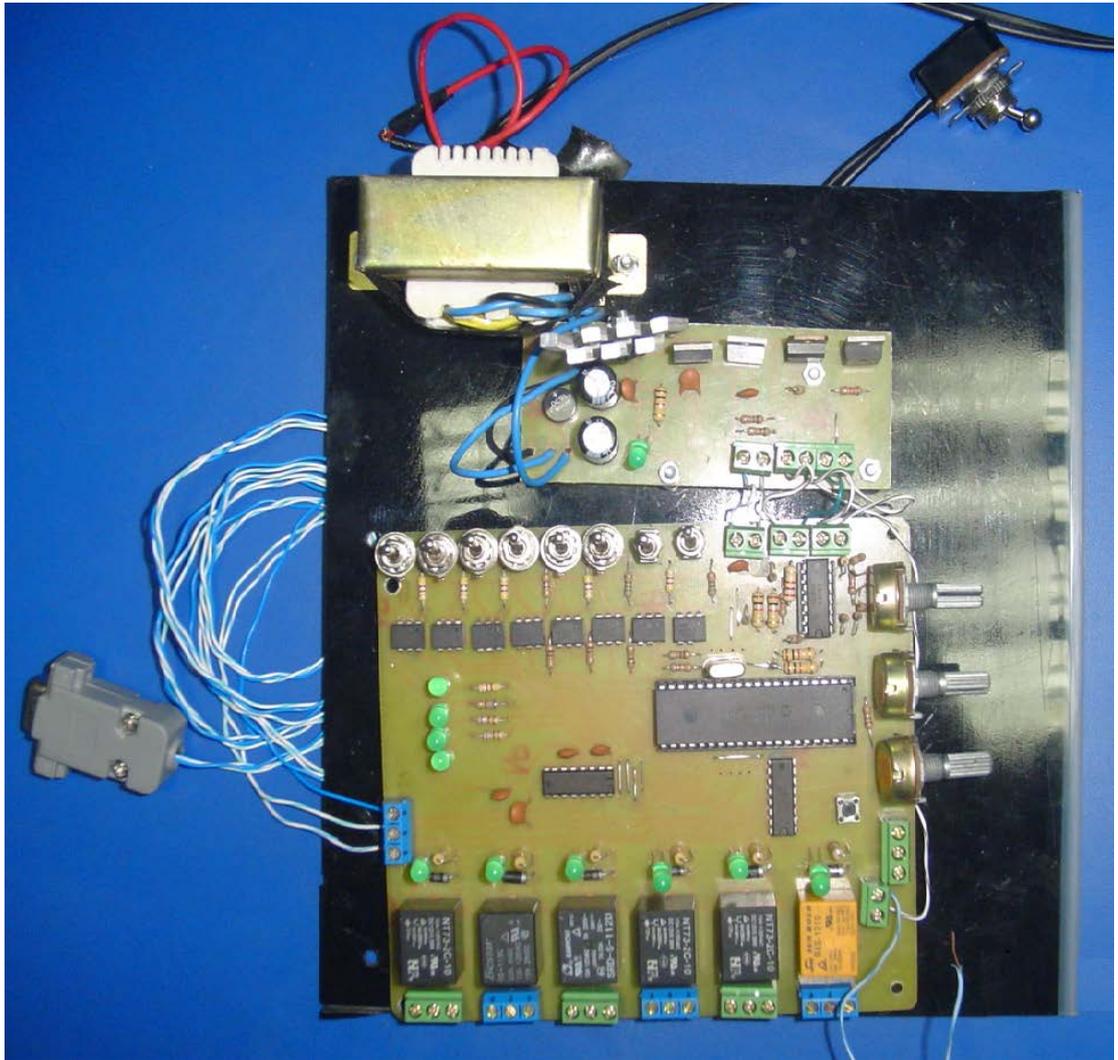
Disponible en empaquetadura blanca y negra.  
UL reconocido.  
VDE reconocido.

#### **Aplicaciones.-**

Reguladores de fuentes de poder.  
Entradas lógicas digitales.  
Entradas de microprocesadores.

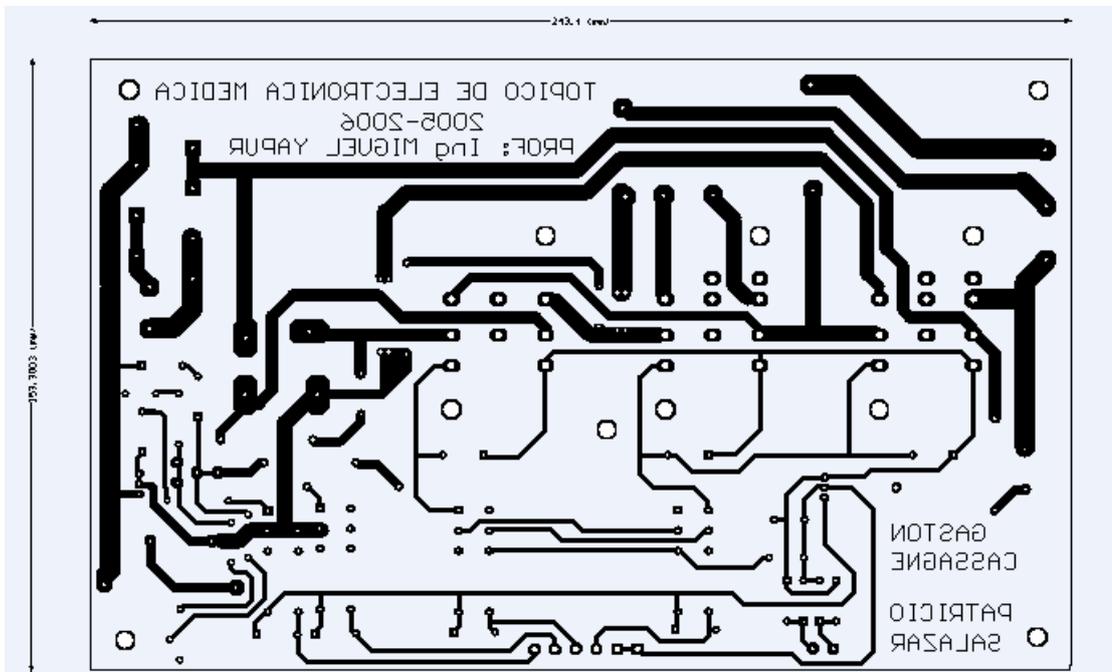
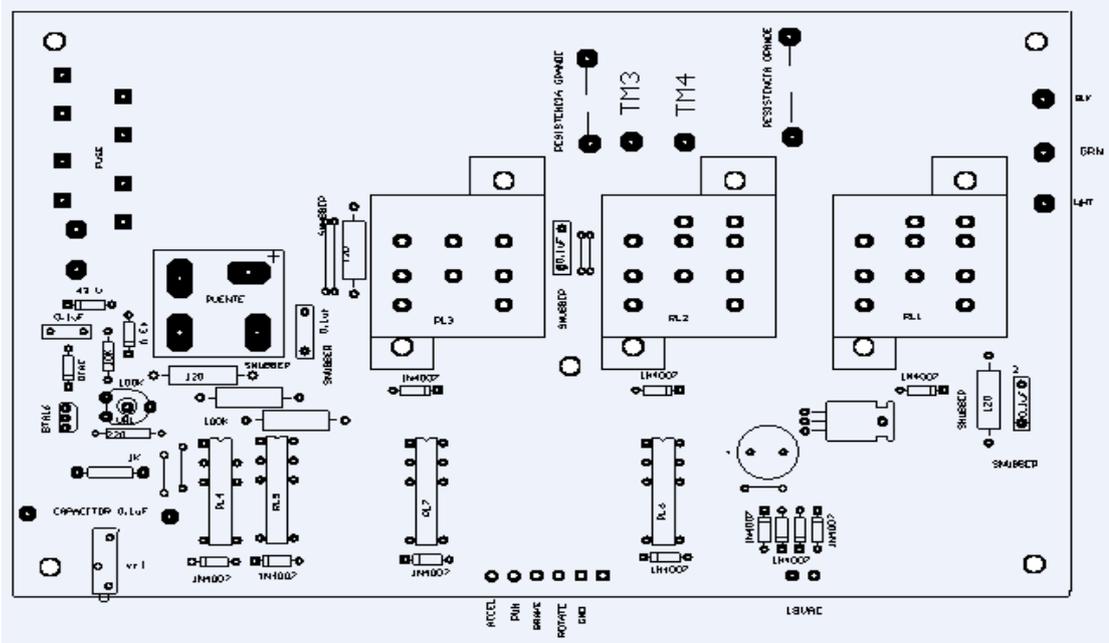
## APÉNDICE F

### FOTO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN



# APÉNDICE G

## LAYOUT DEL CIRCUITO DE POTENCIA



## APÉNDICE H

### HOJA DE DATOS DEL TRIAC

#### Descripción:

Los integrados NTE56045 hasta NTE56047 son TRIACs de compuerta sensible, son de paquete tipo completamente aislado, diseñado para aplicaciones de propósitos generales de conmutación bidireccional y control de fase, donde la alta sensibilidad es requerida en los cuatro cuadrantes.

#### Rangos Máximos Absolutos:

Voltaje Pico de Apagado,  $V_{DRM}$

NTE56045 (Note 1) . . . . . 500V

NTE56046 (Note 1) . . . . . 600V

NTE56047 . . . . . 800V

Corriente RMS de encendido (Onda Seno Completa,  $T_{HS} \leq 38^{\circ}\text{C}$ ),  $I_T(\text{RMS})$  16A

Corriente Pico no repetitiva de encendido,  $I_{TSM}$

(Onda Seno Completa,  $T_J = +125^{\circ}\text{C}$  antes de alimentación, con reaplicación

$V_{DRM}(\text{max})$ )

$t = 20\text{ms}$  . . . . . 140A

$t = 16.7\text{ms}$  . . . . . 150A

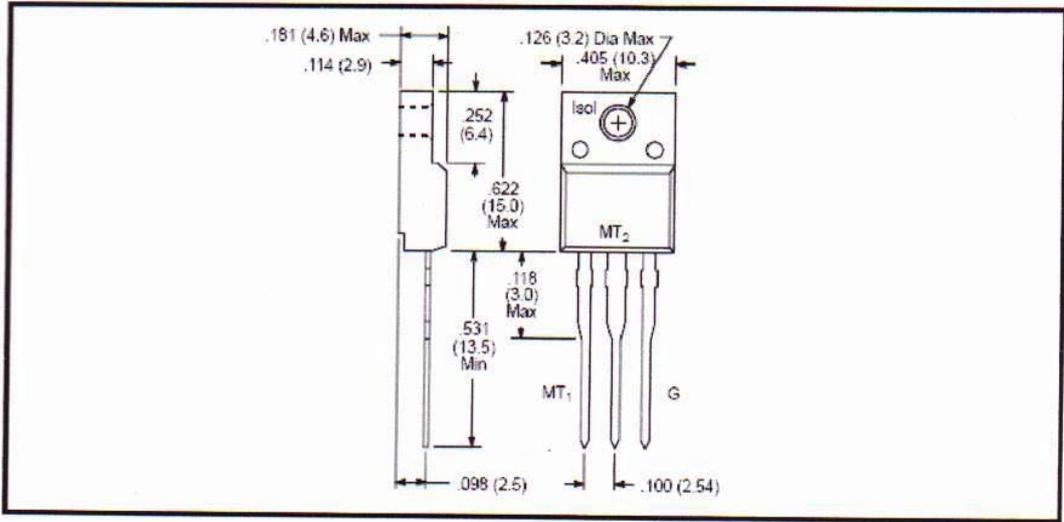
$I^2t$  para fusible( $t = 10\text{ms}$ ),  $I^2t$  . . . . .  $98\text{A}^2\text{sec}$

Tasa de incremento de encendido después de pasar a estado de encendido,  
 $di_T/dt$

( $I_{TM} = 20A, I_G = 0.2A, di_G/dt = 0.2A/\mu s$ )

|   |               |
|---|---------------|
| MT <sub>2</sub> (+), G (+).....   | 50A/ $\mu s$  |
| MT <sub>2</sub> (+), G (-).....   | 50A/ $\mu s$  |
| MT <sub>2</sub> (-), G (-).....   | 50A/ $\mu s$  |
| MT <sub>2</sub> (-), G (+).....   | 10A/ $\mu s$  |
| Corriente de Compuerta Pico, $I_{GM}$ .....   | 2A            |
| Voltaje Pico de Compuerta, $V_{GM}$ .....   | 5V            |
| Potencia Pico de Compuerta, $P_{GM}$ .....  | 5W            |
| Potencia Promedio de Compuerta (Sobre cualquier período de 20ms)...                   | 500mW         |
| Temperatura de operación en la Unión, $T_J$ .....                                     | +125°C        |
| Rango de Temperatura, $T_{stg}$ .....   | -40° a +150°C |
| Resistencia Termal, Unión al disipador de calor (Completo o medio ciclo), $R_{thJHS}$ |               |
| Con grasa térmica.....  | 4.0K/W        |
| Sin grasa térmica.....  | 5.5K/W        |
| Resistencia térmica típica, Unión al Ambiente, $R_{thJA}$ .....                       | 55K/W         |

Nota 1. Aunque no están recomendados, los voltajes de apagado pueden ser hasta 800V sin dañar al TRIAC, pero puede cambiar a estado de encendido. La Tasa de crecimiento de corriente no debería exceder los 15A/ $\mu s$ .



## APÉNDICE I

### HOJA DE DATOS DEL DIAC

#### Descripción:

Los integrados NTE6407 hasta NTE6412 son DIACs que ofrecen un rango de voltaje de conmutación bidireccional desde 28V a 63V. Estos dispositivos son disparados desde su estado de bloqueo a conducción por medio de un voltaje aplicado cualquiera que fuere la polaridad, y que la amplitud del voltaje exceda al voltaje de ruptura del DIAC.

#### Características:

- Cristal Pasivo
- Paquete tipo DO35
- Amplia gama de voltaje

#### Rangos Máximos Absolutos:

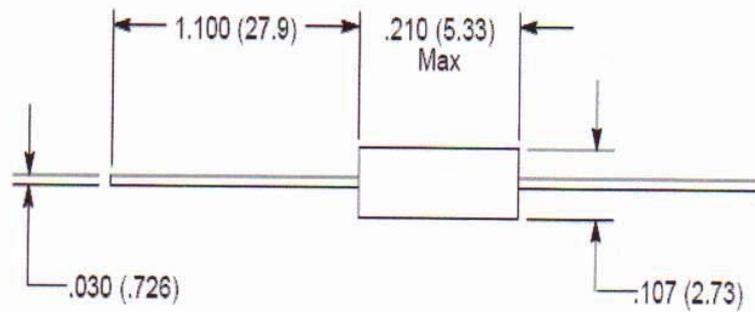
|  |                              |
|--|------------------------------|
| Capacitancia máxima en el encendido. . . . .                                     | 0.1 $\mu$ F                  |
| Dispositivo de Disipación ( $T_A = -40^\circ$ to $+40^\circ$ C), $P_D$ . . . . . | 250mW                        |
| Reducir arriba $+40^\circ$ C. . . . .  | 3.6mW/ $^\circ$ C            |
| Rango de Temperatura de operación en la Unión, $T_j$ . . . . .                   | $-40^\circ$ a $+125^\circ$ C |
| Rango de Temperatura, $T_{stg}$ . . . . .  | $-40^\circ$ a $+125^\circ$ C |
| Resistencia térmica, Unión al ambiente, $R_{thJA}$ . . . . .                     | 278 $^\circ$ C/W             |
| Resistencia térmica, Unión al disipador (Nota 1), $R_{thJL}$ . . . . .           | 100 $^\circ$ C/W             |
| Temperatura del Disipador, $T_L$ . . . . .                                       | $+230^\circ$ C               |

Nota 1. Basado en temperatura máxima de disipador de  $+85^\circ$ C a  $\leq 250$ mW.

Características Eléctricas ( $T_C = +25^\circ\text{C}$  a menos que se especifique de otra manera)

| Parámetros  | Símbolo         | Min | Tipo | Max | Unidades |
|---|-----------------|-----|------|-----|----------|
| Voltaje de ruptura<br>NTE6407                       | V <sub>BO</sub> | 24  | 28   | 32  | V        |
| NTE6408   |                 | 28  | 32   | 36  | V        |
| NTE6411   |                 | 35  | 40   | 45  | V        |
| NTE6412   |                 | 56  | 63   | 70  | V        |
| Simetría del Voltaje de ruptura<br>NTE6407, NTE6408 | $\Delta V_{BO}$ | -   | -    | 2   | V        |
| NTE6411   |                 | -   | -    | 3   | V        |
| NTE6412   |                 | -   | -    | 4   | V        |

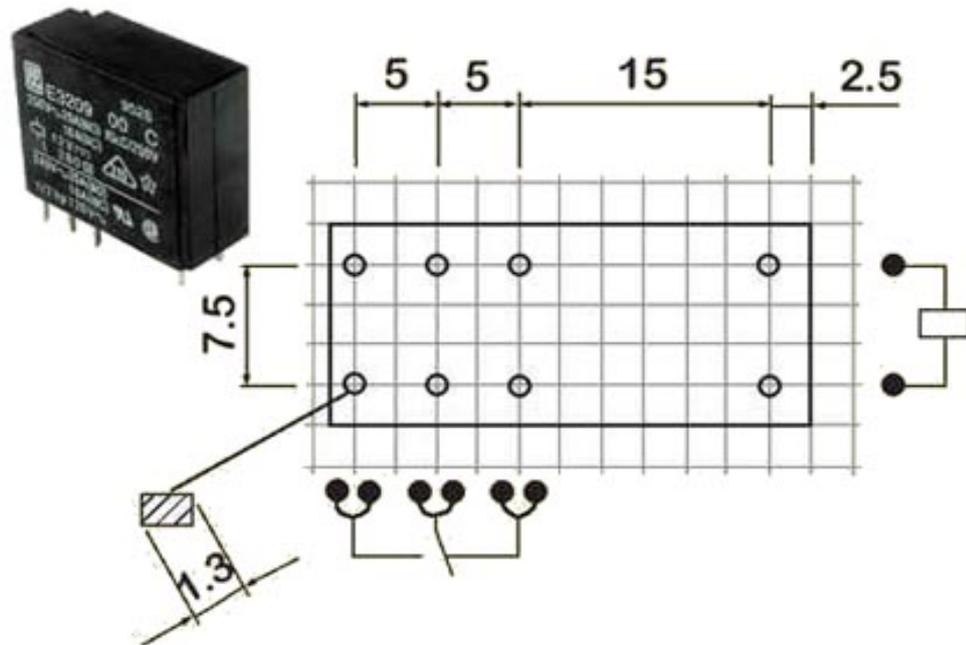
Nota 2.  $\Delta V_{BO} = [ |V_{BO}| - |-V_{BO}| ]$ .



## APÉNDICE J

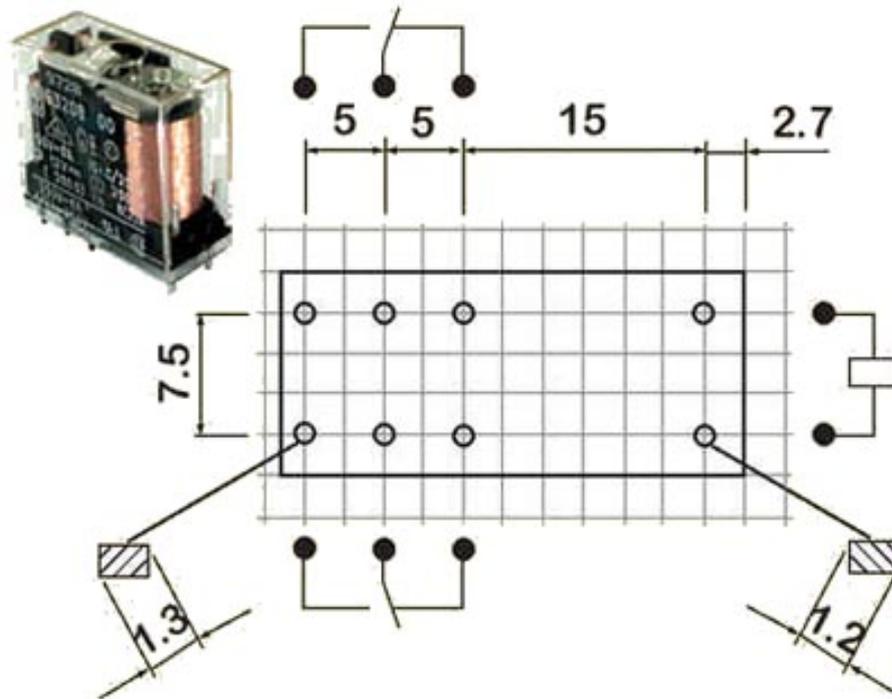
### HOJA DE DATOS DE LOS RELÉS DE POTENCIA

Relé miniatura para circuito impreso. Relé especial para altos picos de intensidad.



|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| Material                           | AgCd                      |
| Potencia máxima de maniobra        | 4000 VA                   |
| Tensión máxima de maniobra         | 400 V AC                  |
| Intensidad máxima de maniobra      | 16 A AC                   |
| Resistencia entre contactos        | $\leq 50 \text{ m}\Omega$ |
| Tiempo de conex./desconex./rebotes | 7 / 3 / 2 ms              |
| Tensión nominal                    | 5 - 110 V D               |
| Tensión de conexión                | $0.72 \times U_n$         |
| Potencia nominal                   | 500 mW                    |
| Resistencia térmica                | 65 K/W                    |
| Límites temperatura de trabajo     | -40°C a +85               |

Relé miniatura para circuito impreso. Relé monoestable 2 circuitos conmutados.



|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| Material                           | AgCd                      |
| Potencia máxima de maniobra        | 2000 VA                   |
| Tensión máxima de maniobra         | 440 V AC                  |
| Intensidad máxima de maniobra      | 8 A AC                    |
| Resistencia entre contactos        | $\leq 50 \text{ m}\Omega$ |
| Tiempo de conex./desconex./rebotes | 10 / 6 / 3 ms             |
| Tensión nominal                    | 3 - 110 V DC              |
| Tensión de conexión                | $0.70 \times U_n$         |
| Potencia nominal                   | 500 mW                    |
| Resistencia térmica                | 65 K/W                    |
| Límites temperatura de trabajo     | -40°C a +85°C (125°C)     |

## APÉNDICE K

### HOJA DE DATOS DEL TUBO DE RX

#### MX100

-PRODUCT SPECIFICATIONS -CARACTÉRISTIQUES DE PRODUIT  
-PRODUKTBESCHREIBUNGEN -ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

|  |   |
|--|---|
| Cast Aluminum, Lead Lined Housing<br>Gaine d'Aluminium moulé, interlingé en plomb<br>Gehäuse aus Aluminiumguß mit Bleiauskleidung<br>Coraza de Aluminio Forjado, Revestida de Plomo    |   |
| Maximum Voltage Polarity<br>Tension polarisé maximum<br>Maximale Spannungspolarität<br>Polaridad de Voltaje Máximo   | 150 kVp   |
| High Voltage Cable Connections<br>Câbles de liaisons Haut Tension<br>Hochspannungs-Kabelverbindungen<br>Conexiones del Cable de Alto Voltaje   | Federal Standard  |
| Focus to Collimator Flange Distance<br>Distance foyer-bride du diaphragme<br>Abstand Brennfleck Blendenflansch<br>Distancia del foco al colimador                                      | 58.7 mm (2.31 inches)   |
| Total Heat Storage Capacity<br>Capacité Calorifique<br>Wärmespeicherfähigkeit<br>Capacidad térmica   | 296 kJ (400 kHU)  |
| Minimum Inherent Filtration (Al equivalent)<br>Filtration Inhérente Minimale (équivalent Al)<br>Mindesteigenfilter (Al-Gleichwert)<br>Filtración inherente mínima (equivalencia de Al) | 1.1 mm Al   |
| Additional Filtration<br>Filtration Additionelle<br>Zusätzlichefiltration<br>Adicional Filtración  | 0.5 mm Al<br>+0.5 mm Al filtration added to meet IEC 60601-1-3.<br>Requires tool for removal. |
| Temperature Range for Transportation<br>Temperatures limite pour Le Transport<br>Grenztemperatures für Transport<br>Límite de Temperaturas para Transporte                             | -10°C + 100°C (15°F + 212°F)  |
| Radiation Leakage Technique<br>Facteur de charge pour Rayonnement de Fuite<br>Hochstbetriebswerte<br>Medida de la protección antirrayos  | 150 kVp, 4 mA   |
| Stator Resistance<br>Résistance de la stator<br>Widerstand für der stator<br>Resistencia del estator   | 23 Ω/ 23 Ω  |
| Weight lbs. (kg)<br>Poids (kg)<br>Gewicht (maximale) (kg)<br>Peso (kg)   | 26.6 kg (58.6 lbs.)   |
| Nominal Continuous Rating<br>Puissance nominale de longue durée<br>Langzeit-Nennleistung<br>Potencia nominal de larga duración   | 185 W (250 HU/s)  |

## APÉNDICE L

### TABLAS DE CORRECIÓN DE ENERGÍA

#### ANEXO III TABLAS Y CUADROS

#### FIGURAS E IMAGENES

TABLA 1

| Kilovoltaje del panel | Tiempo del panel | mAs | Observaciones                         |
|-----------------------|------------------|-----|---------------------------------------|
| 50                    | 1                | 120 | Rango de valores sugeridos,           |
| 60                    | 0.9              | 100 | estos pueden ser escogidos            |
| 70                    | 0.5              | 80  | tomando en cuenta el criterio         |
| 80                    | 0.3              | 50  | de evaluación de los <u>valores</u>   |
| 90                    | 0.1              | 10  | <u>clínicos</u> mas utilizados, en el |
| 100                   | 1/20             | 5   | rango maximo y minimo de              |
| 110                   | 1/60             | 3   | Kilovoltaje y tiempo. Se debe         |
| 120                   | 1/120            | 1   | ajustar el rango de medicion          |
|                       |                  |     | en el equipo, de acuerdo al           |
|                       |                  |     | valor que se esta midiendo.           |

TABLA 2

| Valor de mA  | Valor de mAs  | Valor registrado  |
|--|---|---|
| Mínimo valor de mA:<br>utilizado Clínicamente  | mA seleccionado por el<br>tiempo de 0.1 seg.  | Valor de Exposición( segun el<br>equipo de medicion)/mAs              |
| Seguir la secuencia hasta<br>alcanzar el valor maximo de mA<br>del generador utilizado<br>Clínicamente | Mantener el tiempo de 0.1<br>seg. Y no alterar el valor de 80<br>Kv del panel.  | Registrar segun el valor de<br>mA , e l d a t o d e<br>Exposición/mAs |
|  | Si el equipo solo permite la<br>seleccion de los mAs<br>incrementar los valores en 5,<br>10, 20, 40, etc. Hasta alcanzar<br>el mayor valor clínico utilizado. | Registrar el valor de<br>Expos icion/mAs                              |

Nota: Si se poseen equipos que midan separadamente Kilovoltaje y Tiempo, se puede registrar segun la tabla, los diferentes niveles de Kv y Tiempo del panel,

TABLA 3

| Valor de Kv | Valor de mAs | Punto Focal | Observaciones   |
|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| 80          | 20           | Fino        | Para equipos 1φ |
| 80          | 20           | Grueso      | Para equipos 1φ |
| 80          | 15           | Fino        | Para equipos 3φ |
| 80          | 15           | Grueso      | Para equipos 3φ |

## APÉNDICE M

### FOTOS DEL SISTEMA COMPLETO

