



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ROTOMOLDEO
DE LA FABRICA INDELTRO S. A. PARA LA OBTENCIÓN
DE TANQUES PLÁSTICOS”**

TOPICO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

**Especialización: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Presentada por:

**Carlos Alberto Gaviláñez Ramos
Jaime Edison Freire Vilema
Carlos Armando Flor Viteri**

Guayaquil – Ecuador

**AÑO
2006**

AGRADECIMIENTO

Antes de todo, le agradecemos a Dios, a quien le debemos todo lo que somos, por darnos la capacidad necesaria para alcanzar todos nuestros logros y por ayudarnos siempre que más lo necesitamos. Agradecemos a nuestras familias, que siempre nos apoyaron incondicionalmente, a nuestros amigos que siempre creyeron en nosotros. Agradecemos a nuestro director de Tópico por haberse decidido a realizarlo. Agradecemos al gerente de la fábrica INDELTRO S.A. por darnos la facilidad para visitarla y a un sin número de personas que colaboraron de alguna forma en la creación de esta tesis, entre ellos: Ing. Holger Cevallos, Kattiuska Cruz, David Flores

DEDICATORIA

Este trabajo y todos los meritos que consiga con él se los dedico única y exclusivamente a mi madre, la señora Victoria Ramos Franco. La persona que ha sido responsable de mi existencia, pilar de mi sobre vivencia y ejemplo de mis acciones. Para quien la mayor satisfacción es ver triunfar a sus hijos a los cuales le ha dedicado toda su vida.

Carlos Gavilánez Ramos

DEDICATORIA

A Dios por permitirme tener a mis padres y hermanos. A mis padres por ese apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. A mis hermanos y mis sobrinos. A todos aquellos que de alguna u otra manera contribuyeron en la culminación del mismo.

Jaime Freire Vilema

DEDICATORIA

A Dios por permitirme tener a mis padres y hermanos. A mi mamá por ese apoyo incondicional en mi vida universitaria y las demás etapas de mi vida. A mi mejor amigo y a todos aquellos que de alguna u otra manera contribuyeron en la culminación de esta tesis.

Carlos Armando Flor Viteri

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Holger Cevallos
Subdecano de la FIEC

Ing. Alberto Larco G.
Director de TOPICO

Ing. Carlos Valdivieso
Miembro del Tribunal

Ing. Hugo Villavicencio
Miembro del Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Carlos Alberto Gavilánez Ramos

Carlos Armando Flor Viteri

Jaime Edison Freire Vilema

RESUMEN

El proyecto consiste en realizar un estudio sobre la Automatización del Proceso de Rotomoldeo para la elaboración de tanques de plástico de la fábrica **“INDELTRO S.A.”**

En el capítulo 1 se comenzará describiendo el sistema de molienda de la materia prima (polietileno en gránulos) basado en un molino semiautomático al que se le diseñará un control que mejore su eficiencia y lo convierta en automático. Una vez obtenido el polietileno en polvo se analiza el proceso de coloración del mismo utilizando una máquina mezcladora de polvos por efecto rotatorio. Luego que el material para la fabricación del tanque esta completa se procede a describir el sistema de rotación usando un brazo robotizado con 2 grados de libertad y cocimiento del molde para la fabricación del tanque. Finalmente se encuentra el sistema de ventilación para agilizar el enfriamiento del tanque y poder realizar el proceso nuevamente en el menor tiempo posible.

En el Capítulo 2, se hace referencia al monitoreo y control del proceso completo que comprende: molienda, mezcla, movimiento y enfriamiento usando el sistema SCADA LOOKOUT versión 5.0 DE NATIONAL INSTRUMENTS como software

de aplicación. También se detalla las características mínimas que debe tener el PLC en la implementación del proceso, para finalmente realizar la programación en el PLC SERIE 90 de GENERAL ELECTRIC en el anexo A.

LOOKOUT interactúa con otras aplicaciones es por esto que se explica el protocolo de Intercambio Dinámico de Datos (Dynamic Data Exchange, DDE) que a través del software KEPSERVER es posible. Es explicado el método de adquisición de datos con KEPSERVER y exportación a otras aplicaciones y dispositivos externos como son: LOOKOUT, EXCEL, VISUAL BASIC, PLC, CITADEL (base de datos propia de LOOKOUT), entre otros.

El Capítulo 3 se dedica exclusivamente al estudio del software **LABVIEW versión 7.1 EXPRESS de NATIONAL INSTRUMENTS** que aunque originalmente se pensó más para construir instrumentación virtual, gracias a la amplia disponibilidad de tarjetas de adquisición de datos y a la facilidad de construir aplicaciones en un ambiente gráfico, las últimas versiones se han utilizado ampliamente para desarrollar aplicaciones en el control de procesos. Se basa en un modelo de programación de flujo de datos denominado G, que libera a los programadores de la rigidez de las arquitecturas basadas en texto.

En el Capítulo 4, se desarrollará el diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos basado en el microcontrolador 16F877A de MICROCHIP, para lo cual se usará el modulo USART como instrumento de comunicación entre el microcontrolador y los dispositivos externos. El protocolo de comunicación con la PC que usa el microcontrolador es el SPI (Serial Peripheral Interface) que a través del objeto ASCII de LOOKOUT logra establecer comunicación con el proceso, además se hará una comunicación con Visual Basic a través del active x MSComm y LABVIEW 7.1 EXPRESS. Para el desarrollo del diseño de la tarjeta se tendrá disponible 4 entradas digitales, 3 entradas analógicas con una resolución de 10 bits, 4 salidas digitales y 2 salidas analógicas.

En el capítulo 5, se analizará y rediseñará una fuente de conmutación de 150 W marca DTK COMPUTER modelo PIP-152, con voltajes de salida de: +5V/15A - 5V/0.5A +12V/6A y -12V/0.5A con una alimentación de selección de 110 o 220 VAC. Para lo cual se procederá a la obtención del diagrama completo de la fuente y se realizarán los cálculos necesarios que corroboren la selección realizada sobre los elementos de la fuente. Además se realizará un análisis completo y por etapas de la fuente mediante el software de simulación PSPICE PROFESIONAL VERSION 9.2.2 (CADENCE PSD 14.1) y estos resultados

obtenidos serán comparados y analizados con las gráficas de las señales reales más representativas de la fuente usando el Osciloscopio Tektronix 2220 y el Multímetro gráfico Fluye 867B.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	1
1. DESCRIPCION DEL PROCESO	
1.1. Detalles Generales.....	3
1.2. Monitoreo y Control de Molino.....	4
1.2.1. Medición de la Temperatura de Polietileno.....	8
1.3. Mezclador de Polvos.....	9
1.4. Dispensador de Polvos.....	11
1.5. Materia Prima.....	14
1.5.1. Características Generales de los Plásticos.....	14
1.5.1.1. Etimología.....	15
1.5.1.2. Definición.....	15
1.5.1.3. Polímeros.....	16
1.5.1.4. Polietileno.....	17
1.5.2. Celogen.....	19
1.5.3. Colorantes.....	19
1.6. Proporción de Materiales en la Fábrica INDELTRO.....	19
1.7. Proceso de Rotomoldeo.....	21
1.7.1. Definición de Rotomoldeo.....	21
1.7.2. Ventajas del Proceso de Rotomoldeo.....	23

1.7.3	Máquina de Moldeo Rotacional.....	26
1.7.3.1.	Máquina de Brazos Independientes.....	26
1.7.3.2.	Máquina de Torre de Brazos Fijos.....	27
1.8.	Sistema de Enfriamiento.....	29
1.8.1.	Ventilación Forzada.....	30
1.8.2.	Enfriamiento por Duchas de Agua.....	30
2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL.	
2.1.	Características Mínimas requeridas del PLC.....	31
2.1.1.	Datos Técnicos.....	32
2.2.	Interfase Hombre Máquina.....	33
2.3.	Implementación del Sistema en Lookout 5.0 de National Instrument....	34
2.3.1	Introducción.....	34
2.3.2.	Requerimientos del Sistema.....	35
2.3.3.	Creación de los Dibujos y Animaciones para las Pantallas de los Procesos.....	39
2.3.3.1	Gráficos con extensión .BMP y WMF.	42
2.3.4.	Descripción del Proceso.....	42
2.3.4.1.	Pantalla Portada del Proceso.....	44

2.3.4.2.	Pantalla del Proceso de Molienda.....	47
2.3.4.3.	Proceso de Mezcla.....	50
2.3.4.4.	Proceso de Rotomoldeo.....	56
2.3.4.4.1.	Creación del Sistema de Referencia para la La ubicación de los brazos.....	58
2.3.4.5.	Pantalla del Control General del Proceso.....	63
2.4.	Adquisición de Datos a través del Protocolo DDE.....	65
2.3.1	El Protocolo de Comunicación "DDE".....	66
2.3.2.	Comunicación PLC con Kepserver.....	68
2.3.3.	Comunicación Kepserver con Lookout.....	71

3. CONTROL DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE LabVIEW

7.1 EXPRESS DE NATIONAL INSTRUMENTS.

3.1	Sistemas de Instrumentación Virtual.....	75
3.2 .	Creación, Edición y Programación de instrumentos virtuales en LabVIEW 7.1.....	77

3.2.1.	Creación de Instrumentos Virtuales.....	77
3.2.2.	Edición de Instrumentos Virtuales.....	83
3.2.3.	Programación de los objetos virtuales.....	85
3.3	Manejo de la interfase de adquisición de datos.....	93
3.4.	Programación de la tarjeta de Adquisición de Datos para el Molino en el Proceso de Rotomoldeo.....	96

4. DISEÑO DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN EL MICROCONTROLADOR 16F877.

4.1	Introducción.....	106
4.1.1	Elementos Constitutivos del Sistema de Adquisición de datos En el Proceso de Molino.....	108
4.2	Diseño del hardware.....	110
4.2.1	Características técnicas de la tarjeta.....	111
4.2.1.1	Entradas.....	111
4.2.1.2	Salidas.....	112
4.2.1.3	Alimentación.....	113
4.2.2	Selección del microcontrolador.....	114

4.2.3	Diagrama de bloque de la tarjeta de adquisición.....	115
4.2.4	Diseño de la tarjeta en PROTEL.....	117
4.2.5	Recursos Utilizados del PIC16F877A.....	119
4.2.5.1	Puertos de Entradas y Salidas.....	119
4.2.5.2	Módulo de comunicación serial.....	120
4.2.5.3	Transmisor y Receptor Asincrono.....	122
4.3	Diseño del Programa del PIC.....	123
4.3.1	Diagrama de Bloques.....	123
4.3.2	Fotos de la tarjeta de Adquisición de datos.....	131

5. ANÁLISIS DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN

5.1	Introducción.....	134
5.2	Diagrama de Bloques de una Fuente de Conmutación.....	135
5.3	Análisis General de las Etapas de la Fuente de Conmutación...	136
5.3.1.	Análisis de la Etapa de Rectificación y Filtro de Entrada.....	136
5.3.2.	Análisis de la Etapa de Conversión de Alta Frecuencia..	142
5.3.3.	Análisis de la Etapa del Controlador.....	157
5.3.4.	Análisis de la Etapa de rectificación y Filtro de Salida...	160

5.4. Análisis Comparativo entre Datos Teóricos con Datos Prácticos.....	171
--	-----

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1		Pág
Figura 1.1	Mezclador de polvos de aspas en formas de cuchillas.	10
Figura 1.2	Mezclador de polvos de aspas helicoidales.....	10
Figura 1.3	Dispensador de polvos para una y cuatro unidades.....	11
Figura 1.4	Tolva de pesaje.....	12
Figura 1.5	Sistema montado en alto.....	13
Figura 1.6	Sistema montado al piso.....	13
Figura 1.7	Representación del molde en movimiento.....	22
Figura 1.8	Representación del Proceso de Rotomoldeo.....	23
Figura 1.9	Vista en 3D del Proceso de Rotomoldeo.....	25
Figura 1.10	Máquina de cuatro brazos y cinco estaciones.....	26
 CAPITULO 2		
Figura 2.1	Cuadro de diálogo para insertar un gráfico en Lookout..	40
Figura 2.2	Gráficos del Image navigator.....	41
Figura 2.3	Pantalla Portada del Proceso.....	45
Figura 2.4	Activación/desactivación de la animación.....	46
Figura 2.5	Panel de Control de Proceso de Molienda.....	47
Figura 2.6	Control del Silo.....	48

Figura 2.7	Control de Tiempo.....	49
Figura 2.8	Vista Interna y Externa en Perspectiva de la Máquina de Mezcla.....	51
Figura 2.9	Vista en Perspectiva de la Apertura de Tapa de la Máquina de Mezcla.....	52
Figura 2.10	Control de Tiempo de Encendido del Motor de Mezcla.....	53
Figura 2.11	Controlador PID del Motor de Mezcla.....	54
Figura 2.12	Pantalla de Afinación del Controlador PID.....	56
Figura 2.13	Pantalla Frontal del Proceso de Rotomoldeo.....	57
Figura 2.14	Pantalla del Brazo 1.....	60
Figura 2.15	Pantalla de registros de tiempos.....	63
Figura 2.16	Pantalla del Control General.....	64
Figura 2.17	Grafica que muestra la comunicación entre el servidor y clientes.....	65
Figura 2.18	Carpetas de los objetos de Lookout.....	72
Figura 2.19	Cuadro de diálogo del objeto OPCClient.....	73
Figura 2.20	Cuadro de diálogo para insertar una expresión.....	74

CAPITULO 3

Figura 3.1	Pantalla de Labview 7.1.....	78
Figura 3.2	Panel Frontal y Diagrama de Bloques.....	79
Figura 3.3	Barra de herramientas.....	80
Figura 3.4	Panel Frontal de un ejercicio.....	80
Figura 3.5	Diagrama de Bloques del ejercicio anterior.....	81
Figura 3.6	Grafica que muestra los Controles e Indicadores.....	82
Figura 3.7	Texto para un objeto en LabVIEW.....	84
Figura 3.8	Cambio de color de un objeto en LabVIEW.....	84
Figura 3.9	Cambio de Escala para un objeto en LabVIEW.....	85
Figura 3.10	Ciclo Mientras (While) continua si verdadero.....	87
Figura 3.11	Ciclo Mientras (While) se detiene si es verdadero.....	88
Figura 3.12	Ciclo For (Para).....	89
Figura 3.13	Estructura caso de entrada booleana.....	90
Figura 3.14	Estructura caso de entrada numérica.....	91
Figura 3.15	Estructura caso con entrada de cadena de caracteres..	92
Figura 3.16	Muestra el resultado por verdadero (True).....	93
Figura 3.17	Muestra el resultado por Falso (False).....	93
Figura 3.18	Gráfico de la seleccionar el modelo VISA.....	94
Figura 3.19	Funciones utilizadas para el manejo del puerto serial (a)VISA Serial, (b)VISA Read, (c)VISA Write y (d)VISA Close.....	95

Figura 3.20	Gráfico de la pantalla de control del molino.....	96
Figura 3.21	Gráfico de la pantalla del proceso del molino.....	97
Figura 3.22	Gráfico del panel de control de habilitación de la Tarjeta.....	98
Figura 3.23	Gráfico del panel de control cuando marcha es Verdadero.....	99
Figura 3.24	Gráfico del panel de control cuando marcha es falso...	100
Figura 3.25	Gráfico del panel de control cuando la entrada I3 es verdadero e indicador de relé térmico del Motor de succión.....	101
Figura 3.26	Gráfico del panel de control cuando la entrada I4 es falso e indicador de relé térmico del Motor principal.....	102
Figura 3.27	Gráfico del panel de control con los controles waveform, convertidor de cadena a arreglo tipo byte y convertidor de arreglo a elemento.....	103
Figura 3.28	Gráfico del panel de control con la entrada de nivel cuando la estructura case es verdadero.....	104

Figura 3.29	Gráfico del panel de control con la salida analógica y el cursor que manda una a para aumentar el nivel de voltaje de salida.....	105
-------------	--	-----

CAPITULO 4

Figura 4.1	Diagrama de bloques del sistema.....	108
Figura 4.2	Diagrama de bloques de la tarjeta.....	109
Figura 4.3	Circuito Impreso de las pistas de la Tarjeta.....	118
Figura 4.4	Circuito Impreso de los Elementos de la Tarjeta.....	118
Figura 4.5	Vista superior de la tarjeta de adquisición.....	132
Figura 4.6	Fotografía general de las entradas y salidas digitales y analógicas.....	132
Figura 4.7	Fotografía general de las pistas de la tarjeta de adquisición de datos.....	133
Figura 4.8	Fotografía con Vista lateral de la tarjeta de adquisición de datos.	133

CAPITULO 5

Figura 5.1	Diagrama de bloques de una fuente de conmutación...	136
Figura 5.2	Etapa de rectificación que consta de la red RFI, el puente rectificador, los capacitores y el termistor.....	137

Figura 5.3	Diagrama Esquemático de la Etapa del Convertidor de Alta Frecuencia.....	142
Figura 5.4	Grafico de Algunos tipos de Disipadores.....	154
Figura 5.5	Grafico del Coeficiente de Disipación del disipador.....	155
Figura 5.6	Coeficiente del Disipador dependiendo su longitud.....	156
Figura 5.7.	Diagrama Esquemático del Controlador (TL494).....	158
Figura 5.8.	Diagrama esquemático de la Etapa de Rectificación y Filtro de Salida.....	161

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Componentes de la materia prima
Tabla 1.2	Cantidad requerida según cada parte del tanque
Tabla 4.1	Salidas digitales
Tabla 4.2	Entradas digitales
Tabla 4.3	Salidas analógicas
Tabla 4.4	Entradas analógicas
Tabla 4.5	Habilitación de la tarjeta
Tabla 5.1	Especificaciones del alambre
Tabla 5.2	Esquemas de formulas para el calculo del transformador

ABREVIATURAS

CAPITULO 1

PLC Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller).

PE Polietileno.

CPE Polietileno Clorados.

TPE Polietileno Tereftalato.

LDPE Polietileno de Baja densidad.

HDPE Polietileno de Alta densidad

CAPITULO 2

CPU Unidad Central de Proceso (Central Process Unit).

PID Controlador Proporcional Integral Derivativo

HMI	Interface Hombre-Máquina (Human-Machine Interface).
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisory Control And Data Acquisition).
BMP	Formato de Mapa de Bits.
WMF	Windows Meta File
NIC	Network Interface Card
DDE	Intercambio Dinámico de Datos
OLE	Object Linking and Embedding, es un protocolo de Microsoft que permite que las aplicaciones puedan enviar datos a otras aplicaciones.

CAPITULO 3

VI	Instrumento Virtual (Virtual Instrument).
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
DAQ	Adquisición de Datos (Data Acquisition).

DTE	Data Terminal Equipment.
GPIB	General Purpose Interface Bus.
VISA	Virtual Instrument Standard Application.

CAPITULO 4

PIC	Programador Integrable controlable.
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter.
MSSP	Modulo de Comunicación Serie Síncrona
BRG	Generador de Frecuencias en Baudios
CDA	Convertidor Análogo Digital
BCD	Código Binario a Decimal.
μ s	Microsegundos
ms	milisegundos
Bd	baudios.
Hz	Hercios.

CAPITULO 5

RFI	Interferencia por Radio Frecuencia.
CM	Circular Mil
LC	Inductor-Capacitor.

PWM	Modulación Ancho de Pulso.
RC	Resistor-Capacitor.
Bmax	Campo Magnético Máximo.
Bsat	Campo Magnético de Saturación

SIMBOLOGÍA

a	relación de vueltas del transformador principal.
A_c	Área para el enrollamiento del bobinado, cm^2
A_e	Área efectiva del núcleo, cm^2
B_{max}	Densidad de flujo pico de operación, G
C	Capacitancia.
C_J	Capacitancia de juntura del Schkottky (pf)
C_S	Capacitancia de Red Snnuber
C_X	Capacitor que es colocado entre las líneas.
C_Y	Capacitor que es colocado entres la línea y tierra.
C_Z	Capacitancia en serie con la salida del converter.
D	Densidad de corriente por alambre, A/m^2
dt	Intervalo de tiempo de carga, us
E_{IN}	Voltaje de conmutación ($2 * E_{OUT}$)
E_{OUT}	Voltaje de salida de la fuente
f	Frecuencia, Hz
f_R	Frecuencia de Resonancia
f_S	Frecuencia de conmutación

I	Corriente promedio primaria, A
I_c	Corriente de carga del capacitor
I_{in}	Corriente de entrada
L	Inductancia del transformador referida al primario
L_T	Inductancia del transformador
η	Eficiencia
N_p	Número de vueltas en el primario del transformador.
N_s	Número de vueltas en el secundario del transformador.
P_{IN}	Potencia de Entrada
P_{OUT}	Potencia de Salida
P_R	Potencia de la Resistencia
R	Resistencia de descarga de los capacitores C_x que forman parte de la red RFI
R_S	Resistencia de Red Snnuber.
t	Tiempo de carga del capacitor por cada medio ciclo
V_{dc}	Voltaje DC
V_{IN}	Voltaje de entrada
V_p	Voltaje en el primario del transformador.
V_s	Voltaje en el secundario del transformador.
T	Período de conmutación, us

t_{OFF} = máximo tiempo muerto

δ_{max} Ciclo de trabajo

ΔV_{OUT} Voltaje de pico a pico

Δt Máximo tiempo muerto.

ΔV Voltaje de rizado pico a pico

INTRODUCCION

Los procesos industriales están sufriendo cambios constantemente tratando de seguir el ritmo de los avances tecnológicos industriales, para mejorar la eficiencia en la producción y aprovechar todas las ventajas de la nueva tecnología.

Como una de las muchas propuestas que se puede hacer a la automatización del proceso de rotomoldeo, esta involucra una corriente tecnológica que envuelve a especialidades como control automático, computación, electricidad, electrónica, mecánica y telemática.

Un gran conjunto de elementos de control y actuadores representan la parte física del automatismo que se conectan a las entradas y salidas del controlador lógico programable VERSAMAX de General Electric y todo esto a su vez supervisado y controlado por el sistema SCADA (*Supervisión, Control and Data Acquisition*) Lookout 5.0 de National Instruments.

Con alguna de las variables del proceso de rotomoldeo llevadas al procesador de un computador a través de Lookout podemos imaginar ya en reportes de tiempo perdido, reportes históricos de cambio en alguna variable e incluso reportes vía HTML.

Al igual que Lookout existen otros SCADA y programas que pueden ser empleados como SCADA, como Labview también de National Instruments para lo cual se requiere de una tarjeta de adquisición de datos para establecer una comunicación vía hardware con el PLC o directamente con el proceso.

Finalmente, dada la importancia que en la industria tiene una fuente de conmutación, aquí se dedica el capítulo 5 para realizar un estudio de una fuente ATX de computadora de 150 W.

Capítulo 1

1. Descripción del Proceso

1.1 Detalles Generales

En este capítulo mostraremos el proceso de rotomoldeo con enfoque a la fábrica INDELTRO S.A. Por otro lado se explica otros procesos que están implícitos en la fabricación del producto y que son tan importantes como el mismo proceso de rotomoldeo. Es así que comenzamos hablando del molino para pulverizar el polietileno ya que en su forma comercializada (en gránulos) no puede ser usada. Una vez que el polietileno en polvo, la materia prima principal es obtenida, ésta es pigmentada para conseguir efectos estéticos y satisfacer los requerimientos del cliente para aquello en lo que se vaya a usar el producto (comúnmente como reservorio de agua). Para efectuar esta tarea de mezclar el polietileno con los pigmentos, un mezclador de polvos es el más adecuado, del cual hablamos con detalle mas adelante en este capítulo. Hasta aquí la fábrica se encarga de preparar la materia prima, lo siguiente es la

cocción del tanque. Para esto, cantidades exactas de polvo (polietileno pigmentado) son puestas en un molde que esta sujeto a uno de los brazos de la máquina ROTOSPEED de FERRY INDUSTRIES que es la encargada de hacer girar el molde y llevarlo a un horno a altas temperaturas. Una vez listo, el brazo sale del horno y el producto esta terminado pero aún demasiado blando para salir del molde. Finalmente entramos a la última etapa. El enfriador, es una cámara en la que entra el brazo haciendo girar aún el molde. Una vez que el molde esta dentro, el enfriador disipa el calor con duchas de agua fría y con ventiladores. Solo entonces el producto sale del molde para ser pulido y adaptado a los requerimientos del cliente y listo para su comercialización.

1.2 Monitoreo y Control de Molino

El objetivo de tener un molino en la fábrica es incrementar la producción y ahorrar dinero principalmente por dos motivos:

- El polietileno que es la materia prima para la fabricación de tanques de plásticos es comercializada en forma granulada y en polvo también pero a un costo mayor. Para el proceso de rotomoldeo solo debe usarse polietileno en polvo. En este caso el molino procesa el polietileno en gránulos hasta pulverizarlo.

➤ Luego que el producto sale del molde no significa que este terminado, los bordes no quedan lisos y necesitan ser rebanados en las partes donde tenga material sobrante, para luego ser pulidos y perforados según el modelo. Este sobrante no es ni debe ser desperdiciado, gracias a la reciclabilidad del polietileno este material se lo corta en pedazos pequeños de ser necesario para ser pulverizado nuevamente y volver a usarlo.

Si la fábrica no dispusiera de un molino estaría a la expectativa de un posible mercado cambiante y siendo ineficiente en el proceso generando mas contaminación.

El molino existente en la fábrica INDELTRO esta constituido de las siguientes partes principales:

1.- Una estructura metálica estática con capacidad de alojar todos los elementos de fuerza y sensores del sistema.

2.- Generador de vacío o succionador. Se trata de un motor trifásico de 2 HP – 230V que dispuesto en una cámara cerrada

genera vacío para succionar el polietileno en gránulos hasta un reservorio elevado o una pequeña especie de “tolva”.

3.- Silo de almacenamiento. Es un pequeño reservorio en la que se aloja el polietileno luego de ser succionado por el generador de vacío.

4.- Un vibrador para controlar el ingreso de polietileno a las aspas para finalmente ser pulverizado. Este vibrador es un elemento vibrante físicamente que esta conectado entre el reservorio o silo de almacenamiento y las aspas pulverizadoras. La frecuencia de vibración de este elemento es proporcional al voltaje aplicado, de esta manera se realimenta el control del proceso.

5.- Un motor trifásico de 10 HP – 230V encargado de hacer girar las aspas de pulverización.

6.- Un elevador de velocidad conectado en el eje del motor anteriormente mencionado cambia la velocidad de 3600RPM que entrega el motor a 7200RPM. Esta relación se consigue por la diferencia de radios en el acoplamiento de dos engranes. En otras

palabras, el engrane que gira a 3600RPM tiene el doble de radio que aquel que gira a 7200RPM.

7.- Dos aspas en forma de discos que se encargan de pulverizar los gránulos de polietileno basado principalmente en la alta velocidad a la que gira (7200RPM) y cuyo ingreso de material es controlado por la vibración de un elemento de control.

8.- Debido a la gran energía liberada en forma de calor en la pulverización del polietileno, no se puede permitir que los discos de pulverización generen demasiado calor, por lo menos no lo suficiente como para que el polietileno se funda y se adhiera a las paredes y obstruyan el flujo provocando muy posiblemente un fallo o accidente. Para este inconveniente existe una termocupla tipo J ubicada precisamente en la periferia de los discos.

9.- El tablero de control aunque algo rudimentario para la época actual, bien cumple sus propósitos, no dispone de un PLC para el control, en lugar de ello tiene un controlador de temperatura programable que recibe y procesa la señal que envía la termocupla tipo J, para las demás funciones el tablero tiene una tarjeta electrónica central en conjunto por supuesto de los elementos de

mando como son pulsadores, interruptores termo magnéticos (breakers), potenciómetros e instrumentos de visualización.

1.2.1. Medición de la Temperatura del Polietileno en el Molino

En la actualidad en la fábrica INDELTRO el único molino existente esta trabajando cerca del 50% de su capacidad, no precisamente porque la demanda es insuficiente si no más bien es porque el molino no puede trabajar a una mayor capacidad. Limitado por el control de temperatura que actualmente es manual por un desperfecto en el sistema automático. El objetivo debe ser centralizar el control en un único o redundante Controlador Lógico Programable para facilitar y disminuir el funcionamiento y tamaño del tablero respectivamente debido principalmente a que el control del molino es realizado por una tarjeta electrónica sin capacidad de reprogramación y posiblemente sin capacidad de reemplazo de allí la necesidad de realizar el control con un PLC debido a las bondades que otorga.

La temperatura del polietileno es medida en las aspas pulverizadoras para evitar que se exceda y produzca la fundición del polietileno dentro y se pegue a las paredes. Dicha temperatura es censada con una termocupla tipo J que tiene acceso a la zona de pulverización por un hueco prefabricado a un costado de las aspas.

La adquisición del dato analógico de la termocupla y de otras señales se realizan por medio de una tarjeta de adquisición de datos y es explicada con detalle en el capítulo 3.

1.3 Mezclador de Polvos.

En la fábrica en estudio no existe un mezclador de polvos especializado tipo industrial. En lugar de ello está implementado un sistema de recipientes giratorios por la fuerza de un motor por un tiempo relativamente largo (aproximadamente 30 minutos, tiempo que es estimado en base a la experiencia de este proceso) al que se conseguiría con un mezclador de polvos industrial hasta lograr homogeneidad entre el polietileno y los pigmentos utilizados.

El método más común de los mezcladores de polvos para ejercer su función es a través de aspas rotatorias en forma de cuchillas

(Figura 1.1) o a través de espas helicoidales (figura 1.2), al girar las espas mueven los polvos circundantes provocando una inevitable mezcla de estos.

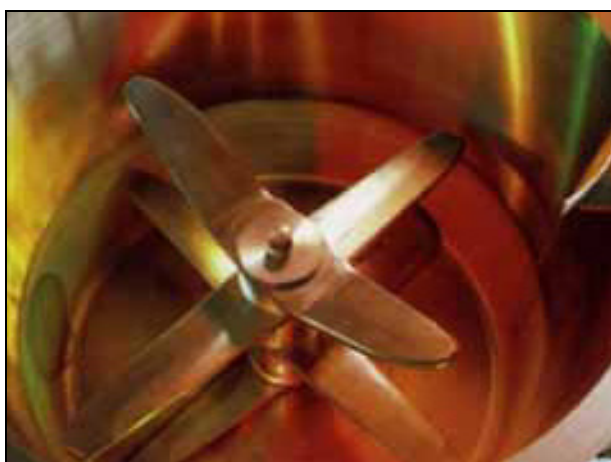


Figura 1.1. Mezclador de polvos de espas en formas de cuchillas



Figura 1.2. Mezclador de polvos de espas helicoidales

El tiempo de producción es muy importante cuando se produce en masa y ya que el costo de una máquina mezcladora de polvos bien

utilizada puede ser recuperado a corto plazo, se realizará la simulación de esta parte con esa consideración.

1.4 Dispensador de Polvos.

Para automatizar esta parte del proceso se requiere desarrollar técnicamente la generación de los tonos. La compañía FERRY INDUSTRIES. INC. Ya había pensado en una solución para este problema y crearon la línea de productos FERRY GRAVIMOLD y en esta la máquina POWER DISPENSING SYSTEMS (Figura 1.3), este sistema esta diseñado para repartir el material desde un almacén y automáticamente dispensar la cantidad correcta de material dentro del molde directamente con una pequeña intervención de un operador.



Figura 1.3 Dispensador de polvos para una y cuatro unidades respectivamente.

Una característica del equipo en modo activo es que tiene un sistema de identificación de moldes con una capacidad de identificación de hasta 65000 moldes. El sistema de control basado en PLC almacena los requerimientos para cada molde y dispensa el tipo y peso correcto de material al molde a través de una manguera flexible. Una válvula multi-posición se encarga de dispensar cantidades de material tan pequeñas como 0.02 libras. Un display digital indica la cantidad a entregar programada y la cantidad dispensada.

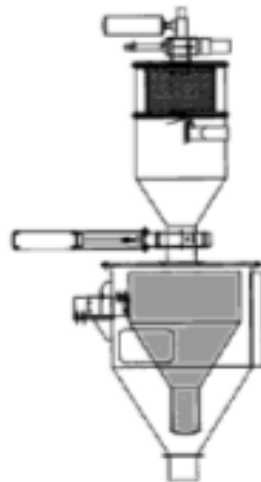


Figura 1.4 Tolva de pesaje

El PLC puede controlar separadamente las ocho tolvas de pesaje para dispensar una variedad de tipos o colores de materiales. El sistema de colección de datos es compatible con Windows 98 y puede generar reportes históricos de inventarios y utilización de

moldes. El sistema de FERRY GRAVIMOLD usa un diseño de tolva de pesaje (Figura 1.4) que puede ser configurado para encontrar cada requerimiento del cliente.

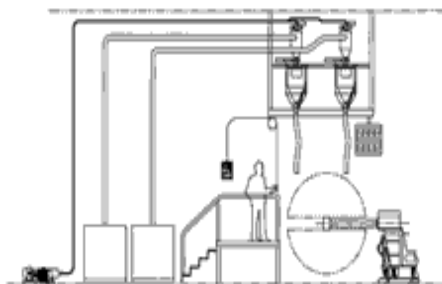


Figura 1.5. Sistema montado en alto.

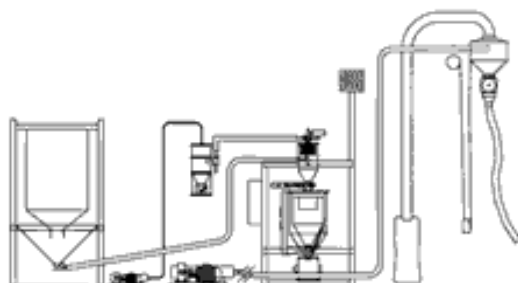


Figura 1.6. Sistema montado al piso.

Los modelos mostrados en las Figuras 1.5 y 1.6 están disponibles para tener de una a cuatro unidades de tolvas direccionales encima del área del molde. El rango de tamaño de las tolvas es de 25 a 100 libras de capacidad. El modelo montado al piso (Figura

1.6) está disponible para mantener una capacidad de 420 libras de material.

La máquina dispensadora de polvos no es cubierta en el modelo de automatización desarrollada en Lookout debido a la complejidad para simular una maquina que ya es automática y a la poca demanda que se le daría a esta en la fábrica Indeltro.

1.5. Materia Prima

El tema de esta tesis se refiere a tanques plásticos, por tanto es de relevante importancia definir los conceptos que este tema abarca

1.5.1. Características Generales de los Plásticos.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termo plásticas (se ablandan con el calor), mientras

que las entrecruzadas son termo endurecibles (se endurecen con el calor).

1.5.1.1. Etimología.

El vocablo plástico deriva del griego plastikos, que se traduce como moldeable. Los polímeros, las moléculas básicas de los plásticos, se hallan presentes en estado natural en algunas sustancias vegetales y animales como el caucho, la madera y el cuero, si bien en el ámbito de la moderna tecnología de los materiales tales compuestos no suelen encuadrarse en el grupo de los plásticos, que se reduce preferentemente a preparados sintéticos.

1.5.1.2 Definición.

Materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado.

Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolas pequeñas o polvo, o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

1.5.1.3. Polímeros.

La materia esta formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros.

La palabra polímero proviene del griego poly que significa muchos. Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diferentes. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones, otros globos, etc. Algunas se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

La mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

1.5.1.4. Polietileno.

En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE), desde entonces se han creado variantes del polietileno. Los detallados a continuación están entre los más importantes:

Polietileno Clorados (CPE)

Los polietilenos clorados se obtienen clorando polietileno de alta densidad con 30% a 40% de cloro. Tienen baja cristalinidad y baja temperatura de transición vítrea. Un nivel de cloro del 36% resultó experimentalmente para un buen balance al impacto – dispersabilidad - procesabilidad.

Polietileno Tereftalato(TPE)

Se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.

Polietileno de Baja Densidad (LDPE)

Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones. Una buena cantidad se comercializa en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios.

Polietileno de Alta densidad (HDPE)

El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo.

1.5.2. Celogen

El celogen o espumante es un producto químico en forma de polvo que en combinación con el polietileno le otorga un mayor volumen al producto terminado. En analogía, el celogen hace el mismo efecto sobre el polietileno fundido que la levadura sobre el pan.

1.5.3. Colorantes

Son los pigmentos químicos que mezclados con el polietileno en polvo le dan el color al producto dependiendo de las exigencias del consumidor. En la fábrica INDELTRO se usan tres pigmentos para colorar el producto que son: blanco, azul y negro.

1.6. Proporción de Materiales para la Elaboración de Tanques

En la fábrica INDELTRO existen dos tipos de productos que son los más comercializados, estos son el tanque con capacidad de 1000 litros y el de capacidad de 8000 litros. Debido al tamaño y forma de los moldes, los tanques son producidos en más de unas etapas claramente diferentes. El tanque propiamente se produce

en dos partes que corresponden al cuerpo lateral y luego se completa la base en el mismo molde y en un molde distinto se produce la tapa. Para agilizar la producción los trabajadores ya tienen especificado las cantidades exactas que deben mezclar y poner para cada parte que constituye el tanque. La obtención de estas cantidades fue obtenida por el método de experimentación de prueba y error, y están desglosadas en la tabla 1 y tabla 2.

CANTIDAD REQUERIDA POR CADA Kg. DE POLIETILENO			
CELOGEN (gr.)	PIGMENTO BLANCO (gr.)	PIGMENTO AZUL (gr.)	PIGMENTO NEGRO (gr.)
20	1,5	9	2

Tabla 1.1 Componentes de la materia prima

CANTIDAD DE MATERIA PRIMA REQUERIDA

CAPACIDAD DEL TANQUE	PARED LATERAL (Kg.)	BASE (Kg.)	TAPA (Kg.)	TOTAL (Kg.)
1000 LITROS	12	5	1	18
8000 LITROS	120	45	55	220

Tabla 1.2. Cantidad requerida según cada parte del tanque.

1.7 PROCESO DE ROTOMOLDEO

Recién aquí en esta etapa se produce el tanque utilizando el método (rotomoldeo) del que se ha venido hablando en párrafos anteriores.

1.7.1 Definición de Rotomoldeo

La palabra rotomoldeo esta compuesta de las palabras rotar y moldear que según el diccionario de la lengua castellana tienen los siguientes significados:

Rotar. Dar vuelta un cuerpo alrededor de su eje.

Moldear. Sacar el molde de una figura o vaciar por medio de un molde.

Los conceptos anteriores dan una idea que no esta alejada de la realidad industrial, sin embargo en la industria el proceso de rotomoldeo consiste en el calentamiento de una resina de polietileno en polvo, dentro de un molde que gira biaxialmente (en dos ejes que se interceptan) dentro de una cámara caliente, con temperatura controlada, en donde el material se distribuye y adhiere a la superficie interior del molde (figura 1.7), en un paso posterior se enfría el conjunto molde y producto, seguidamente se abre el molde y se obtiene la pieza terminada.

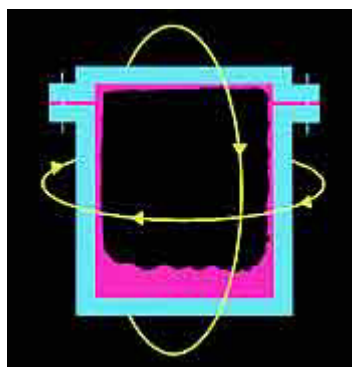


Figura 1.7. Representación del molde en movimiento

Dentro del conjunto de técnicas de moldeo de plásticos existen los métodos a alta presión dentro del cual los más importantes son: compresión, inyección y extrusión y los métodos a baja presión, tales como: termo formado y rotomoldeo.

1.7.2. Ventajas del Proceso de Rotomoldeo.

El roto moldeo ofrece ventajas básicas que lo diferencian respecto a otras técnicas de procesamiento de plásticos:



Figura 1.8. Representación del Proceso de Rotomoldeo.

Su capacidad para producir partes huecas de una sola pieza, de gran tamaño y de formas poco comunes.

Es un proceso de baja presión, por lo que el equipo y los moldes requeridos son relativamente bajos en costo, esto le da ventaja en la producción de pequeñas cantidades de partes grandes.

En relación a su tamaño, las partes roto moldeadas tienen paredes delgadas que permiten ahorros en materiales.

Comparado con partes producidas por otros procesos, las partes roto moldeadas pueden tener niveles relativamente bajos de esfuerzos intrínsecos. Debido a lo anterior se mejora tanto la resistencia al impacto como la resistencia a agentes químicos.

La maquinaria para el sistema de moldeo rotacional es de una relativa simplicidad mecánica, puesto que habitualmente consta de dos ejes cruzados, de giro

sincronizado mecánicamente, en el segundo de los cuales van montados los moldes.

Las velocidades de rotación son bajas, de modo que no se generen fuerzas centrífugas que crearían espesores de pared desiguales en las zonas de mayor radio. Los equipos más automatizados, principalmente de tipo carrusel (figura 1.9), están subdivididos en estaciones de alimentación, calentamiento, enfriamiento y extracción con un mecanismo giratorio adicional del conjunto para efectuar los traslados automáticamente.

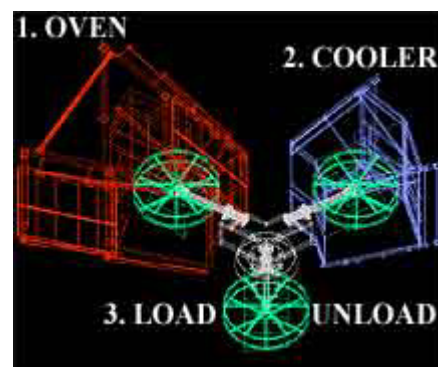


Figura 1.9. Vista en 3D de una Máquina de Rotomoldeo tipo Carrusel

Para el proceso de elaboración de los tanques se utiliza un polvo que es el producto de la mezcla, en un determinado porcentaje, de varios elementos que son los

que sirven para dar el color, la consistencia y el espesor al tanque. Los elementos utilizados en este polvo son: el celogen, el polietileno y los colorantes.

1.7.3 Máquina de Moldeo Rotacional de FERRY INDUSTRIES

1.7.3.1. Máquina de Brazos Independientes

Ferry Industries emprendió la primera máquina de brazos independientes de cuatro brazos, cinco estaciones para la industria de rotomoldeo.



Figura 1.10 Máquina de cuatro brazos y cinco estaciones

La máquina de brazos independientes RotoSpeed (con cada brazo en un carro separado) provee un arreglo de múltiples estaciones para operaciones de

calentamiento, enfriamiento, carga y descarga. Cada carro esta unido alrededor de un poste pivote central y las partes cargadas en una pista de rodamiento común. El plano del piso provee cinco estaciones de proceso:

1. Horno
2. Pre-enfriamiento
3. Enfriamiento
4. Descarga
5. Carga

Estas máquinas pueden ser adquiridas con solo un brazo y hasta tres o más pueden ser adicionados sin modificaciones mecánicas a la existente máquina. Doble estaciones de horno o enfriamiento están disponibles inicialmente o pueden ser adicionadas después, debido al diseño modular del concepto de brazos independientes de Rotospeed.

1.7.3.2. Máquinas de Torre de Brazos Fijos

Máquinas de torre de brazos fijos provee capacidades de procesamiento incrementadas

mientras promocionan el más eficiente uso del trabajo. Ferry Industries ha expandido las capacidades de la máquina de torre original para reunir las necesidades de producción del usuario. Cinco configuraciones de estilos de torre de Rotospeed de conducción directa están disponibles.

Una máquina de torre tiene todos los brazos fijos a torre de indexación común. La indexación de la torre de estación a estación resultará en el movimiento de todos los brazos a la siguiente estación. Las máquinas de torre Rotospeed están disponibles en dos versiones:

VERSIONES DE TRES BRAZOS Y CUATRO BRAZOS

Una máquina de torre de tres brazos es generalmente usada en aplicaciones donde el horno (1), enfriador (2), y servicio (3), rota para las partes en cada brazo que relativamente requiere iguales tiempos de procesos. Máquinas de torre de cuatro brazos son usadas donde una parte del proceso

(calentamiento, enfriamiento o servicio) requiere hasta el doble de tiempo que las otras funciones.

En la fábrica Indeltro existe una máquina de rotomoldeo de brazos independientes al parecer por su mayor versatilidad. Se ha explicado brevemente como funciona y está constituida esta máquina pero puede encontrarse una información más detallada en el Anexo B.

1.8. Sistema de Enfriamiento.

Para hacer más rápido el proceso de elaboración de tanques se necesita disminuir los tiempos en los que se tenga opción a hacerlo. Uno de esos tiempos que además es relativamente largo es el tiempo de enfriamiento del producto terminado para que este pueda ser retirado del molde y comenzar la elaboración de otro.

El enfriamiento espontáneo al aire libre es una primera opción, sin embargo si de rapidez de producción se trata no se puede considerar a esta como una opción tentativa. Un enfriamiento forzado debe ser impuesto en el proceso y existen de formas de hacerlo: por ventilación forzada y por duchas de agua.

1.8.1. Ventilación Forzada.

Se trata de forzar a una circulación mas rápida del aire en las proximidades del objeto caliente para arrastrar con este el calor que disipa dicho objeto, para esto se usa ventiladores industriales.

1.8.2 Enfriamiento por Duchas de Agua.

Debido a que no existe la posibilidad que el material del producto y el agua se mezclen, el enfriamiento por agua es un buen método de disipar el calor. Se rocía agua en pequeñas gotitas sobre el objeto caliente para disipar el calor de este, el agua cae en un recipiente y puede ser nuevamente reutilizada con el mismo fin, sin embargo no se recomienda usar este método con moldes abiertos para evitar la acumulación de agua en los recipientes.

La mejor manera de hacer un enfriamiento forzado es usar los dos métodos en conjunto.

CAPÍTULO 2

2. Diseño del Sistema de Monitoreo y Control.

2.1. Características Mínimas requeridas del PLC.

Los controladores programables, están comercialmente disponibles desde 1969, cuando fueron desarrollados para la industria automotriz. La tecnología computacional por entonces existente, era reconocida como de utilidad en la automatización pero demasiado complicada para el personal de planta y exageradamente sensible a las condiciones ambientales del lugar de trabajo. La demanda indicó a la industria, la conveniencia de los controladores lógicos programables sobre otros sistemas de supervisión y comando. Empleando un lenguaje simbólico, los primeros diseños permitieron eliminar los sistemas de control basados en relés. Posteriormente la introducción de componentes inteligentes habilitó el empleo de funciones de mayor nivel de complejidad. De este modo, el personal de mantenimiento, fue

familiarizándose con la operatoria y el lenguaje computacional para obtener datos; calcular tiempos de parada; realizar diagnósticos; etc., en el ambiente real de fabricación. Los PLC, son modulares y su mantenimiento se basa en el reemplazo de unidades; los modelos actuales, cuentan con mayor capacidad de memoria y operan a más alta velocidad; disponen de autodiagnóstico y reducen el tiempo necesario para detección de fallas. Sus componentes principales, son:

1. Unidad Central de Proceso (Central Process Unit - CPU);
2. Fuente de potencia;
3. Elementos de fijación;
4. Módulos de entrada que operan como interfase entre los sensores externos y el CPU;
5. Módulos de salida que proporcionan señales de control a los dispositivos externos.

2.1.1. Datos Técnicos.

Debe tener una aplicación óptima en tareas de control de lazo abierto y lazo cerrado, en ingeniería mecánica y construcción de planta. En lazo cerrado debe en lo posible disponer de un control PID programable por

software. Debe poder trabajar individualmente en configuración de red o dentro de estructuras distribuidas. Puede ser un PLC de tipo integral o modular que este en la capacidad de realizar reportes sobre:

- 1.- Tiempo perdido;
- 2.- Análisis procesado de inventarios (existencias; disponibilidades; etc.);
- 3 - Gestión de producción.

Podrá emplearse para detectar situaciones de falla y realizar supervisión secuencial.

2.2 Interfase Hombre Máquina.

Durante la evolución de los sistemas de control, un área crítica ha sido el enlace entre el operador y el proceso (Man-Machine-Interfaces - MMI). Conforme las salas de extracción crecieron en equipamiento y complejidad, también lo hicieron los tableros de comando con interruptores, llaves selectoras; pulsadores; etc. y al ser más comprometidas las decisiones, aumentó la probabilidad de error. Para lograr el nivel de control exigido por el mercado actual, se utilizan pantallas color y plaquetas gráficas. Estos sistemas basados en el planteo jerárquico, emplean pantallas sensibles al tacto en reemplazo de los paneles mímicos de control, usándose

símbolos gráficos en lugar de interruptores, llaves y pulsadores. El sistema incluye mensajes de falla y alarmas, con indicaciones complementarias como fecha, hora y minutos en que ocurrió el desperfecto. La información brindada por las pantallas permite al operador un mayor control con menos entrenamiento, disponiendo de tiempo real, de datos de producción y tiempo perdido. Los programas computacionales, se adaptan con flexibilidad a los cambios de proceso.

2.3 Implementación del Sistema en Lookout 5.0 de National Instrument.

2.3.1 Introducción.

Este sub-capítulo tiene por objetivo explicar el funcionamiento de la interfase hombre máquina, que fue desarrollada sobre el programa de supervisión, control y adquisición de datos LOOKOUT 5.0 DE NATIONAL INSTRUMENTS.

El software LOOKOUT 5.0 tiene dos ambientes de trabajo conocidos como:

- Modo edición
- Modo ejecución

El modo edición es el ambiente requerido para realizar el desarrollo de ingeniería de la interfase hombre máquina, este es el ambiente en donde se han creado todas las ventanas y pantallas que luego serán visualizadas por la persona encargada del sistema para efectuar el control y supervisión del mismo.

El modo ejecución es el ambiente para ejecutar o correr la aplicación desarrollada en el modo edición y es el ambiente nativo de trabajo para cualquier persona encargada del sistema.

2.3.2 Requerimientos del Sistema.

Hardware y Software requeridos.

- **Procesador.** Cualquier clase de Pentium o Celeron de Intel o AMD de Athlon podría procesar los softwares requeridos, pero solo aquellos que tengan una velocidad de procesamiento mayor a 2.3GHz los

ejecutaría con una en nuestra opinión aceptable calidad principalmente visual ya que en el programa desarrollado en Lookout existen muchos gráficos principalmente en formato BMP, el más grande de ellos ocupa un tamaño en disco de 27MB a parte de un video con extensión MOV que se abre con Quick Time Player que ocupa un tamaño de 127MB.

- **Memoria RAM.** Se requieren mínimo 32 MB de RAM para Lookout, asumiendo que se instala Windows XP, este requiere mínimo 128MB, Quick Time Player necesita 128MB mínimo, lo que da un total de 288MB mínimo sin contar otros subprogramas que podrían ejecutarse al mismo tiempo que los ya mencionados y debido a que las memorias actualmente en el mercado se las encuentra en múltiplos de 256MB, necesitaríamos una tarjeta o un conjunto de tarjetas de memoria RAM que sumen 512MB de RAM. Con un tamaño de RAM de 256MB y trabajando con Windows XP seria suficiente si se dispone de tamaño en el disco duro suficiente para que Windows cree memoria virtual cuando la necesite, pero este tipo de memoria es mas lenta que la RAM lo

que disminuiría la capacidad de procesamiento del sistema.

- **Disco Duro.** 65MB de espacio libre en el disco, 100MB para la base de datos de los históricos y 240MB del tamaño del proceso y sus animaciones.

- **Sistema operativo.** Windows 2000/NT/XP para tener una óptima estabilidad.

- **Quick Time Player 7.0.3** para usar el objeto Active X dentro de Lookout.

- **Monitor** con resolución mínima de 1024 por 768 píxeles para poder ver completamente las pantallas hechas en Lookout, precisamente porque estas fueron creadas con esa resolución.

- **Puertos:** serial, paralelo y USB.

- **Periféricos:** Teclado, mouse o en falta de estas es suficiente con una pantalla táctil. Solo uno de los tres periféricos mencionados es necesario para cambiar los

datos en las pantallas del proceso gracias a que Lookout permite ingresar datos para cada periférico de manera independiente.

- **Teclado.** El puntero sobre la pantalla dentro de Lookout puede ser movido por las teclas direccionales y para elegir la selección del puntero (análogo a hacer clic con el mouse) debe presionarse la barra espaciadora. Solo con estas dos posibilidades ya podemos controlar el proceso, pero además con un teclado disponemos de las teclas numerales que en conjunto con las demás teclas podemos rápidamente ingresar datos como por ejemplo el de un potenciómetro.

- **Mouse.** Como se mencionó anteriormente, sólo con las funciones de mover el puntero en la pantalla y elegir la selección es suficiente para controlar el proceso y estas son justamente las funciones del Mouse. Para ingresar datos numéricos con el Mouse, los objetos que requieren ese tipo de datos pueden mostrar un pequeño teclado (keyboard) sobre la pantalla.

- **Pantalla Táctil.** Una pantalla táctil brinda la posibilidad de ingresar los datos de la misma forma que un Mouse, por lo que este periférico es otra opción para control el proceso.

- **CD ROM.** Este dispositivo es necesario para instalar los programas y copiar el proceso desarrollado en Lookout y todos sus archivos adicionales, al menos que los programas y archivos estén instalados ya en el disco duro de la máquina o por medio de un dispositivo Pen Drive en el puerto USB.

- **Tarjeta de Interfaz de Red o NIC** (Network Interface Card) con capacidad de ancho de banda 10/100 Mbps o superior. La NIC conocida también como adaptador LAN provee capacidades de comunicación en red desde y hacia un PC y consiste en una placa de expansión insertada en el computador.

2.3.3 Creación de los Dibujos y Animaciones para las Pantallas de los Procesos.

Lookout provee una librería de gráficos extensa incluyendo interruptores, potenciómetros, botones, gráficos de barras, tanques, bombas, etc. Aparte de estos gráficos nos da la posibilidad de elegirlos del navegador de imágenes; si estos gráficos, los estándares y los del navegador, no llenan o cumplen con nuestras expectativas podemos usar otros programas de dibujo para realizar nuestros propios gráficos.

La librería de gráficos que existe en Lookout puede ser llamada de la siguiente forma: *Menu Insert >> Grafics*.

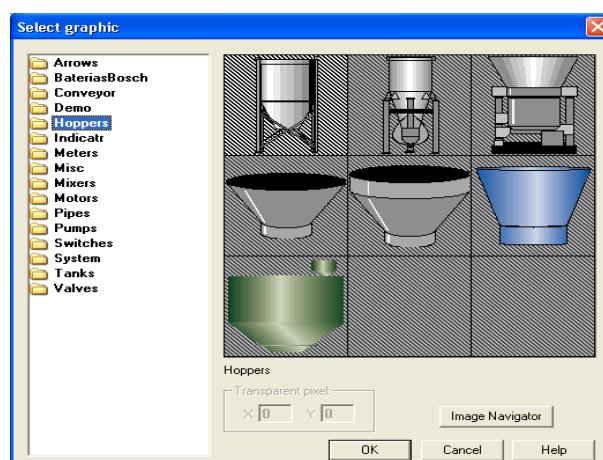


Figura 2.1. Cuadro de diálogo para insertar un gráfico en Lookout

Estos gráficos residen en la carpeta *Graphics*, la cual se encuentra en la carpeta *Lookout 5.0*, en el directorio

donde se instaló el programa. Pero, también se pueden insertar gráficos en Lookout, creados desde otros programas de edición de imágenes. Para usarlos dentro de una aplicación deben ser guardados en la carpeta *Graphics* bajo el formato de mapa de bits (.bmp) o archivos Meta File (.wmf) para que el programa los reconozca.

Además cuenta con los gráficos del *Image Navigator* en el cual existen imágenes de la mayoría de los procesos industriales. Se puede acceder a éste haciendo un click en el botón “Image Navigator” del cuadro de dialogo mencionada anteriormente.

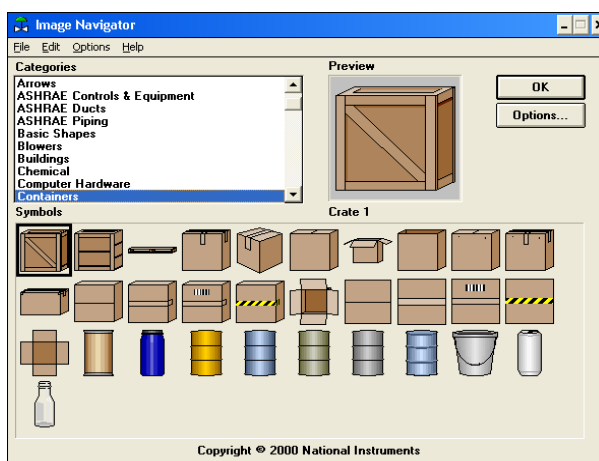


Figura 2.2. Gráficos del *Image navigator*.

2.3.3.1 Gráficos con extensión BMP y WMF

Los archivos de mapa de bits de Windows típicamente tienen una extensión BMP. Estos son siempre rectangulares y nunca se los puede cambiar de tamaño.

Los archivos de mapa de bits se muestran más rápidos que los archivos meta file que tienen extensión WMF.

Los archivos de WINDOWS meta file a diferencia de los de mapa de bits pueden ser cambiados de tamaño. La ventaja que tienen estos gráficos es que ocupan menos espacio en el disco duro. (Refiérase para mayor información al Capítulo 6 “Graphics” del manual de Lookout, “Lookout Developer’s Manual”)

2.3.4 Descripción del Proceso.

Este puede desagregarse en los siguientes subsistemas o módulos de control:

1. Molienda del polietileno
2. Mezcla del polietileno con aditivos y colorantes

3. Proceso de rotomoldeo a cargo de la máquina RotoSpeed de FERRY INDUSTRIES

El proceso está estructurado de manera jerárquica. Esto significa que existe un proceso principal al que se le llama servidor y varios subprocesos conocidos como clientes. La función de los procesos cliente es la de interactuar con el usuario gráficamente por medio de sus pantallas. En estos procesos se desarrolla toda la interfaz visual que va a interactuar con el usuario, muestra datos y cambios del sistema, recoge los datos que ingresa el usuario y permanentemente está comunicándose local o remotamente con el servidor. Se dice que hay una comunicación local si la comunicación entre el cliente y el servidor es en la misma computadora y remota si el cliente está en una computadora y el servidor en otra.

Los procesos servidores se conectan directamente con el hardware por medio del puerto serial en este caso y brindan interconexión entre el cliente y el hardware que controlan. Los servidores se conectan directamente con el hardware y local o remotamente con los clientes.

2.3.4.1 Pantalla Portada de los Procesos.

Para acceder a las pantallas del Control General, proceso de Molino, Mezcla y Rotomoldeo, primero es necesario ingresar a la pantalla principal, en la cual se encuentra una vista en perspectiva de la fábrica Indeltro que se muestra en la figura 2.3. Sin embargo, dado que los subprocesos (Molienda, Mezcla y Rotomoldeo) de la fábrica son independientes, la automatización no podría ser de otra forma, aunque claro, con un PLC común que controla todos los subprocesos. Fue desarrollado un proceso cliente para cada subproceso. A su vez los tres procesos clientes: MILL_CLIENT, MIXER_CLIENT y ROTOSPEED_CLIENT (son los nombres con los que se los puede encontrar en Lookout) son enlazados y cargados por medio de la pantalla portada (FRONT CLIENT) que también es un cliente dada la definición impuesta por Lookout (Refiérase al manual de Lookout) en la que se detalla que los procesos que no se comunican con el PLC deben ser clientes.

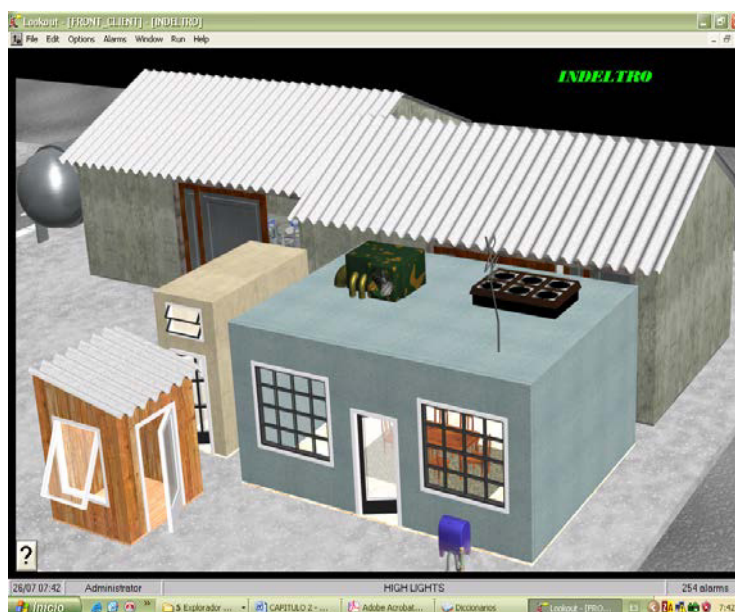


Figura 2.3. Pantalla Portada del Proceso.

La pantalla portada representa una maqueta de la fábrica INDELTRO. Para acceder a alguna de las partes de la fábrica, se necesita posicionar el puntero del mouse en el lugar correspondiente.

Existe también una animación en 3D hecha en 3ds Max 8 y visualizada con Quick Time Player 7 del movimiento de la fábrica Indeltro. Esa animación es posible gracias al objeto Active X de Quick Time Player 7 que se incrusta dentro de la pantalla portada cuando la animación es activada. Para poder usar el objeto Active X de Quick Time Player

7 dentro de Lookout es necesario tener instalado dicho programa. La animación puede ser activada y desactivada ingresando a menú de ayuda (Figura 2.4) por medio del botón con signo de interrogación ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla y esta animación en caso de ser activada será mostrada cada vez que se ingrese a la pantalla portada.

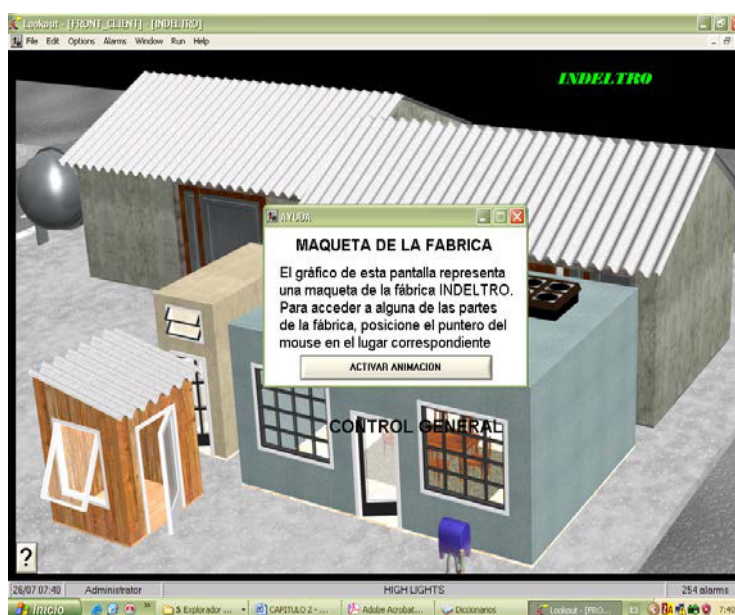


Figura 2.4. Activación/desactivación de la animación

2.3.4.2 Proceso de Molienda

El proceso de molienda esta constituido por un molino tal como fue descrito ya en el capitulo 1.

El proceso inicializa luego de pulsar el botón de marcha en el panel de control (figura 2.5).

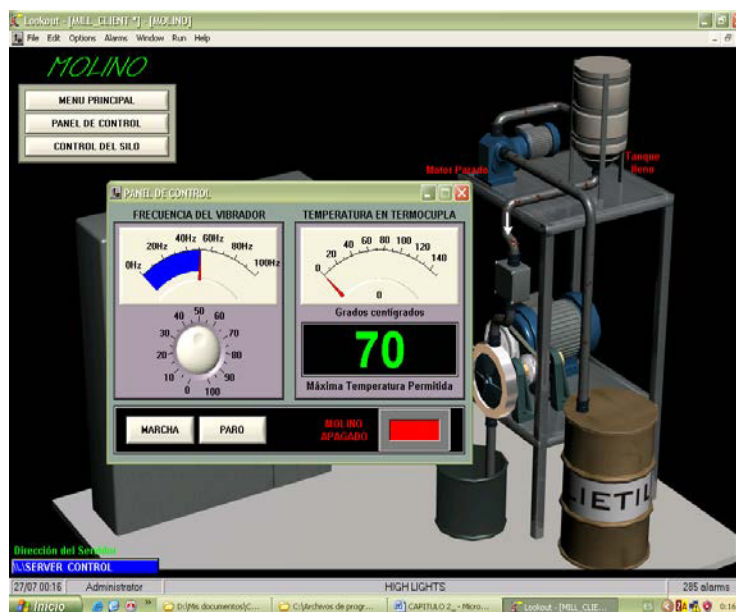


Figura 2.5. Panel de Control de Proceso de Molienda

Inmediatamente después de pulsar marcha se enciende el motor principal, se activa el vibrador y se enciende el motor de succión en modo automático o manual. Estos dos modos son elegibles en el menú *control del silo* (Figura 2.6).

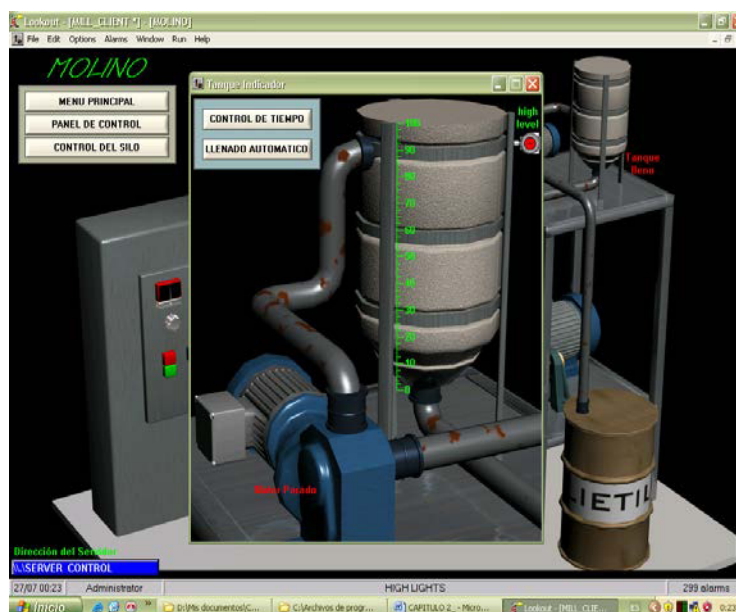


Figura 2.6. Control del Silo.

El modo automático funciona con el sensor ultrasónico de nivel ubicado en la parte superior del tanque que arroja un valor digital. Un cero lógico indica que el tanque está vacío y un uno lógico que el tanque está lleno, previamente se debe configurar en el sensor el tamaño de la ventana en la cual el sensor actuará, es decir, los niveles alto y bajo que se permitirán en el tanque para encender y apagar la bomba de vacío. El modo manual ya no funciona con el sensor ultrasónico pues ahora debe ser activado manualmente por el usuario, en este modo el motor estará encendido por un periodo de

tiempo establecido en un control de tiempo que existe en el proceso (Figura 2.7).



Figura 2.7. Control de Tiempo

En el modo manual luego de presionar inicio, comenzará una cuenta regresiva a partir del tiempo fijado y cuando el tiempo llegue a cero la bomba será apagada automáticamente esperando un nuevo inicio. Durante el conteo regresivo del tiempo en modo manual se habilitan los botones *stop* y *reset*. El botón *stop* para la cuenta de tiempo y para el motor de succión, el botón *reset* encera el contador y para el motor de succión.

Existe tres razones por las cuales este proceso puede ser parado completamente: luego de pulsar el botón de paro, luego de ser activados los relés térmicos del motor principal y/o de succión y luego de que la temperatura censada en la termocupla supere el límite establecido por el usuario.

2.3.4.3 Proceso de Mezcla.

En esta etapa se describirá la etapa de mezcla entre el polietileno, aditivos y pigmentos para que sea usada esta mezcla en el proceso de rotomoldeo (cocción del tanque).

La máquina de mezcla es accionada por solo un motor y reducida su velocidad con un reductor de velocidad. El reductor de velocidad esta acoplado a un eje helicoidal horizontal (Figura 2.8).

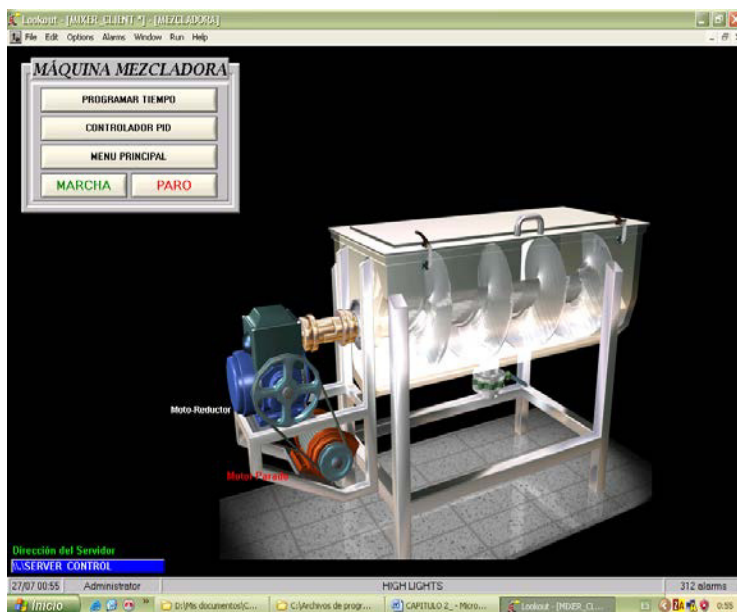


Figura 2.8. Vista Interna y Externa en Perspectiva de la Máquina de Mezcla

La máquina tiene un interruptor dispuesto de tal forma que cuando la tapa esté cerrada indicará un cero lógico y cuando esté abierta indicará un uno lógico (Figura 2.9).

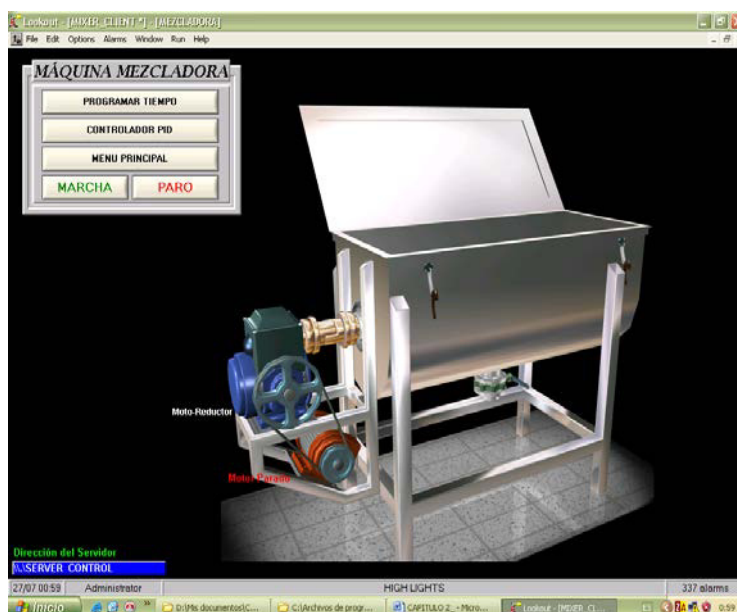


Figura 2.9. Vista en Perspectiva de la Apertura de Tapa de la Máquina de Mezcla

El interruptor mencionado es necesario para impedir que el motor este funcionando o entre en funcionamiento si la tapa de la máquina esta abierta

El encendido del motor toma lugar luego de presionar el botón *marcha* en el proceso o después de presionar *inicio* en el menú *programar tiempo* (Figura 2.10).



Figura 2.10. Control de Tiempo de Encendido del Motor de Mezcla

Nótese que el control de tiempo del motor de mezcla es exactamente igual al control de tiempo de llenado manual del silo explicado con detalle en el proceso de molienda. Esto no quiere decir que se debió realizar nuevamente un control de tiempo para este otro proceso, dado que gracias al objeto *aggregate* es posible crear objetos personalizados o subprocesos y luego invocarlos en cualquier otro u otros procesos más complejos para su utilización. Este objeto da mayor rapidez de programación en el evento que se tenga un subproceso que se repita varias veces (Para mayor información refiérase al

manual de Lookout asequible en el mismo programa).

El motor de mezcla es controlado por un controlador PID (Proporcional, Integral, Derivativo) que tiene tres estados de funcionamiento: Estado apagado, estado manual y estado automático (Figura 2.11).

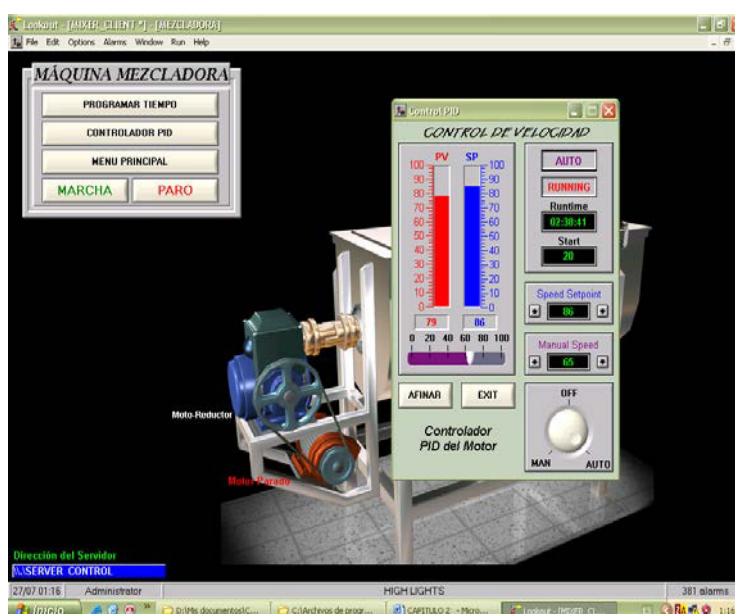


Figura 2.11. Controlador PID del Motor de Mezcla.

En el estado apagado se deshabilita el botón de *marcha* de tal forma que no será posible encender el motor. En estado manual el control PID deshabilita su lazo de realimentación y la velocidad del motor es variada manualmente por el

potenciómetro *manual speed* en el controlador. En el modo automático el sistema de realimentación está habilitado, en donde la variable de proceso es un valor analógico que proviene de un tacómetro ubicado en el eje del motor, el *setpoint* del controlador PID viene de fuera y también desde Lookout y solo es aplicable en modo automático, el *setpoint* es el valor al cual la *variable de proceso* debe llegar a ser igual luego que el controlador PID regule automáticamente la velocidad del motor. Las constantes proporcional, integral y derivativa deben ser fijadas por el usuario para el óptimo funcionamiento y rápida convergencia del controlador, para realizar esto se debe ingresar a la pantalla de afinamiento del controlador luego de pulsar el botón *afinar* en la pantalla del controlador (Figura 2.12).

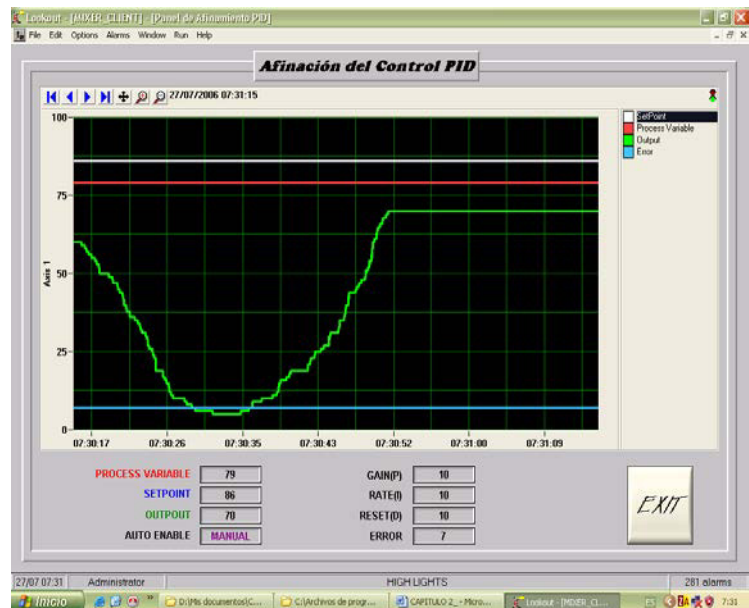


Figura 2.12. Pantalla de Afinación del Controlador PID.

2.3.4.4 Proceso de Rotomoldeo.

El proceso de rotomoldeo esta a cargo de la máquina automática de brazos independientes *RotoSpeed* de FERRY INDUSTRIES. En lookout se trató de realizar una simulación lo más cercana posible al correcto funcionamiento de la máquina dado que esta ya automatizada y tiene su propio sistema de control, supervisión y adquisición de datos.

Todo empieza con la pantalla frontal (Figura 2.13) de la máquina que brinda enlace con los controles de los tres brazos independientes.

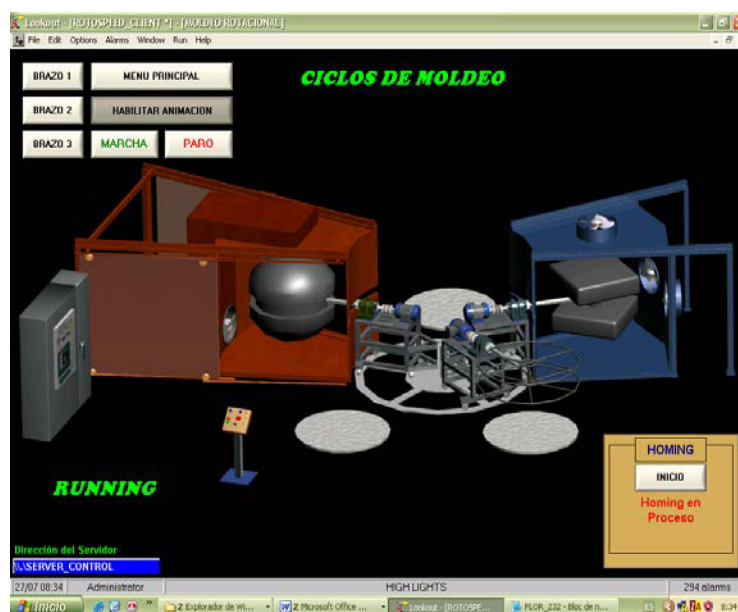


Figura 2.13. Pantalla Frontal del Proceso de Rotomoldeo

La máquina tiene cinco estaciones: Estación de cocción, estación de pre-enfriamiento, estación de enfriamiento, estación de servicio 1 y estación de servicio 2. En cada estación hay un sensor inductivo de proximidad que con su estado lógico en alto indicará la presencia de un brazo en esa posición. Las puertas frontal y trasera del horno tienen cada una dos interruptores conocidos como

finales de carrera, los cuales están ubicados de tal forma que indicaran un estado lógico alto cuando las puertas estén totalmente abiertas o totalmente cerradas, es decir que hay dos interruptores finales de carrera por cada puerta ubicado uno en el final de la apertura completa de la respectiva puerta y el otro ubicado en el punto de cierre completo de la puerta con el horno. Los interruptores finales de carrera son necesarios para determinar cuando un brazo puede ingresar al horno (puerta frontal del horno completamente abierta), cuando un brazo puede salir del horno (puerta trasera del horno completamente abierta) y cuando empezar la combustión de gas dentro del horno (ambas puertas completamente cerradas) para dar inicio al proceso de cocción.

2.3.4.4.1. Creación del Sistema de Referencia para la ubicación de los Brazos.

Los sensores inductivos de posición ubicados en el plato base solo detectan la presencia de un brazo pero no son capaces de discriminar de que brazo se trata. Para estar en armonía entre lo que se ve en el SCADA y lo que se pasa en la vida real y además, dado que los controles son independientes para cada brazo es necesario tener plenamente ubicados los brazos. Para este propósito se desarrolló el sistema de auto ubicación inicial de los brazos que servirá de referencia para ubicar cada brazo. Para realizar la auto ubicación de brazos se debe presionar el botón "HOMING" (direccional) ubicado en la pantalla principal y esperar que aparezca el mensaje "HOMING TERMINADO". Para realizar el "HOMING", el sistema usa un sexto sensor inductivo de posición ubicado en la quinta estación (estación de servicio 2) que está físicamente ubicado para censar únicamente el brazo 1 y a partir de la ubicación de este se ubican los

brazos 2 y 3 en la estación 4 y 3 respectivamente.

El proceso inicia luego de pulsar marcha en la pantalla frontal, pero además de la necesidad de habilitar todo el proceso con el pulsamiento del botón marcha también debe habilitarse individualmente cada brazo con presionar el botón de habilitación que esta en las pantallas de los brazos (Figura 2.14).



Figura 2.14. Pantalla del Brazo 1

Además del interruptor de habilitación de cada brazo existe también un botón de activación del movimiento del molde de cada

brazo. El movimiento del molde debe estar activo en las estaciones de cocción, pre-enfriamiento y enfriamiento y puede ser desactivado en las estaciones de servicio para sacar el molde y desmoldar la pieza terminada.

El proceso es cíclico y todos los brazos giran en el sentido de las manecillas del reloj. Los brazos avanzan inmediatamente a la siguiente estación una vez que su ciclo concluye. Cada brazo tiene dos modos de funcionamiento con respecto al tiempo de permanencia en cada estación: manual y automático. En el modo automático una vez que cada brazo ingresa a las estaciones de cocción, pre-enfriamiento y enfriamiento se activa el tiempo fijado en el control de tiempo de la respectiva estación y luego que el tiempo termina y si la siguiente estación esta libre, el brazo se mueve. El modo manual es igual al modo automático excepto por que el

conteo de tiempo no empieza automáticamente en vez de aquello se necesita dar inicio al presionar *inicio* en el control de tiempo.

En la pantalla del brazo se puede notar los botones *exportar* e *importar* receta. El botón *importar receta* carga automáticamente tiempos establecidos para las tres estaciones y guardados previamente en una hoja de Excel con una capacidad de hasta 255 recetas. Esta ventaja le da facilidad al usuario para invocar tiempos fijados previamente que mejor se adapten al producto. El botón *exportar* receta permite exportar los tiempos fijados de las tres estaciones mencionadas en una hoja de Excel con la ubicación en disco especificada en la entrada de texto ubicada en la parte inferior izquierda de la pantalla. Finalmente en la misma pantalla de cada brazo esta el botón *tendencia del proceso* que activa la

pantalla de los gráficos (Figura 2.15) que muestran y registran las activaciones y desactivaciones de los tiempos de permanencia en cada estación.

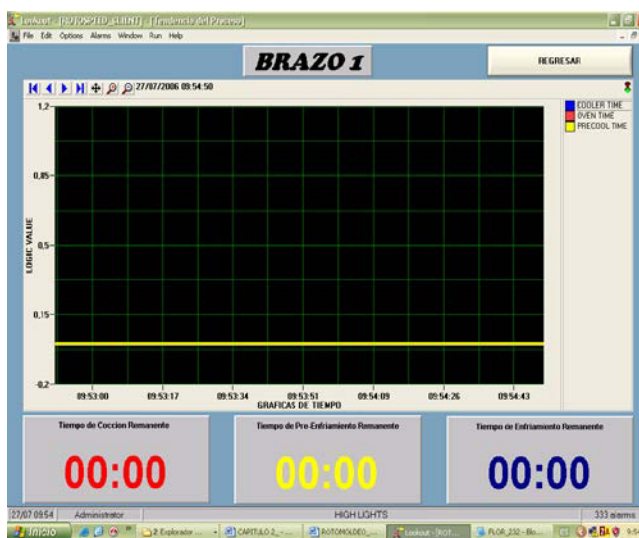


Figura 2.15. Pantalla de registros de tiempos

2.3.4.5. Control General

El control general es el servidor de los procesos cliente antes mencionados. Este proceso brinda ínter conectividad local o remota entre los clientes y el PLC y visualiza y controla todas las salidas y entradas respectivamente de cada proceso cliente (Figura 2.16).

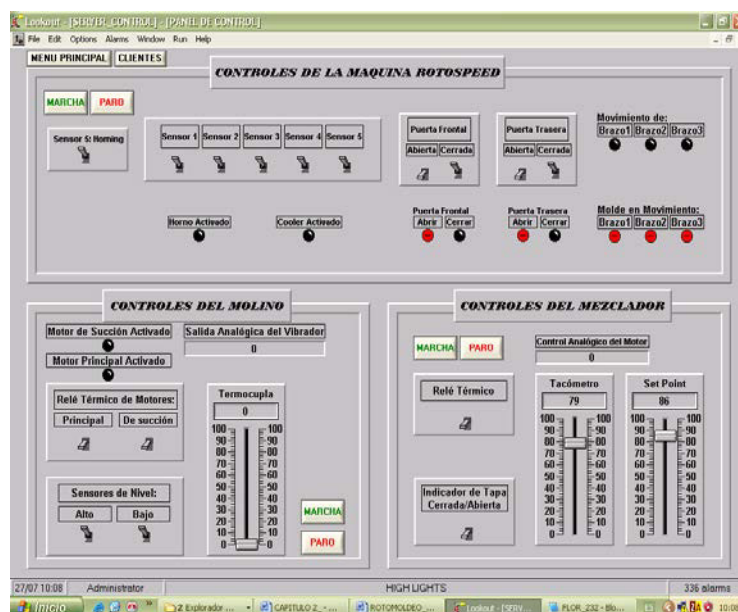


Figura 2.16. Pantalla del Control General

En este proceso se instala el driver GE_Series90 que esta en Lookout para establecer la comunicación con el PLC GE luego se enlaza las entradas y salidas del PLC con las entradas y salidas de los procesos clientes por medio de una ínter conectividad entre este proceso servidor que aloja el driver de comunicación con el PLC y los procesos clientes que tienen la lógica de control del PLC. La comunicación entre el servidor y los clientes es habilitada luego de poner la dirección correcta de los clientes en la tabla de entrada de texto que se activa luego de pulsar el botón *clientes*

ubicada en la parte superior izquierda de la pantalla (Figura 2.17).

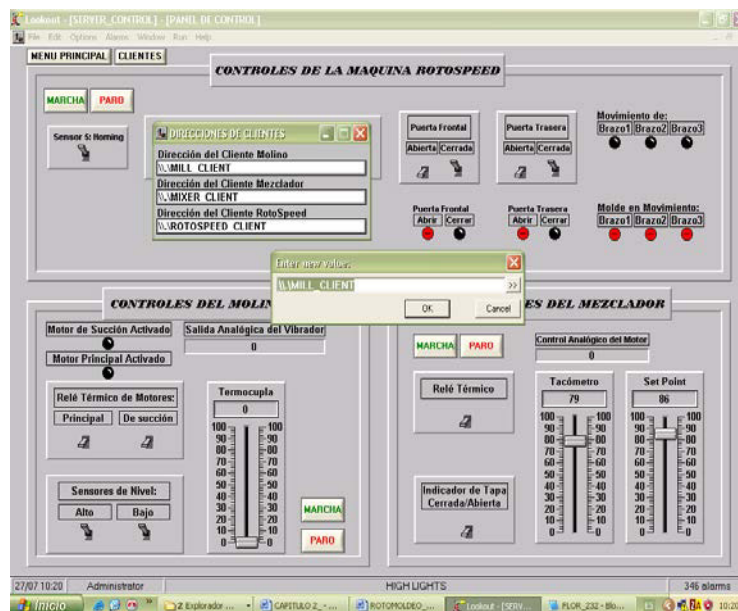


Figura 2.17. Grafica que muestra la comunicación entre el servidor y clientes.

A su vez la comunicación debe ser cerrada escribiendo la dirección del servidor en cada proceso cliente.

2.3. Adquisición de Datos a través del Protocolo DDE

2.3.1 El Protocolo de Comunicación "DDE"

El intercambio dinámico de datos DDE es el protocolo de mensajes de Microsoft usado por aplicaciones parecidas a Microsoft Excel y Lookout para "enlazar" datos en otras aplicaciones. Cuando los datos en una aplicación fuente cambian, este protocolo actualiza dinámicamente todos los datos enlazados (en tiempo real).

Con DDE, usted puede enlazar dinámicamente otras aplicaciones de Windows a Lookout. Si Lookout obtiene datos desde otras aplicaciones, Lookout es el cliente. Pero si otra aplicación obtiene datos desde Lookout, Lookout es el servidor. Lookout puede ser ambos, servidor y cliente, en una configuración "peer to peer", refiérase al ejemplo "DDE peer to peer" del Capítulo 11, del "Lookout Developer's Manual".

La aplicación es responsable para el establecimiento de un enlace DDE con el servidor. Cuando Lookout es un cliente, este primero intenta establecer una conexión "XITable DDE" (porque esta es la más eficiente). Si la

aplicación servidor no soporta este formato, Lookout usa el formato CF-TEXT DDE.

Para establecer un enlace DDE, la aplicación cliente debe de identificar la localidad de los datos deseados. Una dirección de tres-niveles identifica la localidad de los datos: *Service*, *Topic*, *Item*.

Service, especifica el nombre de la aplicación servidor a enlazarse con el cliente. Cada aplicación que soporta DDE tiene un único nombre de servicio. Por ejemplo, Lookout es el nombre de servicio de Lookout, y EXCEL es el nombre de servicio de Microsoft Excel.

Topic, es el segundo nivel en una dirección de tres-niveles. Para algunas aplicaciones de servidores como Excel y Lookout, "*Topic*" especifica un archivo en particular. En Lookout "*topic*" es el nombre del archivo del proceso.

Item, identifica el dato específico o valor a ser enlazado entre el servidor y el cliente. Un Lookout item es el nombre del objeto, seguido por un "data member" (ver

Capítulo 1, sección “Data Members”, del “Lookout Developer’s Manual”) específico, si es requerido. Un *item* en un “spreadsheet” (tipo de archivo que contiene cadenas de datos), como la celda B3 en Microsoft Excel, debería ser r3c2.

Lookout puede actuar como cliente DDE, servidor DDE, y como ambos. Por lo tanto hay tres maneras básicas para enlazar Lookout hacia otras aplicaciones usando DDE.

2.3.2. Comunicación PLC con Kepserver.

KepserverEx es una aplicación de windows de 32 bits que proporciona los medios para extraer datos e información desde un amplio y numeroso rango de dispositivos (por ejemplo los PLC) y sistemas industriales dentro de “aplicaciones cliente” en una PC Windows. KepserverEx cae bajo la categoría de una aplicación Servidor. Es muy común escuchar el término “aplicación cliente /servidor” en uso a través de algunas disciplinas de software y segmentos de negocio. En el mercado industrial, usualmente significa el compartimiento de datos de producción o manufactura entre una variedad de

aplicaciones que van desde programas de interface hombre-maquina e históricos de datos.

Sin contar con el campo de los negocios, las aplicaciones cliente/ servidor tienen una cosa en común: un método de estandarización para compartir datos. En el campo industrial, varias tecnologías cliente/ servidor han sido desarrolladas en los últimos diez años. Inicialmente algunas de esas tecnologías fueron patentadas. En varios casos esas patentes de arquitecturas cliente/servidor fueron ampliamente usadas pero quedaron sin uso un tercio de esas aplicaciones. Tempranamente en el desarrollo de Windows, una tecnología cliente/servidor genérica llamada DDE o Intercambio Dinámico de Datos. DDE proporcionó una arquitectura básica que permitiría a varias aplicaciones de windows compartir datos, pero había un problema. DDE no fue diseñado para el mercado industrial. Este carecía mucho de la velocidad y peso deseado en un escenario industrial. Sin embargo, esto no fue inconveniente para que DDE llegue a ser una arquitectura dominante, debido a su disponibilidad en

más aplicaciones de Windows. A tiempo, las variaciones en el DDE de Microsoft fueron desarrolladas por algunos de los principales vendedores del mercado. Esas variaciones direccionaron algunas de las capacidades en velocidad y fiabilidad de DDE, pero varias personas en el medio industrial acordaron que un mejor sistema necesitaba ser desarrollado.

Con la ventaja de Sistemas Operativos de 32 bits, y el uso de Ethernet para proporcionar comunicación entre dispositivos, había una necesidad para una rápida y eficaz transferencia de datos entre los programas de las aplicaciones. Es así como OPC vio su nacimiento dentro de la industria.

Los servidores OPC (OLE para Control de Procesos) proporcionan un método de estandarización que permite múltiples aplicaciones industriales para compartir datos de una manera rápida y robusta.

El OPC proporcionado en el paquete de programas de Kepware (donde se encuentra KepserverEx) ha sido

diseñado como un programa de dos-partes. El primer componente proporciona todo sobre el OPC y la conectividad DDE como una función de interface del usuario. La segunda parte comprende los “drivers” (software que permite un enlace entre dos dispositivos) de comunicación. Este diseño de dos-partes permite al usuario agregar múltiples opciones de comunicación para sus aplicaciones SCADA mientras utilizan un solo servidor OPC.

Parte del diseño innovador de la tecnología Servidor OPC/DDE de Kepware es la separación del Driver del Protocolo del Hardware de la Tecnología del servidor. Esta separación permite al usuario usar uno o más drivers al mismo tiempo en el mismo servidor.

2.3.3. Comunicación Kepserver con Lookout.

Lookout puede operar como un Cliente OPC para comunicarse con Kepserver, a través del objeto *OPCClient*. Podemos acceder a este objeto desde el menú principal de la siguiente manera: *Menu Object >> Create >> Drivers >> OPCClient*.

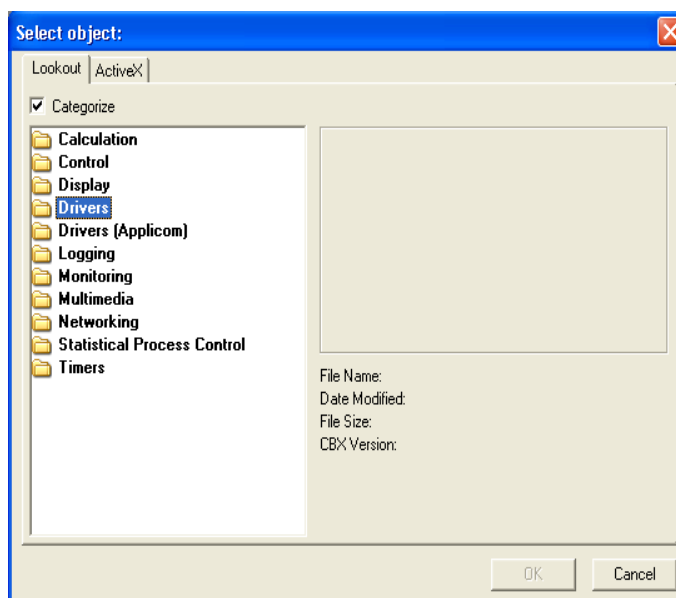


Figura 2.18. Carpetas de los objetos de Lookout.

En este objeto se debe de escoger primero los parámetros para el Servidor OPC (*OPC Server Settings*) tales como el nombre del Servidor instalado en la PC (*KEPware.KEPServerEx.V4* o *National Instruments LookoutOPCServer*); su localización, esto es, si se encuentra en la PC local o en un equipo remoto; la forma como aparecerán las variables del servidor en el objeto; y la forma de comunicación con el servidor OPC, que usualmente debe de ser asincrónica. Luego se escogen los parámetros del grupo OPC (*OPC Group Settings*)

tales como el tiempo de actualización del servidor al cliente (*Update Rate*) que esta en milisegundos.

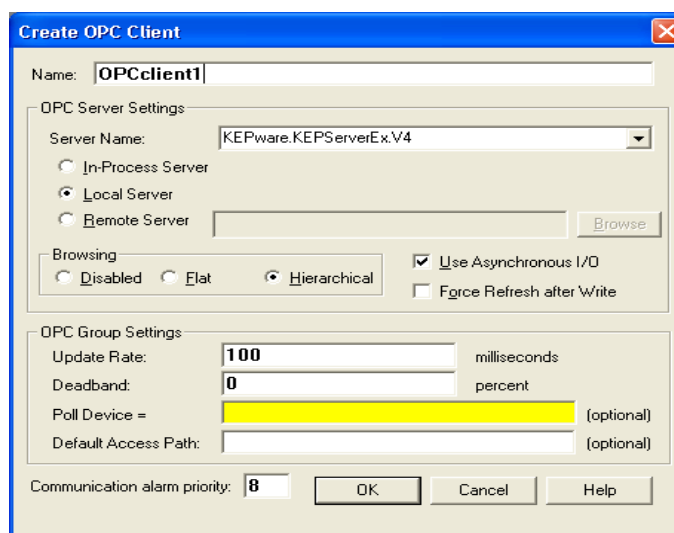


Figura 2.19. Cuadro de diálogo del objeto OPCClient.

Una forma para visualizar los valores del servidor OPC, es crear una expresión. Para insertar una expresión procedemos de la siguiente manera: *Menu Insert >> Expresión.*

En la parte izquierda del cuadro de diálogo que aparecerá a continuación se verán los objetos del proceso. Para acceder a las variables del *OPCClient* se expande las carpetas hasta llegar a la que se quiere visualizar.

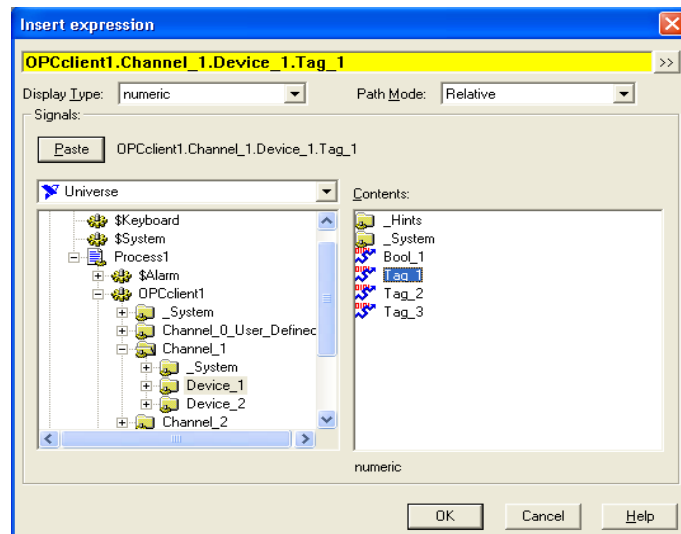


Figura 2.20. Cuadro de diálogo para insertar una expresión.

Capítulo 3

3. CONTROL DE ADQUISICION DE DATOS POR MEDIO DE LabVIEW 7.1 EXPRESS DE NATIONAL INSTRUMENTS

3.1. Sistemas de Instrumentación Virtual

Un instrumento virtual (IV), se ejecuta por medio de una computadora a través de un software llamado Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, conocido por las siglas LabVIEW. La instrumentación virtual se define como un sistema de medición, análisis y control de señales físicas con una computadora por medio de instrumentos virtuales. LabVIEW, es un software empleado para diseñar instrumentos en la computadora personal, es un software que emplea una metodología de programación gráfica., es el software que realmente provee la ventaja de construir sobre esta potente base de hardware para crear instrumentos virtuales. Con los instrumentos virtuales los

ingenieros e investigadores construyen sistemas de medición y automatización dependiendo las necesidades del usuario.

Un informe de las principales características que existe en la realización de aplicaciones en LabVIEW son las siguientes:

Trabajo en dos paneles.- Para la realización de un instrumento virtual, este se lleva a cabo a partir de 2 pantallas de trabajo llamadas Panel Frontal (Front Panel) y Diagrama de Bloques (Block Diagram), los cuales se encuentran bien; en el panel frontal se encuentran visibles los controles, los cuales representan las entradas y los indicadores, los cuales representan las salidas, en el diagrama de bloques es donde se realiza la conexión y programación de los controles e indicadores. Para mayor información refiérase al Capítulo 2 y 3 del manual “Learning with LabVIEW 7 Express”

Trabajos con SubVIs.- los SubVIs son instrumentos virtuales que se pueden usar como subrutinas por instrumentos virtuales. Para mayor información refiérase al Capítulo 2 del manual “Learning with LabVIEW 7 Express” .

Programación con estructuras y lazos.- Los lazos Mientras (WHILE) y Para (FOR), la estructura Caso (CASE) y las

estructuras de secuencia FLAT y STACKED nos permiten manejar instrucciones para la ejecución de un instrumento virtual. Para mas información acerca de las estructuras y lazos refiérase al Capítulo 5 del manual “Learning with LabVIEW 7 Express”.

Adquisición de Datos (DAQ).- LabVIEW nos permite adquirir o transferir información al exterior, para esto LabVIEW cuenta con el asistente de instrumento de entrada-salida (INSTRUMENT I/O ASSISTANT) que es una herramienta que nos permite configurar los drivers de comunicación GPIB y RS232. Para obtener mas información refiérase a los Capítulos 8 y 10 del manual “Learning with LabVIEW 7 Express”

3.2. Creación, Edición y Programación de instrumentos virtuales en LabVIEW 7.1.

3.2.1. Creación de Instrumentos Virtuales

En lo que respecta a la creación de instrumentos virtuales en LabVIEW 7.1. Primero se debe abrir el programa y dar clic en crear un nuevo instrumento virtual (New) como se muestra en la figura 3.1.



Figura 3.1. Pantalla de Labview 7.1

LabVIEW 7.1 mostrará un menú de opciones, escogiendo un Instrumento virtual en blanco.

El LabVIEW 7.1 proporcionará 2 paneles: Panel Frontal (Front Panel) y Diagrama de Bloques (Block Diagram), que se puede ver en la figura 3.2

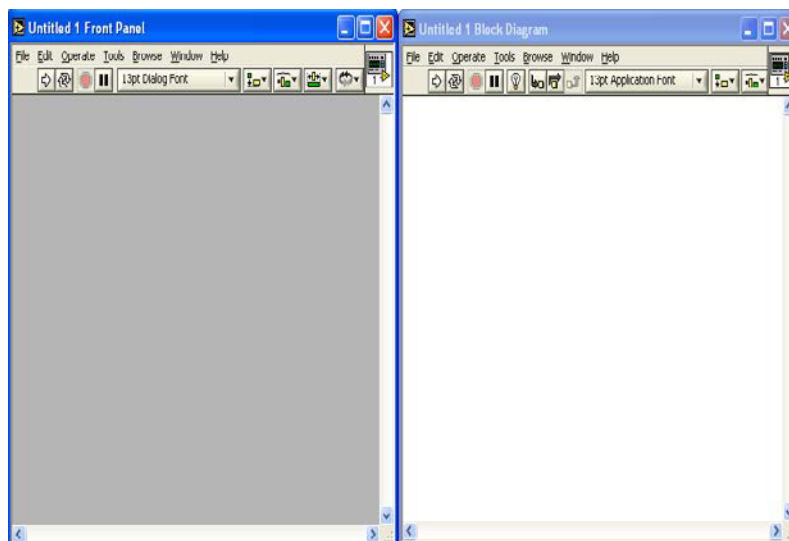


FIGURA 3.2 Panel Frontal y Diagrama de Bloques

En el panel frontal es donde se crean los controles e indicadores de un programa que sirve como comunicación entre el usuario y el instrumento virtual. Los controles son los que representan las entradas y los indicadores nos representan las salidas en un VI. Los controles son botones, interruptores, marcadores y todo tipo que sea componentes de entradas. Los indicadores son las graficas, luces y otros dispositivos de salidas.

En la figura 3.3 se muestra la barra de herramientas, la cual sirve para escoger el objeto virtual en el panel frontal.

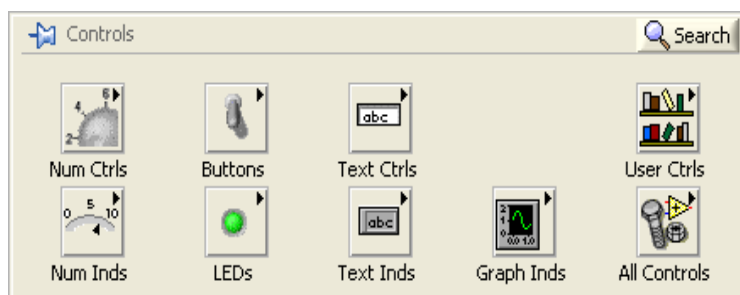


FIGURA 3.3 Barra de herramientas

En la figura 3.4, los controles simulan entradas de equipos y suministra datos al diagrama de bloques del instrumento virtual. Los indicadores simulan salidas de instrumentos y suministra datos que el diagrama de bloques genera.

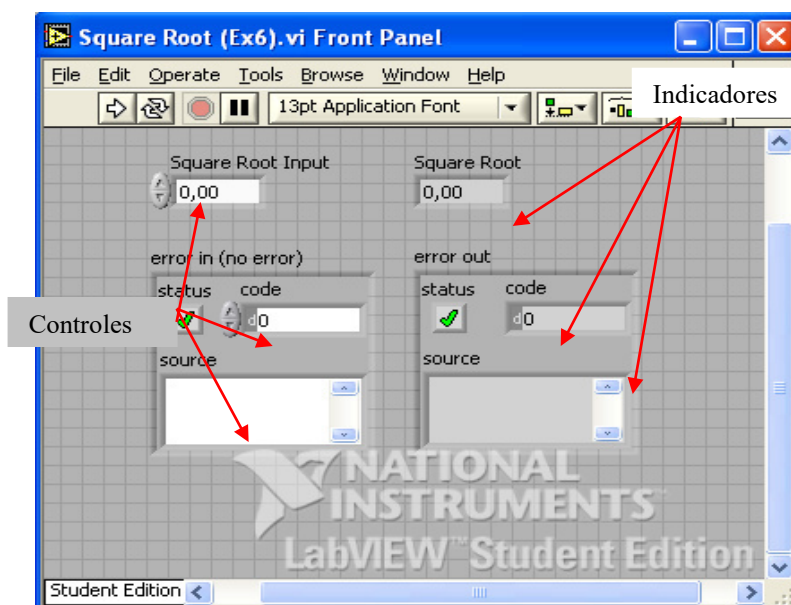


FIGURA 3.4 Panel Frontal de un ejercicio

El diagrama de bloque contiene el código fuente gráfico del ejercicio. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloque. El diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en LabVIEW. Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras, como se puede apreciar en la figura 3.5.

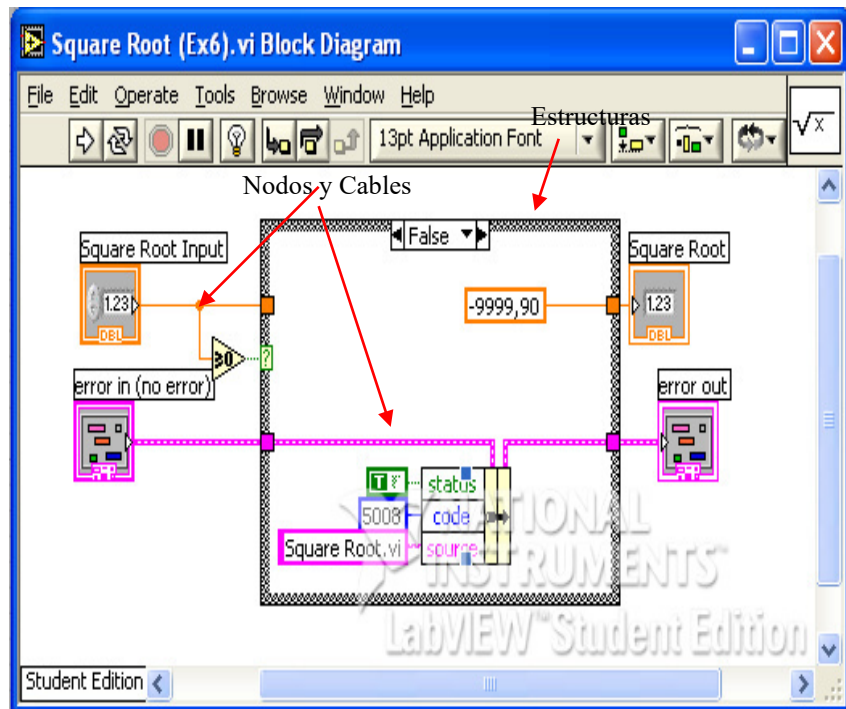


FIGURA 3.5 Diagrama de Bloques del ejercicio
Mostrado en la figura 3.3

Cuando un objeto es creado en el panel frontal, una terminal es creada en el diagrama de bloques. Cada terminal contiene información útil referente al objeto al cual corresponde en el panel frontal, esto se muestra en la figura 3.6. Por ejemplo, el color y los símbolos proporcionan el tipo de dato. Números de punto flotante y de doble-precisión, son representados con terminales anaranjadas y las letras DBL

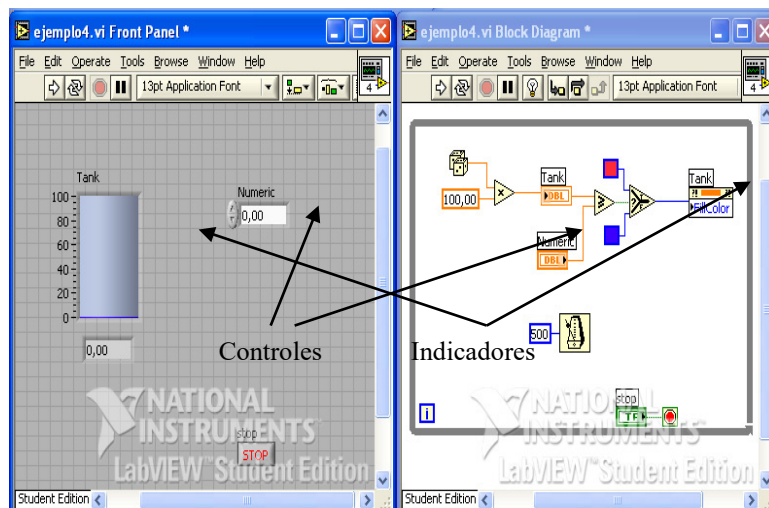


FIGURA 3.6 Controles e Indicadores

Comúnmente se dice que las terminales verdes deben unirse con las terminales verdes, anaranjadas con anaranjadas, azul con azul y así sucesivamente. LabVIEW también permitirá al usuario conectar una terminal azul (valor entero) a una terminal anaranjada

(valor fraccional). Pero por lo general se busca la igualdad en los colores de las terminales.

Con respecto a los controles que utilizamos en el panel frontal, estos tienen una flecha en el lado derecho y tienen un borde grueso. Los indicadores tienen una flecha en el lado izquierdo y un borde fino. Cada cable debe tener un control o entrada, y cada cable puede tener uno o varios indicadores o salidas.

3.2.2. Edición de Instrumentos Virtuales

Labview tiene una barra de herramientas que nos ayuda mucho en la edición de instrumentos virtuales, por medio de estas herramientas se podrá cambiar las propiedades en un objeto o indicador de el panel frontal, por ejemplo: texto, color, tamaño, etc. Para cambiar el color del objeto y también el del panel frontal es de la siguiente manera:

En la figura 3.7 se muestra el submenú de Windows de la barra de herramientas del panel frontal, en el caso de insertar un texto, se señala la letra A y se escribe el texto del objeto.

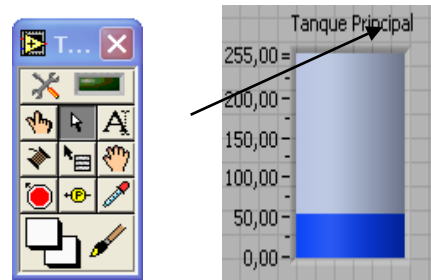


FIGURA 3.7 Texto para un objeto en LabVIEW

Si desea cambiar el color a un objeto cualesquiera, primero se habilita la opción de mostrar paletas de herramientas (show tools palette), escoger el color de preferencia y señalar con el pincel sobre el objeto a cambiar de color, tal como se muestra en la figura 3.8.

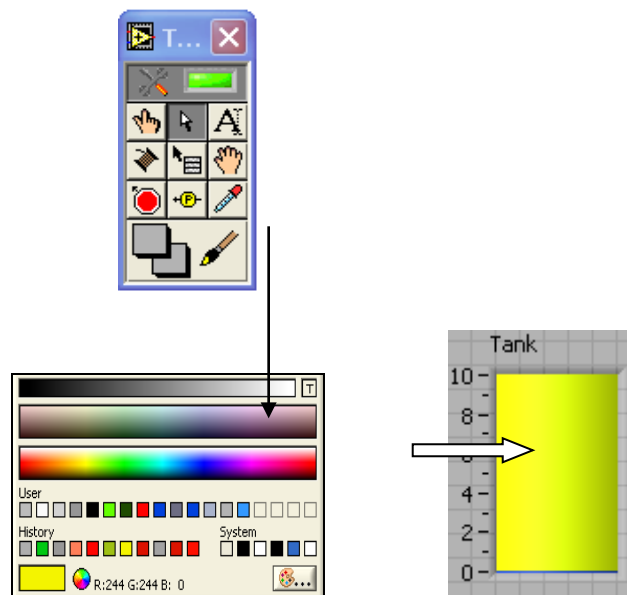


FIGURA 3.8 Cambio de color de un objeto en LabVIEW

Si se desea cambiar de escala del objeto de control, se da un clic derecho con el mouse al objeto, y este muestra un menú con las propiedades del mismo, y la escala de que se desee. La figura 3.9 muestra el procedimiento para cambiar la escala del objeto descrito anteriormente.

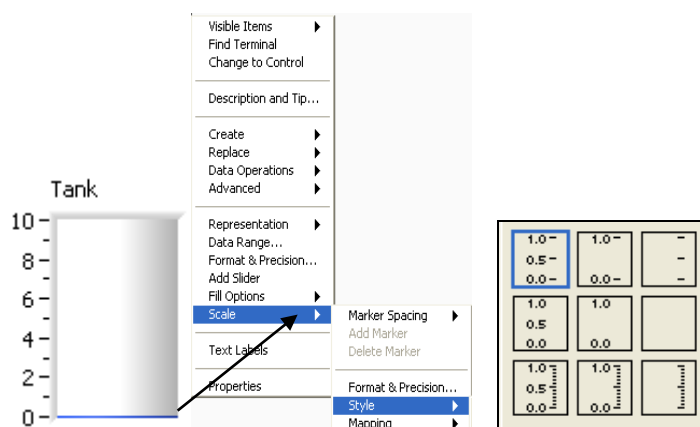


FIGURA 3.9 Cambio de Escala para un objeto en LabVIEW

Existe muchas más herramientas que sirven para retocar cualquier objeto. Para más información refiérase al Capítulo 2 y 3 del manual “Learning with LabVIEW 7 Express”.

3.2.3. Programación de los objetos virtuales.

Para la programación de los objetos virtuales se utiliza un lenguaje gráfico de programación, primero se deben conocer los tipos de datos, la ejecución del flujo de datos,

conocer los ciclos Mientras (While) y Para (For) y también estructuras de caso (case) para cualquier programación.

Para ejecutar los instrumentos virtuales en Labview, se debe de seguir un modelo de flujo de datos. Un nodo del diagrama de bloque se ejecuta cuando todas sus entradas están disponibles. Cuando un nodo completa la ejecución, suministra datos a sus terminales de salida y pasa los datos de salida al siguiente nodo en la trayectoria del flujo de datos en el diagrama de bloques.

Los ciclos Mientras (While) y Para (For) están localizados en la paleta estructura de funciones (Functions Structures). El ciclo Mientras deja de ejecutar el sub diagrama solo si el valor en la condición terminal existe. En cambio el ciclo Para ejecuta una serie (set) de veces predeterminada.

Ciclo Mientras (While).- El ciclo Mientras ejecuta el sub diagrama hasta que la terminal dependiente, recibe un valor booleano específico. El comportamiento y la apariencia de la terminal dependiente es continue si es

Verdadero (Continue if True), mostrado a la derecha de la figura 3.10, en el diagrama de bloques. La terminal de iteración (una terminal de salida), mostrada a la izquierda, contiene el número de iteraciones completas. El conteo de iteraciones siempre empieza en cero. Durante la primera iteración, la terminal de iteración regresa a cero.

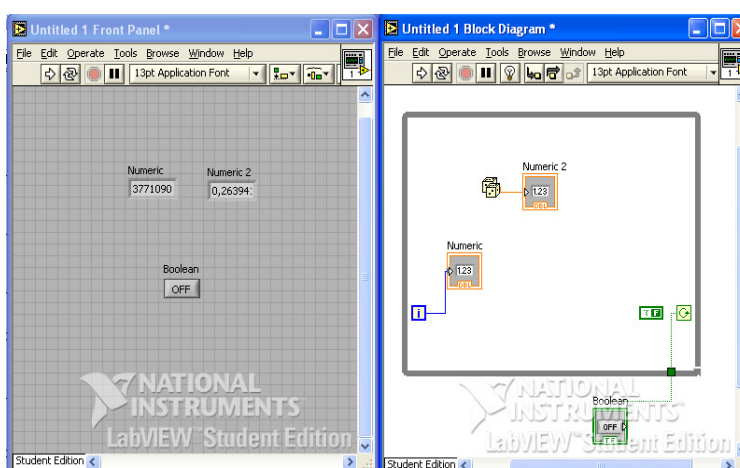


FIGURA 3.10 Ciclo Mientras (While) continua si verdadero

Si el ciclo es Stop if true (Detener si es verdadero) tiene la misma configuración del ciclo anterior, la única diferencia, es que el ciclo se detiene si la acción booleana es verdadero, como se muestra en la figura 3.11.

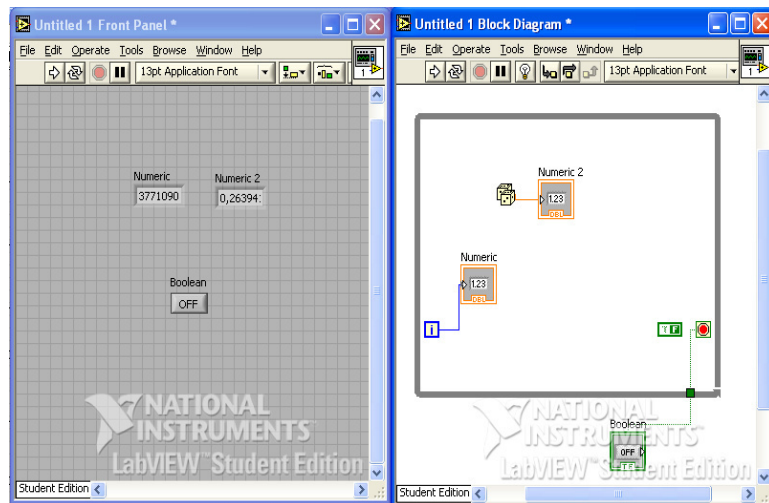


FIGURA 3.11 Ciclo Mientras (While) se detiene si es verdadero

Ciclo For (Para)

La figura 3.12 muestra la descripción de un ciclo For (Para), la cual ejecuta una iteración varias veces. El valor en la terminal de conteo representada por la letra N, esta indica cuantas veces debo repetir el sub diagrama y para el caso de la figura 3.11 es de 99 (N-1). La terminal de iteración (una entrada de salida), contiene el número de iteraciones completas. El conteo de iteraciones siempre empieza en cero. Durante la primera iteración, la terminal de iteración regresa a cero.

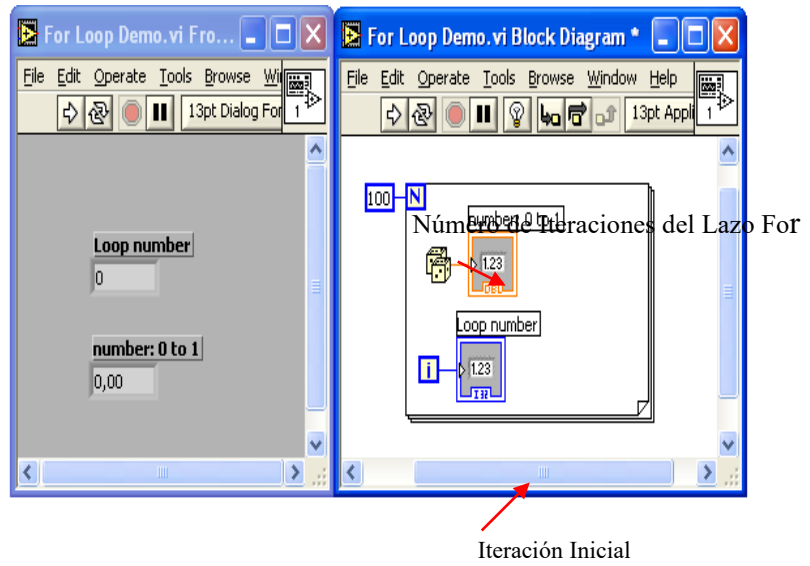


FIGURA 3.12 Ciclo For (Para)

Estructuras de Caso

Las estructuras de caso nos permiten elegir un curso de acción dependiendo del valor de entrada.

En una entrada booleana: Caso simple if-then (si-entonces). Si el valor booleano de la entrada es verdadero (TRUE), el caso verdadero se ejecutara; de otra manera el caso falso (FALSE) se ejecutara, como se observa en la figura 3.15.

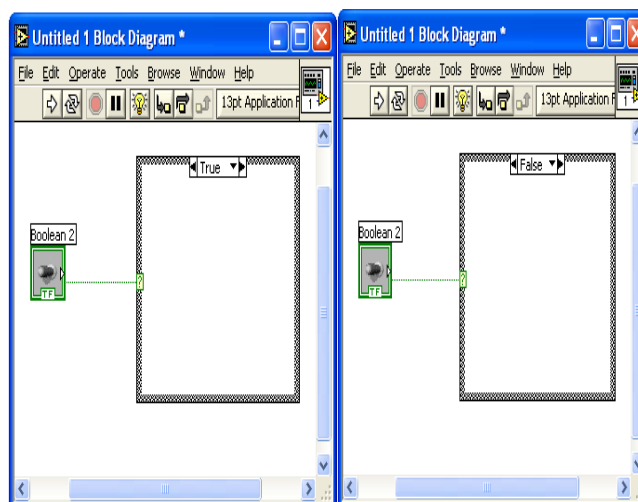


FIGURA 3.13 Estructura caso de entrada booleana.

Si es un valor numérico de entrada. El valor de entrada determina cual caso se ejecutara. Si esta fuera de rango de los casos LabVIEW escogerá el caso por omisión, como se observa en la figura 3.14.

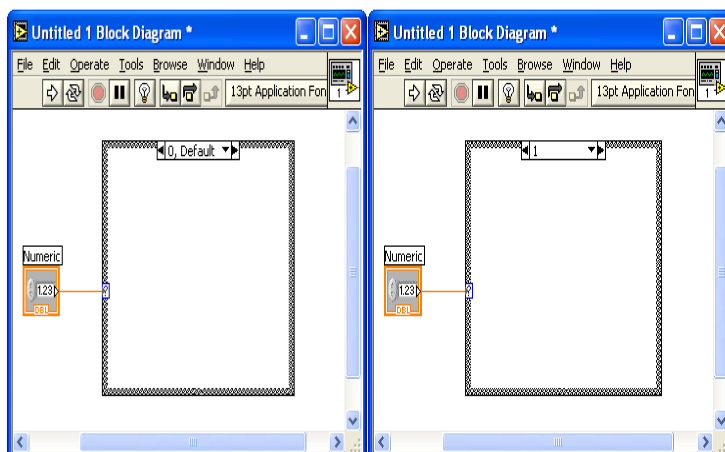


FIGURA 3.14 Estructura caso de entrada numérica.

En una entrada de cadena de caracteres. Como el caso de los valores numéricos de entrada, el valor de la cadena de caracteres determina cual caso se ejecutara. El valor debe de ajustarse exactamente al de los casos o sino la estructura ejecutara el caso por omisión véase la figura 3.15.

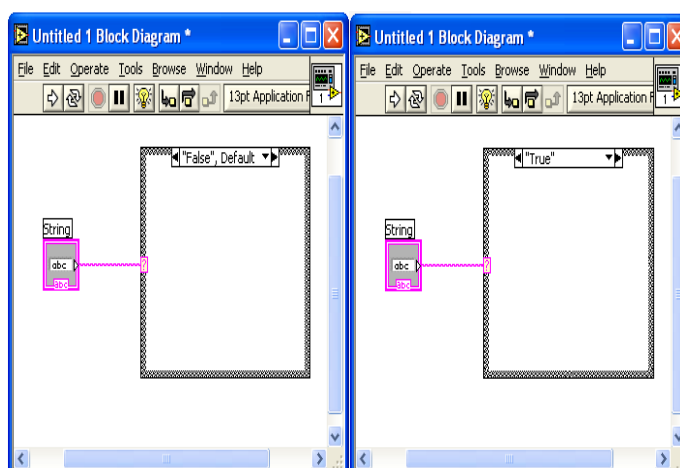


FIGURA 3.15 Estructura caso con entrada de cadena de caracteres.

En la figura 3.16 muestra un ejemplo que nos ayuda a comprender más la importancia de utilizar esta estructura para cualquier proyecto o ejercicio que realicemos. Primeramente seleccionaremos por verdadero, la cual dará como resultado la suma de A+B.

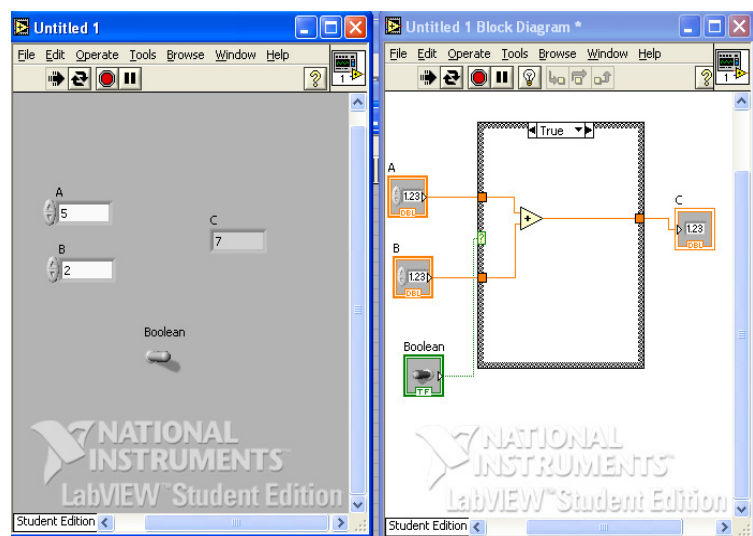


Figura 3.16. Muestra el resultado por verdadero (True)

En la figura 3.17, muestra la resta de A y B cuando escogemos por Falso (False).

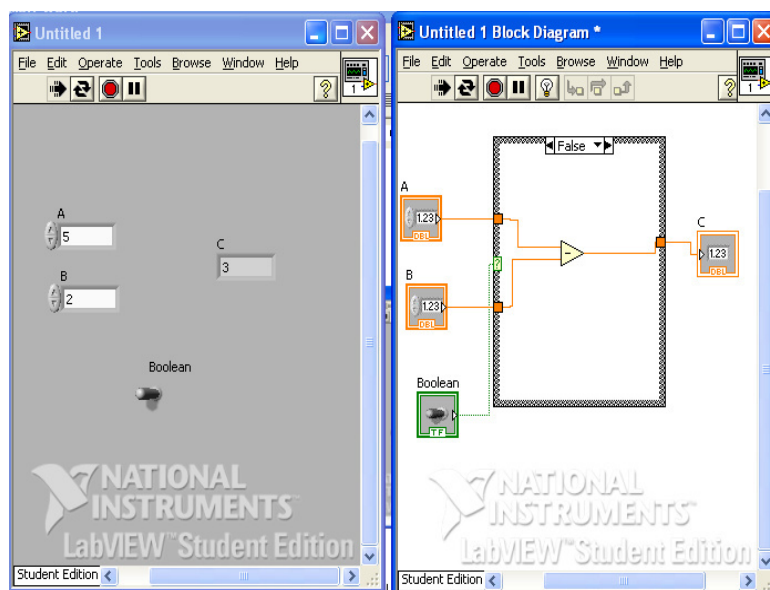


Figura 3.17. Muestra el resultado por Falso (False).

3.3 Manejo de la interfase de adquisición de datos

Los instrumentos virtuales en LabVIEW pueden usar un sistema de interface de adquisición de datos (DAQ). Un DAQ generalmente tiene un software para adquirir y manipular los datos, análisis de sensores y transductores, una señal condicional. LABVIEW cuenta con varias funciones para el uso del puerto serial para la comunicación con nuestra tarjeta de comunicación basada en el microcontrolador 16F877A detallada en el capítulo 4. En la figura 3.18. muestra los pasos a seguir para seleccionar los diferentes modelo de VISA.



FIGURA 3.18. Gráfico de la seleccionar el modelo VISA.

La figura 3.19(a) nos muestra la primera función usada principalmente para la configuración del puerto serie, en la cual se debe establecer la velocidad de transmisión, bits de datos, los bits de paridad, bits de paro y flujo de control. La figura 3.19(b) nos muestra la función que se utiliza para leer los datos presentes en el puerto serie; la figura 3.19(c) nos muestra la función que sirve para escribir sobre el puerto serie. Finalmente para cerrar el puerto usamos la función mostrada en la figura 3.19(d).

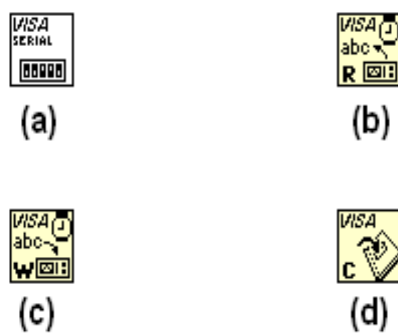


FIGURA 3.19 Funciones utilizadas para el manejo del puerto serial (a)VISA Serial, (b)VISA Read, (c)VISA Write y (d)VISA Close

Estos 4 modelos, son de vital importancia para la comunicación de datos con nuestra tarjeta de adquisición.

3.4 PROGRAMACION DE LA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS PARA EL MOLINO EN EL PROCESO DE ROTOMOLDEO

La tarjeta de adquisición de datos recibe las siguientes entradas: 1 analógica y 4 digitales y las siguientes salidas: 1 analógica y 2 digitales las cuales son manejadas vía software por medio de LabVIEW y el pic 16F877A (Refiérase al capítulo 4 de esta tesis).

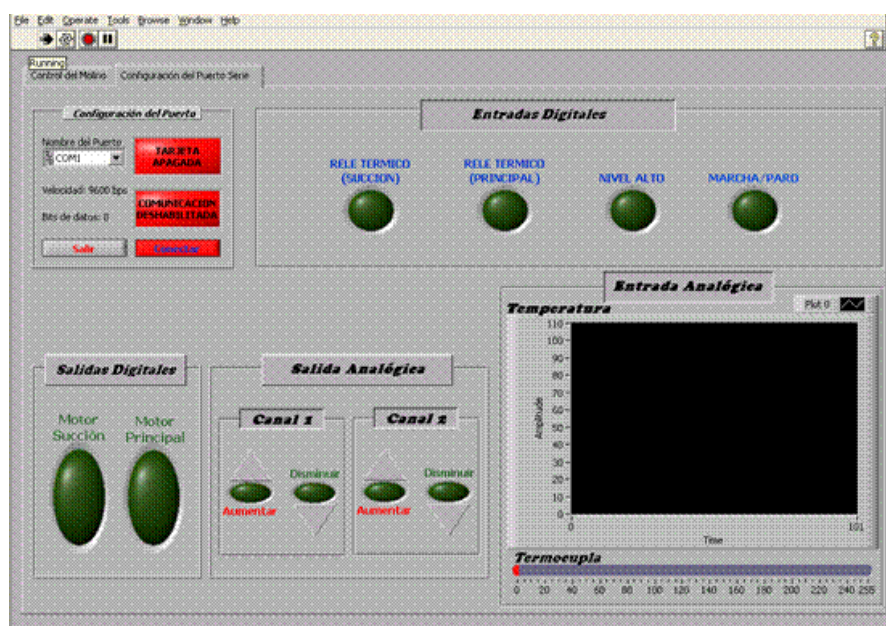


FIGURA 3.20. Gráfico de la pantalla de control del molino.

El sistema consta de dos pantallas: la pantalla de control que es la que maneja el proceso y la pantalla del proceso que es un visualizador de los equipos en operación (ver figura 3.20 y 3.21).

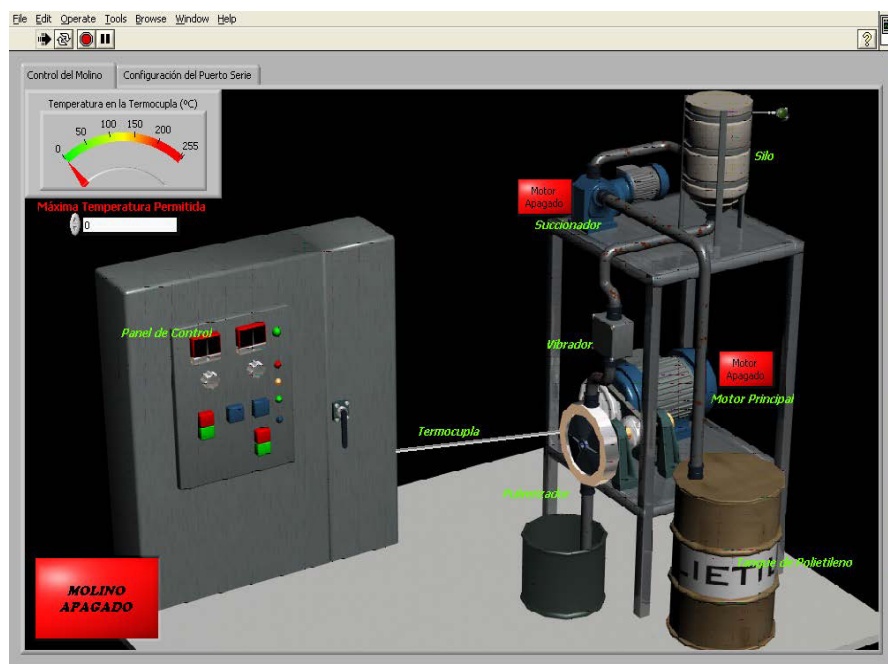


FIGURA 3.21. Gráfico de la pantalla del proceso del molino

Inicialmente la tarjeta es habilitada a través de un botón llamado “HABILITAR”, si no se toca este botón no existe comunicación con el puerto serial y esto se lo realiza a través de la estructura “case” quien por verdadero configura el puerto y luego escribe la letra B la misma que es entendida por el PIC que en su programación habilita el lazo principal de lectura y escritura de las entradas y salidas. Por FALSO no se ejecuta ninguna acción y por ende no habilita la tarjeta (ver figura 3.22).

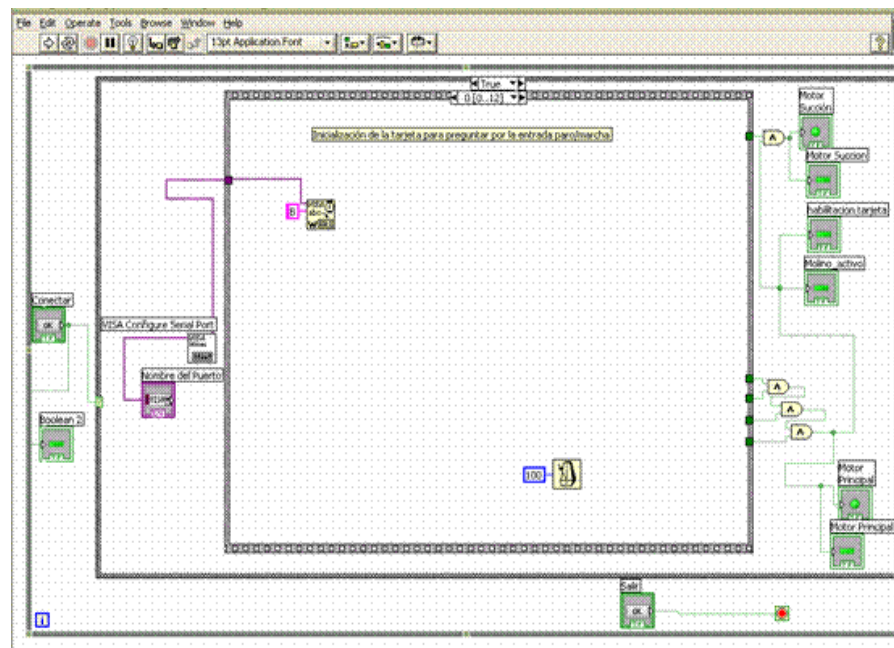


FIGURA 3.22. Gráfico del panel de control de habilitación de la Tarjeta

Después de haber configurado el puerto se entra a un secuenciador de LabVIEW llamado “Stacked sequence structure” el mismo que realizará en forma secuencial todo los procedimientos que se encuentren en su interior. En el estado 1, a través de la entrada “write buffer” del visa, se escribe la palabra i1 donde se pregunta por la entrada Marcha/Paro de la tarjeta, la misma que pone en marcha el proceso. En el siguiente estado se lee el puerto, donde el PIC responde con un 0 o 1 según sea el

estado de la entrada. Se realiza una comparación y en caso de ser verdadero vuelve a enviar una B de habilitación y en caso de ser falso envía una A de deshabilitación del PIC(Ver figura 3.23 y 3.24)

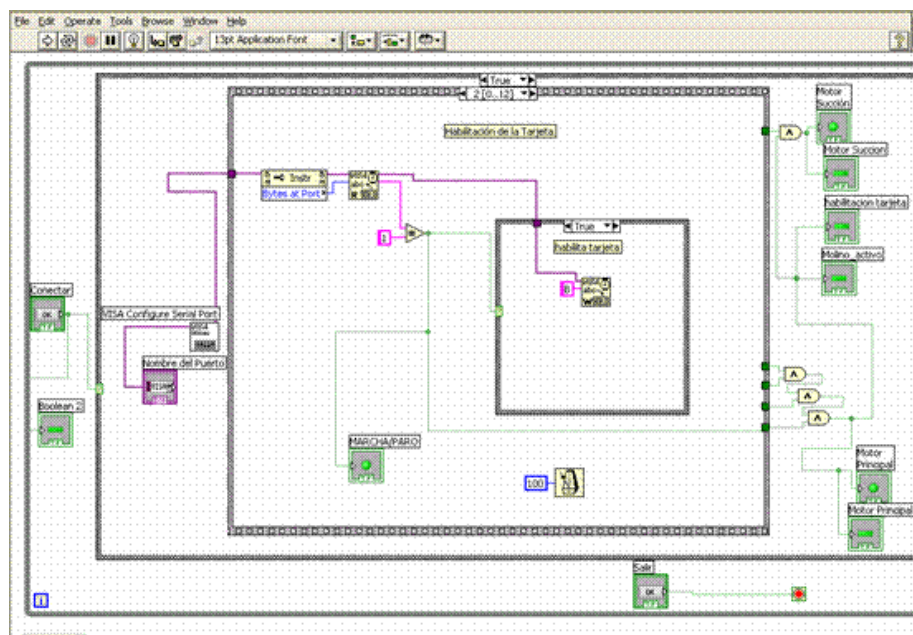


FIGURA 3.23. Gráfico del panel de control cuando marcha es verdadero

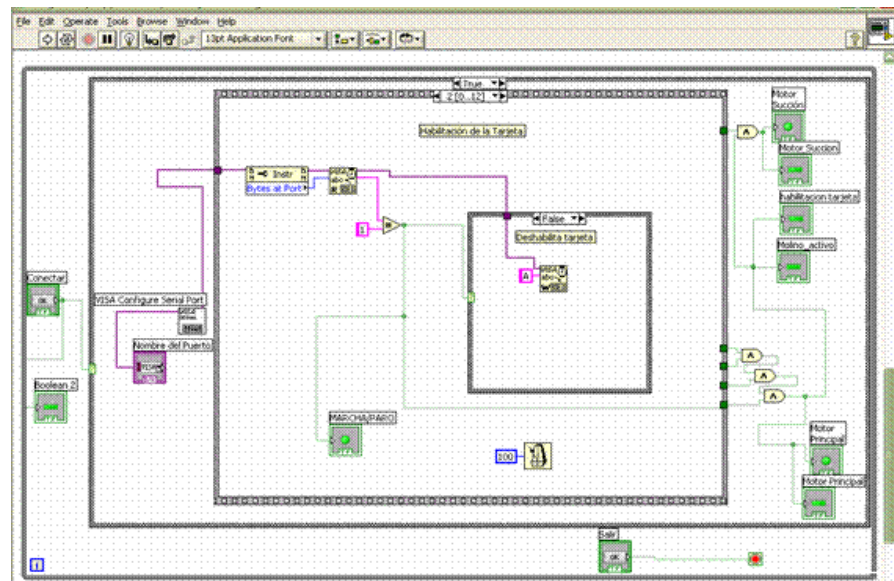


FIGURA 3.24 Gráfico del panel de control cuando marcha es falso

En el siguiente estado se escribe un i3 preguntando por la entrada de relé térmico del motor de succión (salida 97 – 98 del térmico). Seguidamente se lee el puerto donde el PIC responde con un cero o 1 y en caso de ser verdadero (1) envía una A para apagar todo el proceso ya que significa que ha habido una sobrecarga en el motor. Para volver habilitar el proceso es necesario poner en cero la entrada i3 (ver grafico 3.25).

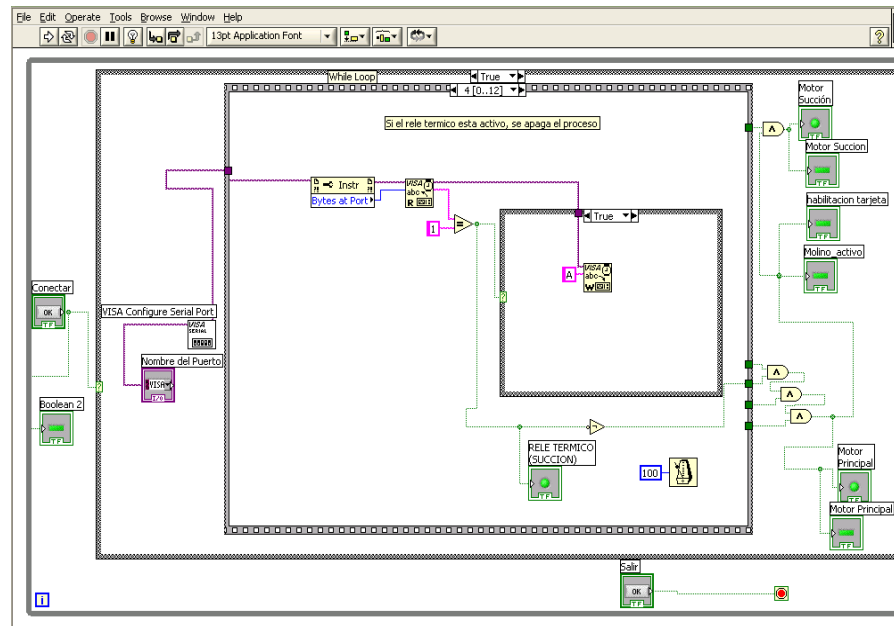


FIGURA 3.25 Gráfico del panel de control cuando la entrada I3 es verdadero e indicador de relé térmico del Motor de succión

En el estado 5 de la secuencia, se pregunta por la entrada de sobrecarga del motor principal escribiendo i4 y al igual que con la entrada anterior se realiza la misma lógica de programación para el funcionamiento o para del proceso (Ver figura 3.26).

En el siguiente estado se escribe la letra x que es la entrada analógica de la termocupla la misma que mide la temperatura del polietileno que se esta moliendo y en el caso de ser mayor a la temperatura de proceso se apaga el molino. La temperatura del proceso puede ser ingresada de forma manual en la pantalla del molino.

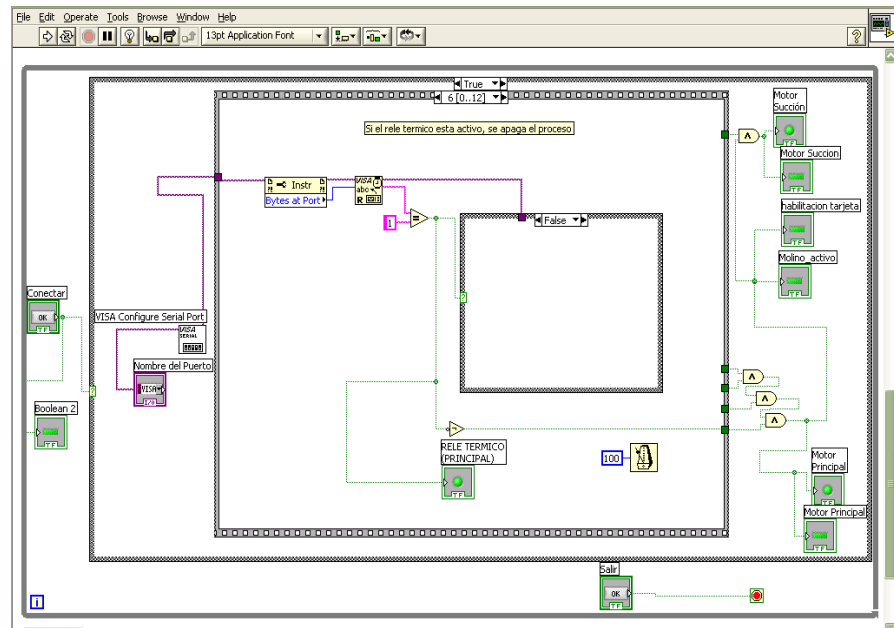


FIGURA 3.26 Gráfico del panel de control cuando la entrada I4 es falso e indicador de relé térmico del Motor principal

Para la visualización de la temperatura se utiliza un indicador (waveform) el mismo que recibe un arreglo tipo byte luego de haber pasado por un convertidor de cadena a arreglo que recibe del VISA cuando lee una entrada. Algo similar sucede con los dos indicadores adicionales que tiene la pantalla de control con la excepción de que utiliza un convertidor de arreglo a elemento (Ver figura 3.27).

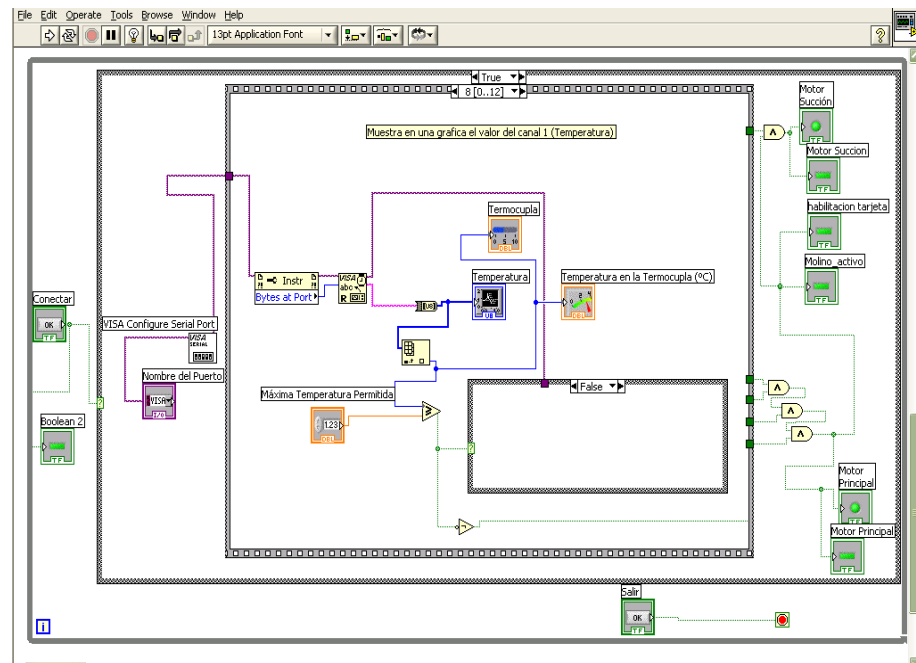


FIGURA 3.27 Gráfico del panel de control con los controles waveform , convertidor de cadena a arreglo tipo byte y convertidor de arreglo a elemento.

Luego en el siguiente estado se pregunta por la entrada i2 que es el sensor de nivel tipo ultrasónico del tanque de polietileno (ver anexo) que alimenta de producto al molino. Al igual que en las anteriores entradas digitales se escribe, lee y compara para prender o apagar el motor de succión cuando se llene el tanque (ver figura 3.28).

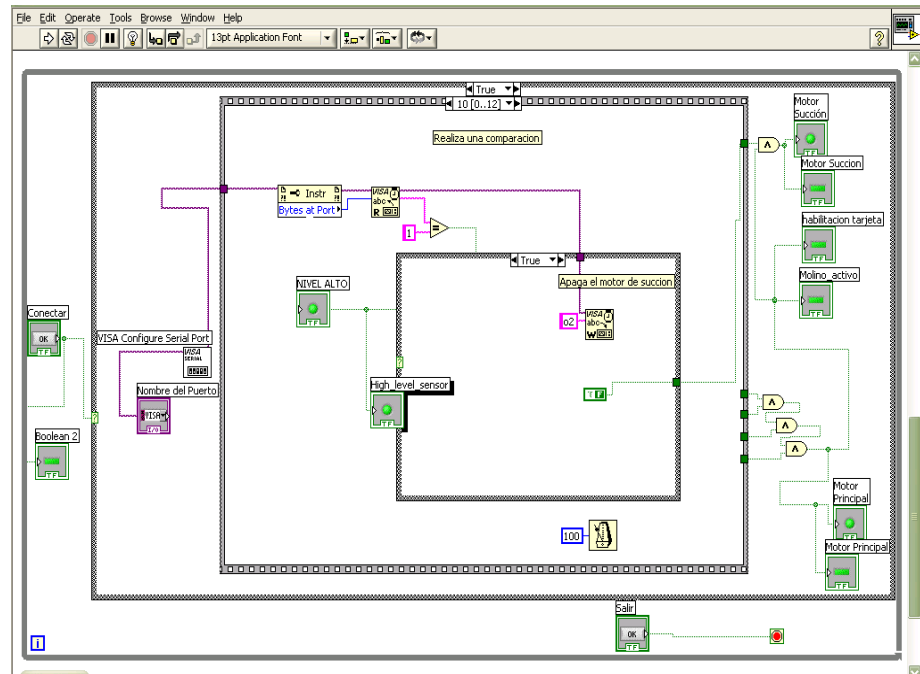


FIGURA 3.28 Gráfico del panel de control con la entrada de nivel cuando la estructura case es verdadero

En los dos últimos estados se manipula la salida analógica de la tarjeta que maneja al variador de frecuencia del vibrador (ver capítulo 2 del proceso). Para realizar este control en el estado 11 se escribe una **a** y el PIC lo interpreta en su programación como un incremento que tiene que hacer a un contador para aumentar la salida analógica de voltaje. Algo similar sucede con el decremento pero con la diferencia de que se envía una **d** (Ver figura 3.29).

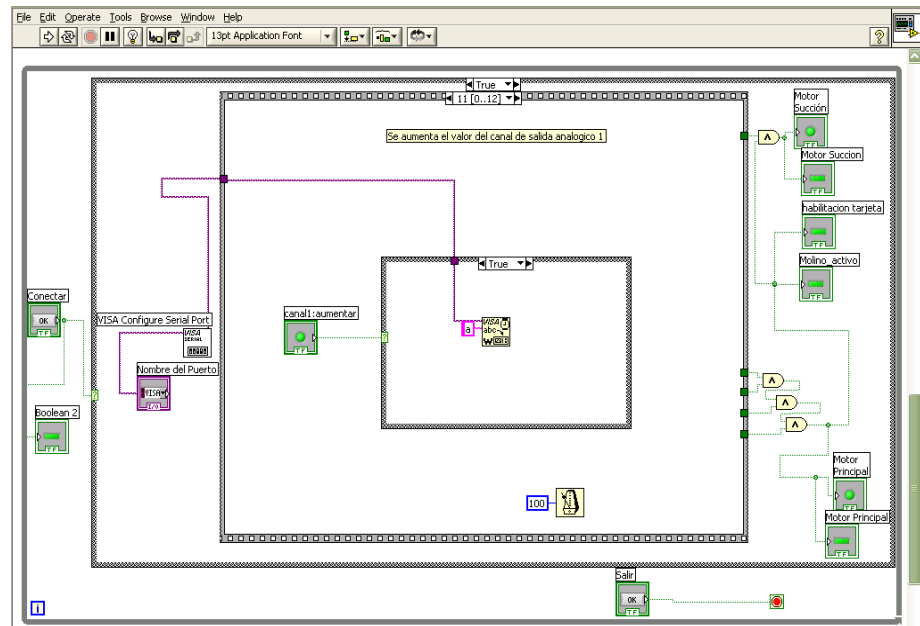


FIGURA 3.29 Gráfico del panel de control con la salida analógica y el cursor que manda una **a** para aumentar el nivel de voltaje de salida

Capítulo 4

4. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN EL MICROCONTROLADOR 16F877A

4.1. Introducción

A pesar que el sistema SCADA Lookout es un software para aplicaciones industriales, no es el único que pueda usarse para tareas de monitoreo y control, existen muchos otros sistemas SCADA y programas que pueden ser empleados como SCADA, como por ejemplo: Matlab, Visual Basic, Labview entre otros. A diferencia de los sistemas SCADA profesionales que incluyen drivers de comunicación con el PLC, estos programas como todo buen sistema SCADA deben ser capaces de realizar una comunicación permanente con el PLC. Para establecer la

mencionada comunicación existen dos formas de hacerlo: mediante software o hardware. Para establecer una comunicación mediante software lo mas común es usar una comunicación DDE (Data Dinamic Exchange) si el programa lo permite u otro software que sirva de enlace como por ejemplo el KEPServer. Para establecer una comunicación mediante hardware se usa lo que se conoce como adquisición de datos o DAQ (Data Acquisition) por sus siglas en ingles y para ello es necesaria justamente una tarjeta de adquisición de datos

En un proceso de automatización, para tener el control y el manejo de las variables de proceso, es necesario almacenarlas en un procesador para su respectiva manipulación. Pero debe existir un medio que permita la comunicación entre ellos y por esto se diseñó la tarjeta de adquisición de datos. En este capítulo describiremos las características técnicas de la tarjeta de adquisición diseñada para controlar y visualizar el proceso de molienda de polietileno. Esta tarjeta consta de tres entradas digitales, tres entradas analógicas de 0 a 5 Vdc, cuatro salidas digitales a relé y dos salidas analógicas de -5 a +5 Vdc

Las entradas digitales controlaran la puesta en marcha del proceso (i1), el nivel del tanque de alimentación de polietileno al molino

(i2) y los relés térmico de los motores que intervienen en el proceso (i3, i4). Las entradas analógicas recibirán la señal de la termocupla y controlaran a través de un sistema de lazo abierto la velocidad para la caída de producto al molino a través de la salida analógica de la tarjeta. Por ultimo las salidas digitales controlaran el encendido y apagado de los motores de succión y principal que intervienen en el proceso.

4.1.1 Elementos Constitutivos del Sistema de Adquisición de Datos en el Proceso del Molino.

La adquisición de datos en el proceso de molienda del polietileno esta constituido por 3 grandes elementos: El primero es el software de comunicación y control, el segundo el hardware de comunicación controlado por el software y por último los elementos controlados por el hardware.

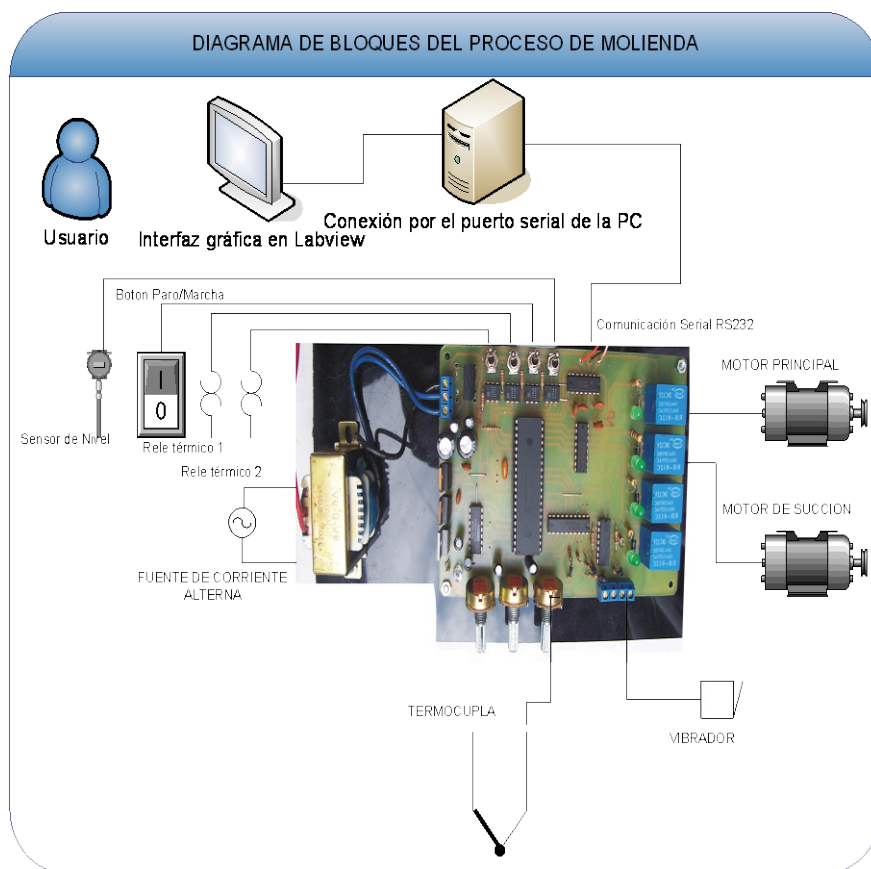


FIGURA 4.1 Diagrama de bloques del sistema

El software que utilizaremos se llama LabVIEW 7.1 (refiérase al capítulo 3) y lo orientaremos específicamente para la comunicación y transferencia de datos a través del puerto serial. Además tendrá un control compartido con el PIC sobre las entradas y salidas del hardware a través del envío de códigos que el microcontrolador responde en forma secuencial para una correcta comunicación.

El hardware, que es la tarjeta, sirve como medio físico de comunicación entre la computadora y el mundo exterior. La tarjeta esta dotada de elementos que sirven para indicar el estado de las entradas para tomar la decisión programada en la salida. Los elementos de entrada constan de conmutadores y potenciómetros y para la representación de las salidas se utilizan relés para las digitales y el integrado TLC7528 para las analógicas.

4.2. Diseño del Hardware.

Dependiendo de las necesidades futuras que pudiera tener el proceso de molienda, se diseñó la tarjeta de adquisición de datos basada en microcontrolador 16F877A con capacidades adicionales a las requeridas, es así que la tarjeta fue diseñada para manejar cuatro entradas digitales, tres entradas analógicas, cuatro salidas digitales y dos salidas analógicas de las cuales se usan para el proceso las cuatro entradas digitales (entrada de paro/marcha, entrada del sensor de nivel, entrada del rele térmico del motor de succión y entrada del rele térmico del motor principal), una entrada analógica (señal de la termocupla), dos salidas digitales (activación

del motor principal y activación del motor de succión) y una salida analógica (control de la frecuencia de vibración del vibrador).

4.2.1. Características Técnicas de la Tarjeta.

4.2.1.1 Entradas

Para el diseño de la tarjeta de adquisición de datos se requirió tener cuatro entradas digitales que corresponden al puerto C, ubicados en los pines 15, 16, 17 y 18 para lo cual está configurado para que cumpla con las funciones de RC0, RC1, RC2 y RC3 respectivamente del PIC 16F877A con un voltaje de polarización de +5 Vdc para las entradas digitales de la tarjeta. En lo que se refiere a las entradas analógicas se tiene 3, las cuales corresponden al puerto A ubicados en los pines 2,3 y 4 las que se encuentran configurados para que cumplan las funciones RA0, RA2 Y RA3 respectivamente, con un voltaje de polarización 0 a 5 Vdc para las entradas analógicas.

4.2.1.2. Salidas.

En lo que respecta a las salidas digitales de nuestra tarjeta, estas constan de cuatro relés de 12 Vdc, las cuales se encuentran ubicadas en el puerto C y D del PIC, desde RC4, RC5, RD2 y RD3, Estas salidas digitales se encuentran aisladas del relé por medio del integrado ULN2003AN. El aislamiento que existe en las salidas digitales es necesario ya que las corrientes que manejan las salidas del PIC son muy bajas para polarizar los relés, 10A a 120Vac y 6A 28Vdc. Se tiene dos salidas analógicas presentes en la tarjeta, pero en lo que se refiere a la implementación de nuestro proyecto solamente se utilizó una salida analógica para el control de la frecuencia del vibrador, esta señal analógica se la obtiene a través de un conversor digital analógico TLC7528CN. Este integrado convierte la información de 8 bits enviada en forma digital desde el puerto B del PIC877, para dar como resultado dos señales analógicas en la tarjeta con 8 bits de resolución. Con la finalidad de tener un

voltaje de salida de 0 a 5 Vdc fue necesario utilizar el integrado TL084. Configurado como acoplador de impedancia y como amplificador con ganancia 2. Hay que tener en cuenta que en nuestro proyecto solo se utiliza una sola señal analógica, ya que la otra señal se la reserva para futuros manejos de variables.

4.2.1.3. Alimentación.

La alimentación de la tarjeta es de 120 Vac. En la tarjeta de adquisición tenemos diseñadas tres fuente de voltaje de polarización, las cuales son e +12, -12 y +5 Vdc, para obtener estos voltajes se trabaja con los reguladores 7812, 7912 y 7805 respectivamente. En lo que se refiere a la función de estas pequeñas fuentes de voltaje de polarización; tenemos que la fuente de -12 Vdc fue necesaria para polarizar el integrado TL084. La fuente de +12 Vdc fue necesaria para polarizar a los integrados y a los relés, mientras que la de +5 Vdc se la utilizó para polarizar el PIC.

4.2.2. Selección del Microcontrolador.

Unos de los principales aspectos principales para la selección del microcontrolador en nuestro proyecto fue la cantidad de entradas y salidas que se necesitaría, los precios y los recursos internos del PIC. El PIC debía tener suficiente cantidad de puertos para entrada/salida, conversión analógica digital en lo posible y capacidad de comunicación serial. Los PIC más usados son los PIC16F84 y PIC16F877, el PIC16F84 tiene memoria Flash, pero con una capacidad de 1K palabras, sólo tiene un timer y 13 líneas de E/S digitales. En cambio el PIC16F877 tiene una capacidad de 4K y 8K palabras de 14 bits, tiene una capacidad de 192 bytes, unas de las principales ventajas que tiene el PIC16F877 sobre el PIC16F84 es que tiene dos módulos CCP, comunicación serie, comunicación paralelo y un conversor análogo digital. La principal razón adicional a las anteriores por la cual se eligió el PIC 16F877A fue por el modulo USART (modulo de transmisión serial asincrónica) que dispone internamente en el integrado y que solo debe ser

habilitado y configurado para establecer una comunicación serial.

4.2.3 Diagrama de Bloques de la Tarjeta de Adquisición.

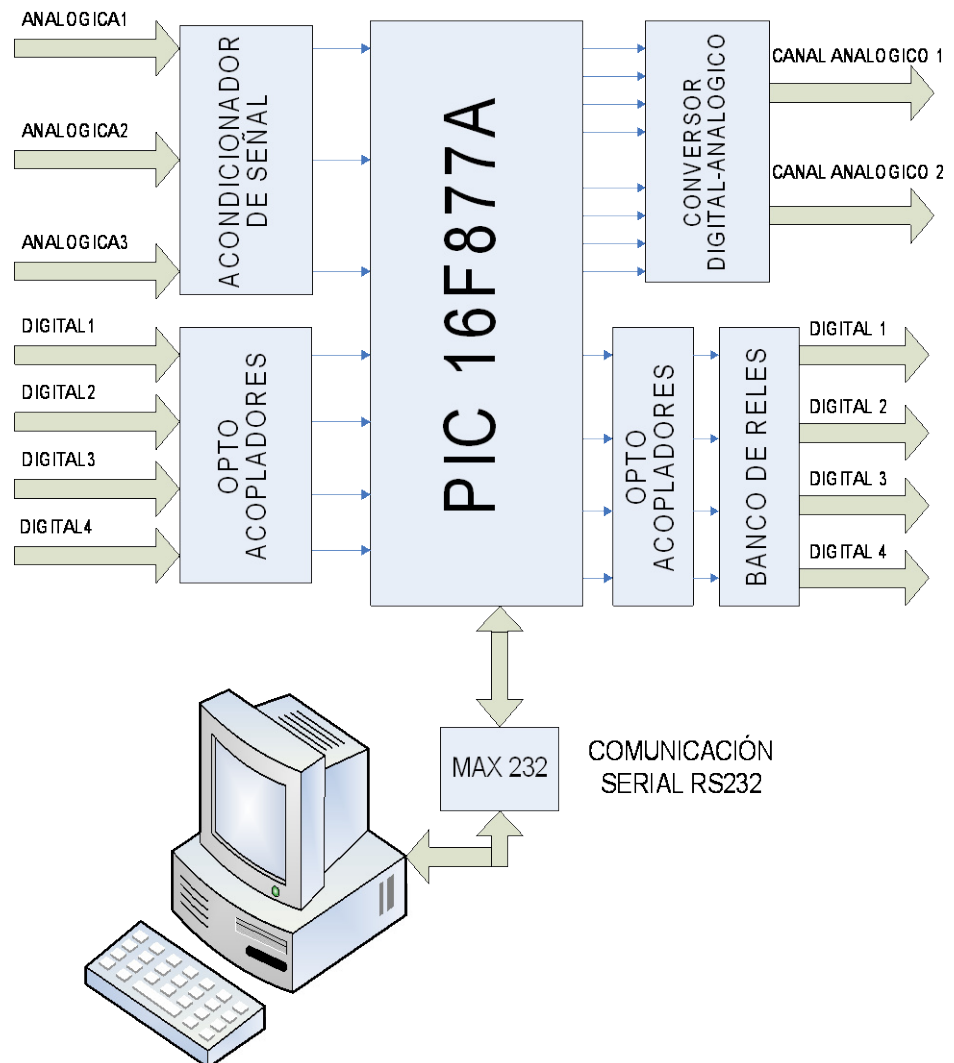


FIGURA 4.2 Diagrama de bloques de la tarjeta

Para una mayor comprensión de la tarjeta de adquisición de datos, esta se la ha dividido en algunas partes principales que se muestran en la figura 4.2 y que se la describirán a continuación: En lo que se refiere a las entradas digitales, estas se encuentra representadas por cuatro interruptores provistos para la simulación de las entradas. Las entradas digitales no ingresan directamente al PIC, en lugar de ello lo hacen a través opto-acopladores tipo 4N25. Las entradas analógicas están representadas por tres potenciómetros que varían de 0 a 5 Vdc e ingresan al PIC a través de OPAMs TL084 conectados como acoplador de impedancia o seguidor unitario.

Las salidas digitales son activadas por reles y visualizadas por leds conectados en serie a la bobina de cada rele. Sin embargo dado que el PIC no soporta mucha corriente en sus puertos y para protegerlo las bobinas de los reles no se encuentran directamente conectadas a los puertos del PIC, pero si lo hacen por medio de transistores conectados en configuración tipo

DARLINGTON, comprimidos en el integrado ULN2003 que tiene ocho salidas tipo DARLINGTON. Las dos salidas analógicas que maneja la tarjeta salen a través del conversor digital analógico TLC7528. Y finalmente para establecer la comunicación con la PC se usa el integrado MAX 232 para generar los voltajes adecuados para la comunicación serial RS232

4.2.4. Diseño de la tarjeta en PROTEL

Para el diseño de la PCB (Printed Circuit Board) se eligió el software de simulación de circuitos electrónicos y diseño de PCBs PROTEL ya que es con el que estábamos más familiarizados. Se prefirió hacer un diseño manual de las pistas y no uno automático (auto-ruteo de pistas) debido al mayor tiempo que había que emplear en ese caso. El diseño fue hecho y revelado en una sola capa para evitar complicaciones y aprovechando al máximo los espacios para reducir el tamaño y evitar mas costos. El diseño obtenido es el que se muestra a continuación.

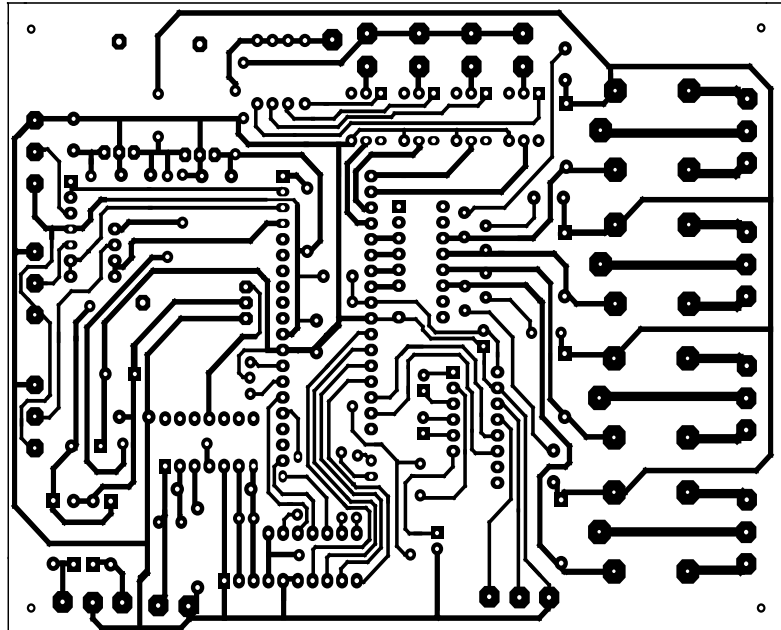


FIGURA 4.3 Circuito Impreso de las pistas de la Tarjeta.

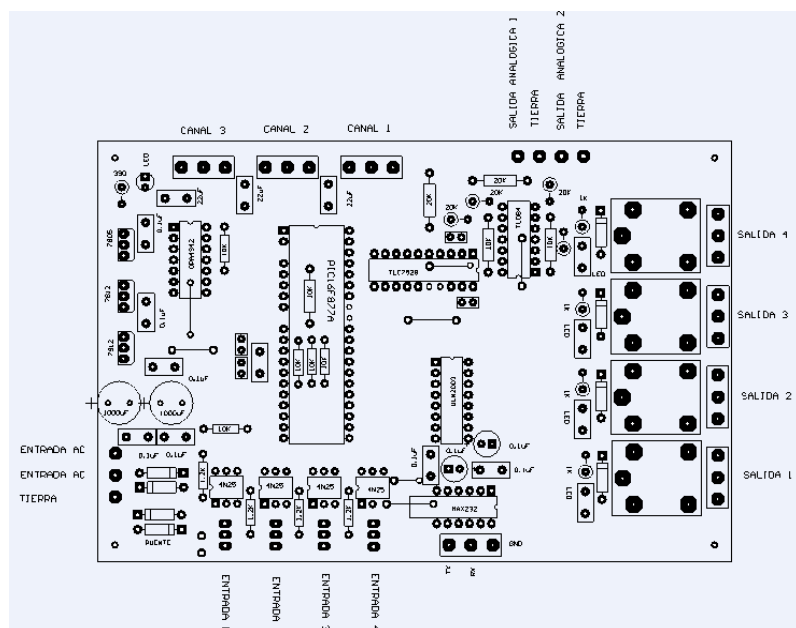


FIGURA 4.4 Circuito Impreso de los Elementos de la Tarjeta.

4.2.5. Recursos Utilizados del PIC 16F877A

4.2.5.1 Puertos de entrada/salida.

El PIC 16F877A es un integrado de 40 pines. Dispone de cinco puertos (puerto A, puerto B, puerto C, puerto D y puerto E) que pueden ser configurados como entrada o como salida.

Para las entradas analógicas usamos los tres primeros pines del puerto A (RA0, RA2 y RA3), por lo tanto esos pines deben ser configurados como entradas ya que son bi-direccionales y además ser habilitadas para realizar la conversión analógica – digital.

Los cuatro bits menos significativos del puerto C (RC0, RC1, RC2 y RC3) son usados como entradas digitales.

Para las dos salidas analógicas se usa todos los ocho pines del puerto B. Para sacar dos señales analógicas con resolución de ocho bits por este puerto se tuvo que multiplexar los dos canales

analógicos que iban a entrar al conversor digital analógico.

Para sacar las salidas digitales fue empleado dos bits del puerto C y dos del D (RC4, RC5, RD2 y RD3), por lo que estos pines deben ser establecidos como de salida.

El mismo puerto C citado anteriormente es empleado para la comunicación serial, pero de él solo los pines: RC7/RX como entrada (receptor) y RC6/TX como salida (transmisor) son empleados para este propósito.

4.2.5.2. Módulo de comunicación serial.

El PIC16F877A empleado en el diseño de la tarjeta dispone de un modulo USART capaz de soportar la comunicación serie síncrona y asíncrona. El USART, llamado SCI (Serial Communication Interface), puede funcionar como un sistema de comunicación full duplex o bidireccional asíncrono, adaptándose a multitud de periféricos y dispositivos que transfieren información de esta forma, tales como el monitor

CRT o el ordenador PC. También puede trabajar en modo síncrono unidireccional o half duplex para soportar periféricos como memorias, conversores, etc. En resumen, el USART puede trabajar de tres maneras:

1.- ASINCRONA (Full duplex, bidireccional).

2.- SINCRONA – MAESTRO (Half duple, unidireccional).

3.-SINCRONA – ESCLAVO (Half duplex, unidireccional).

En todos los casos anteriores las líneas de comunicación de más peso de la puerta C: RC6/TX/CK y RC7/RX/DT, son establecidas como líneas para transmisión y recepción respectivamente

Los cuatros bloques que configuran la arquitectura del USART, en modo asíncrono son:

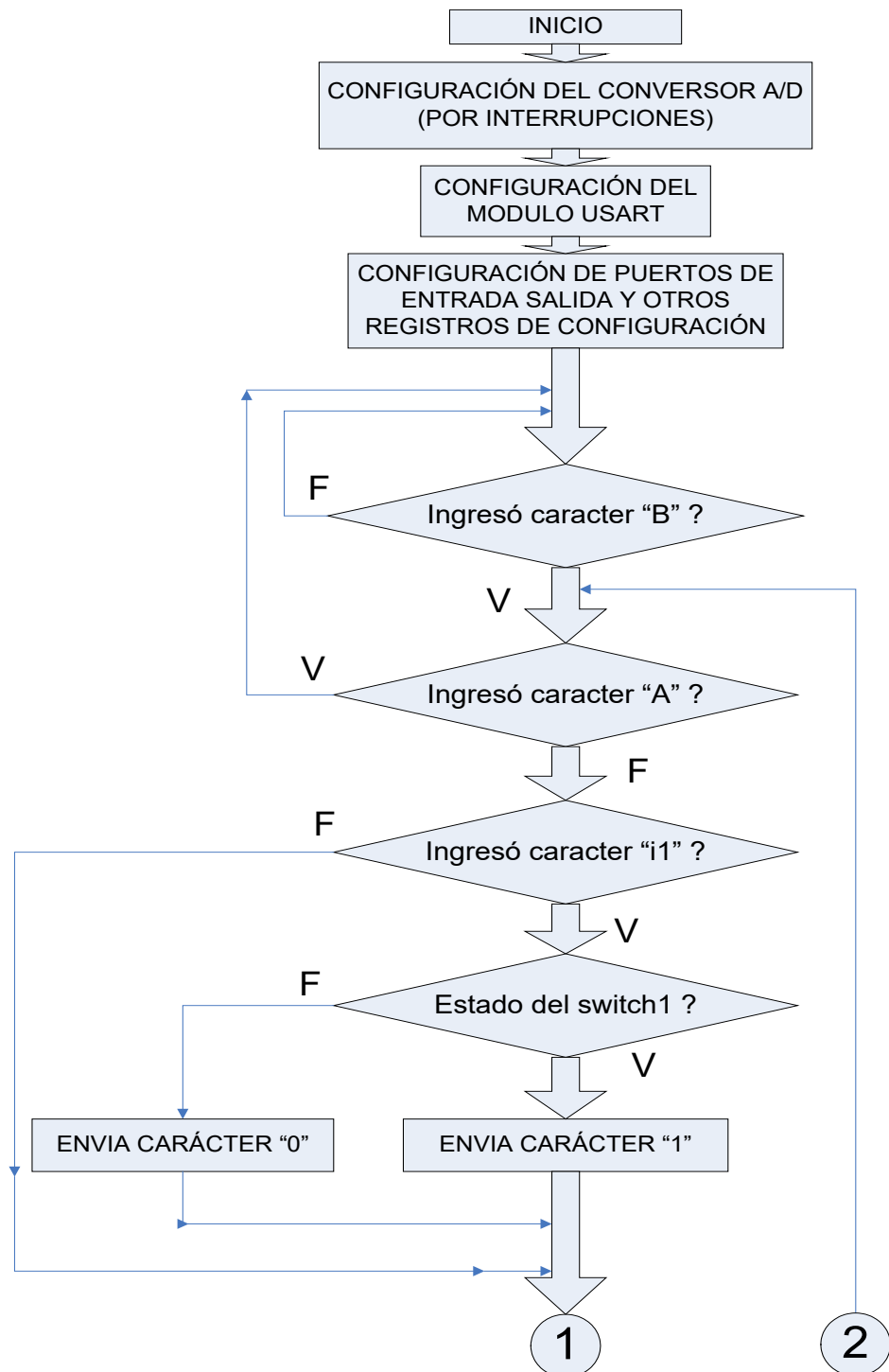
- 1.- Circuito de muestreo.
- 2.- Generador de Baudios.
- 3.- Transmisor asíncrono.
- 4.- Receptor asíncrono.

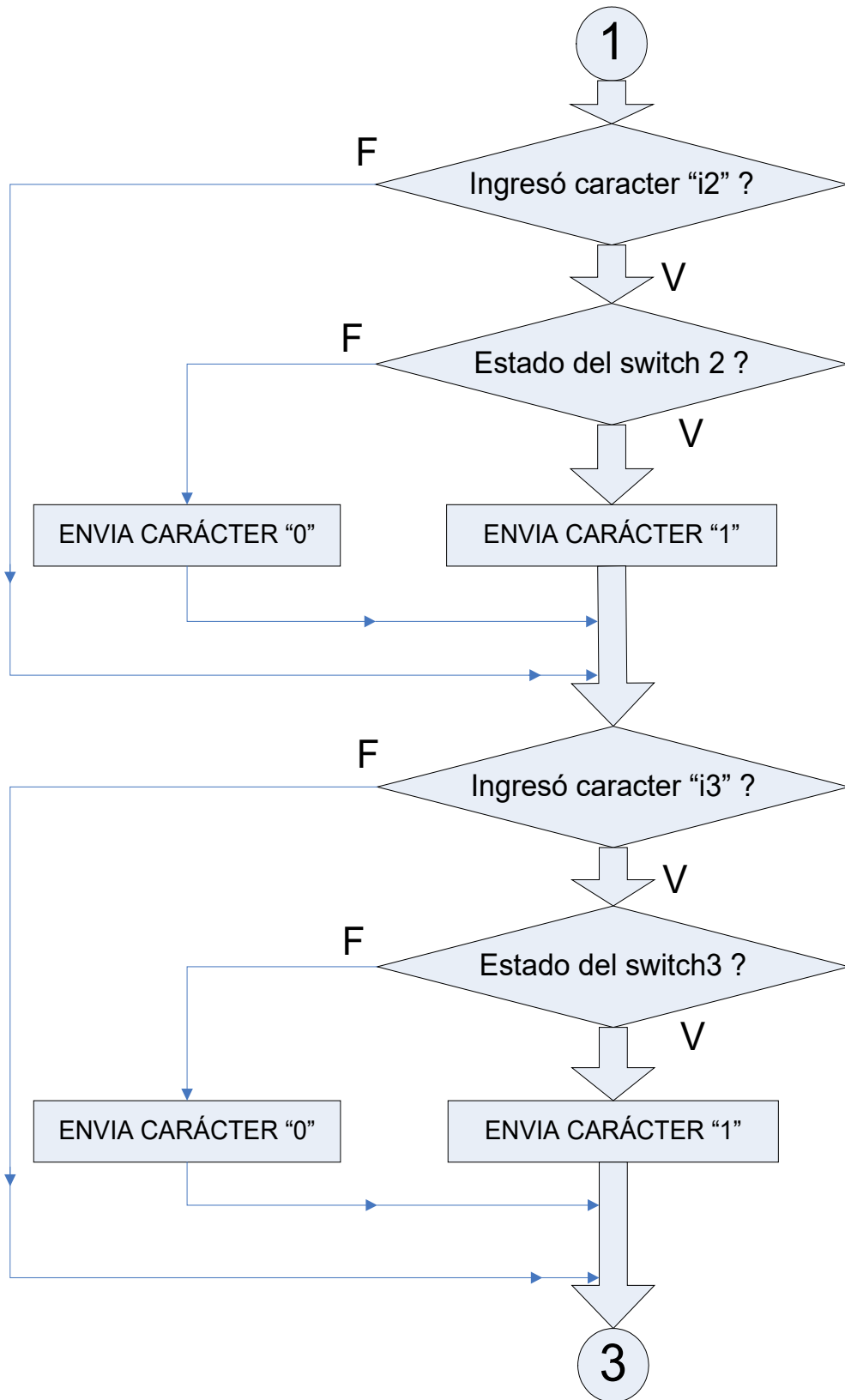
4.2.5.3. Transmisión y Recepción Asíncrona

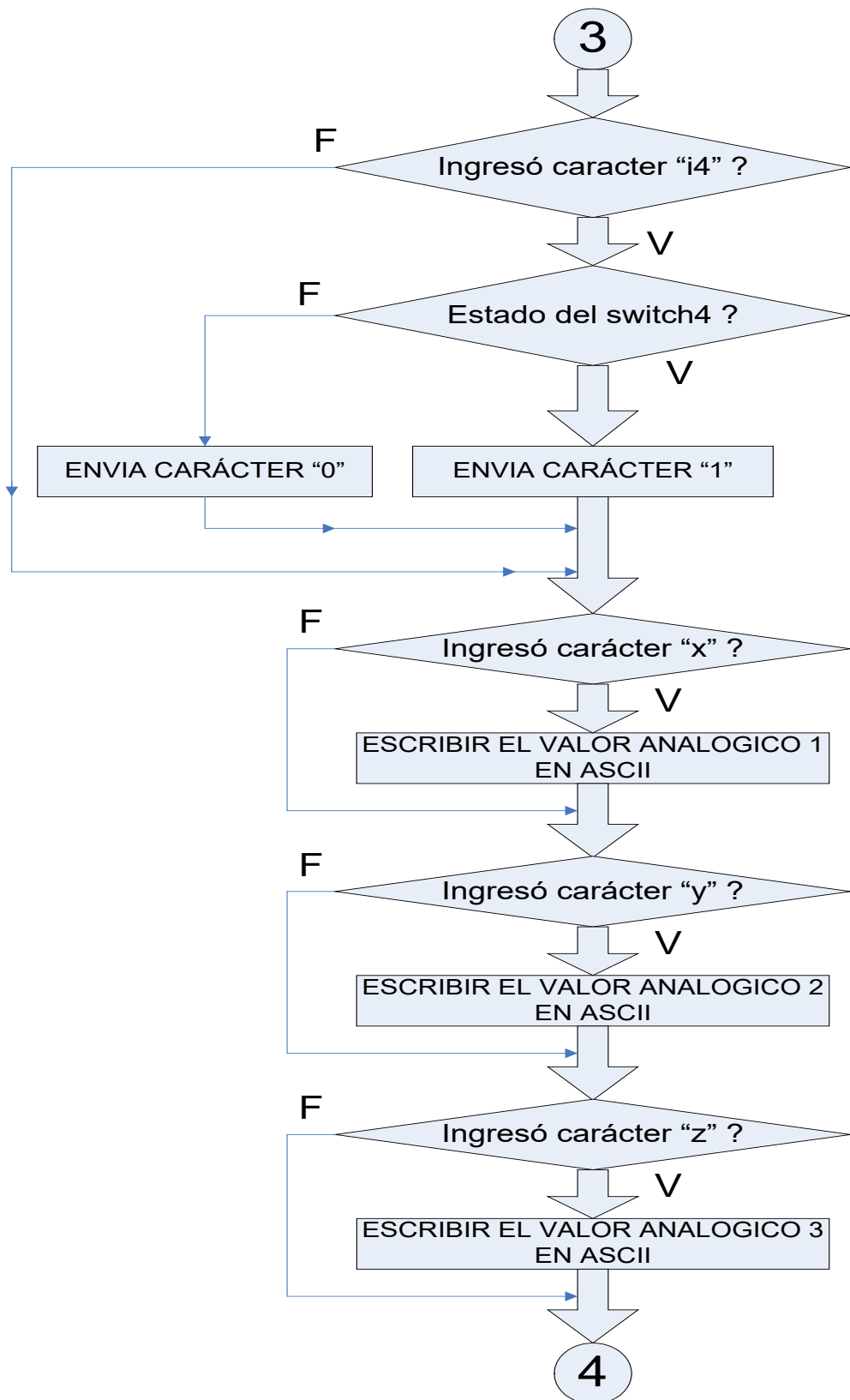
El dato que se desea transmitir por con el modulo USART es almacenado en el registro TSR a la frecuencia establecida previamente. Para comenzar la transmisión se envía primeramente un bit de inicio y luego de transmitir todos los bits se envía un bit de parada. Cuando el modulo USART actúa como receptor recibe uno a uno los bits almacenándolos en el registro de desplazamiento RSR y eliminando los bits de inicio y de parada. Para poder establecer una comunicación coherente la velocidad de transmisión debe ser igual a la velocidad de recepción, en nuestro caso la velocidad fue establecida en 9600 bps.

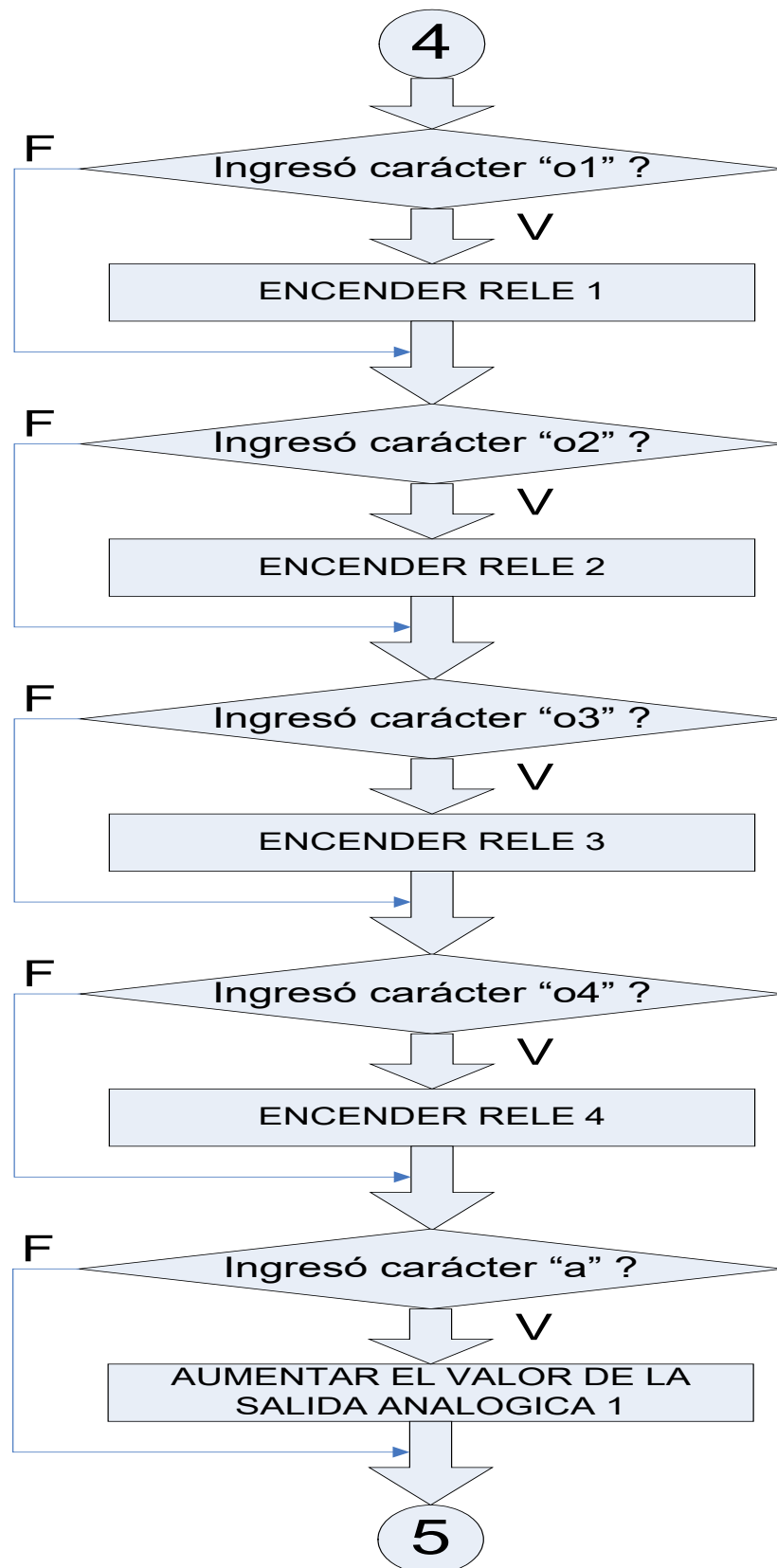
4.3. Diseño del Programa del PIC.

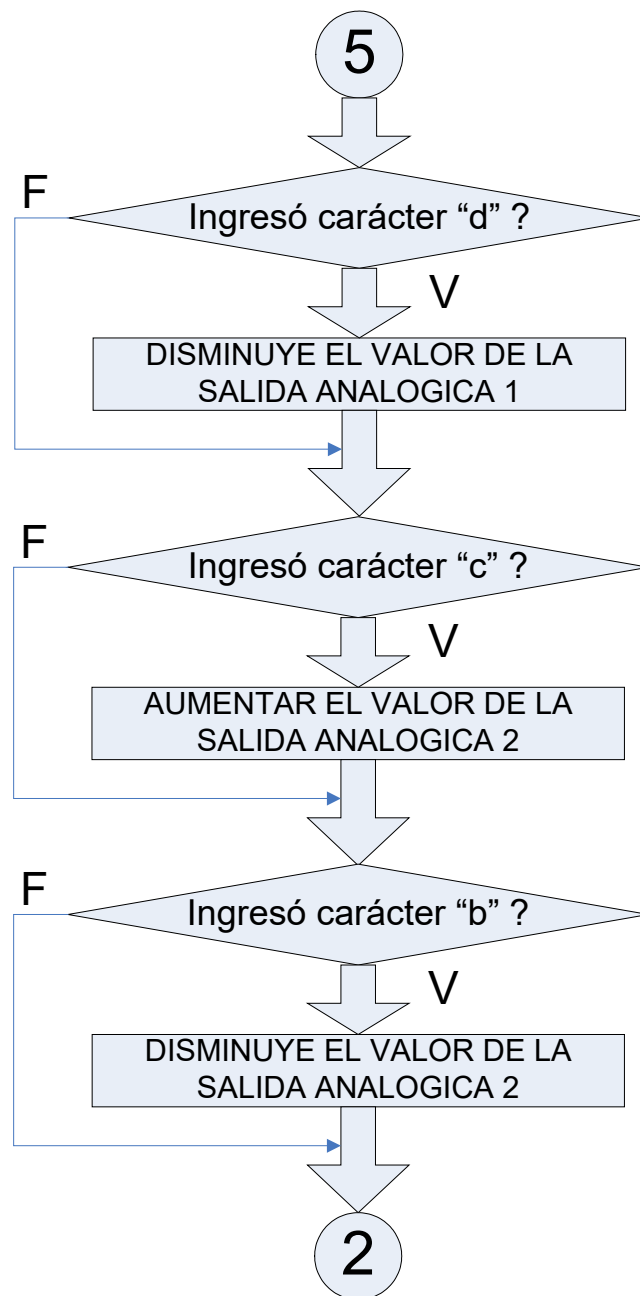
4.3.1. Diagrama de Bloques











El programa realizado para el PIC sigue la misma estructura establecida en el diagrama de bloques y se basa principalmente en una permanente comunicación entre el PIC y la computadora por medio de caracteres en código ASCII para solicitar el estado de una entrada o actuar sobre una salida de la tarjeta.

En las tablas 4.1 a 4.5 están resumidos todos los comandos que se establecieron en el programa para el control de las entradas y salidas analógicas y digitales.

SALIDAS DIGITALES		
	RECIBE	REALIZA
Salida 1	“o1”	Enciende salida 1
Salida 2	“o2”	Enciende salida 2
Salida 3	“o3”	Enciende salida 3
Salida 4	“o4”	Enciende salida 4

Tabla 4.1. Salidas Digitales

ENTRADAS DIGITALES		
	RECIBE	REALIZA (“1”=on, “0”=off)
Entrada1	“i1”	Envía estado de la señal
Entrada2	“i2”	Envía estado de la señal
Entrada3	“i3”	Envía estado de la señal
Entrada4	“i4”	Envía estado de la señal

Tabla 4.2. Entradas Digitales

SALIDAS ANALOGICAS		
	RECIBE	REALIZA
CANAL 1	“a”	Aumenta el valor
	“d”	Disminuye el valor
CANAL 2	“c”	Aumenta el valor
	“b”	Disminuye el valor

Tabla 4.3. Salidas Analógicas

ENTRADAS ANALOGICAS		
	RECIBE	REALIZA
Entrada1	“x”	Envía valor de la señal
Entrada2	“y”	Envía valor de la señal
Entrada3	“z”	Envía valor de la señal

Tabla 4.4. Entradas Analógicas

HABILITACION DE TARJETA	
RECIBE	REALIZA
“B”	Habilita tarjeta
“A”	Deshabilita tarjeta

Tabla 4.5. Habilitación de la Tarjeta

El programa del PIC fue realizado en MPLAB y luego grabado en su memoria, Dicho programa puede decirse que esta dividido en las siguientes rutinas:

1. El Programa Principal.
2. Servicios de Interrupción.
3. La conversión de los valores Analógicos a Digital.

4. Codificación e identificación de los valores recibidos desde la PC.
5. El envío de los datos a través del puerto serie a la PC.
6. Las rutinas de retardo.

En el anexo D se encuentra detallado todo el programa en lenguaje ASM con sus respectivos comentarios.

4.3.2. Fotos de la Tarjeta de Adquisición de Datos.

Las siguientes fotos nos muestran todos los detalles de nuestra tarjeta de adquisición de datos, como por ejemplo sus cables de conexión, sus diferentes entradas y salidas digitales, analógicas y así como sus salidas a relé.



FIGURA 4.5. Vista superior de la tarjeta de adquisición.

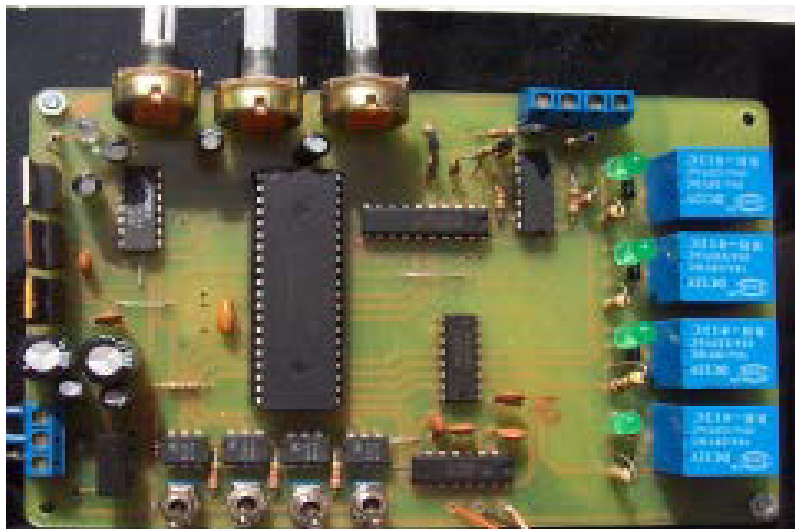


FIGURA 4.6. Fotografía general de las entradas y salidas digitales y analógicas.

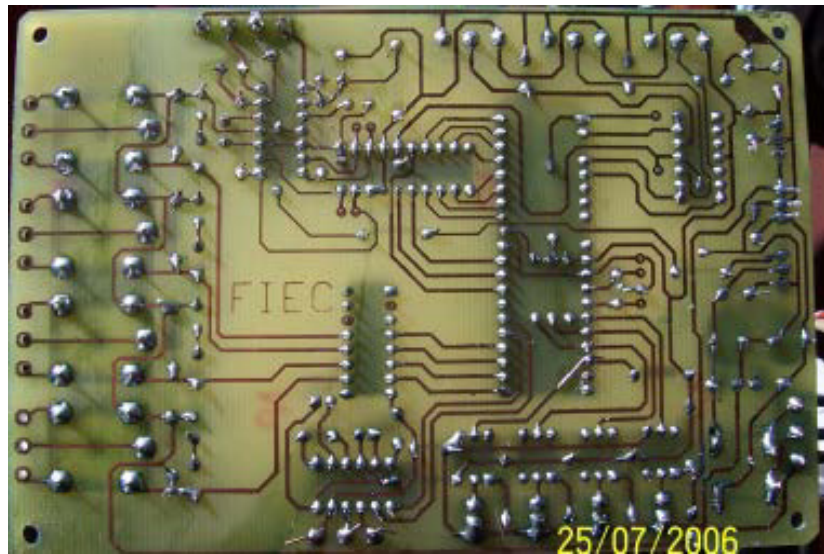


FIGURA 4.7. Fotografía general de las pistas de la tarjeta de adquisición de datos.

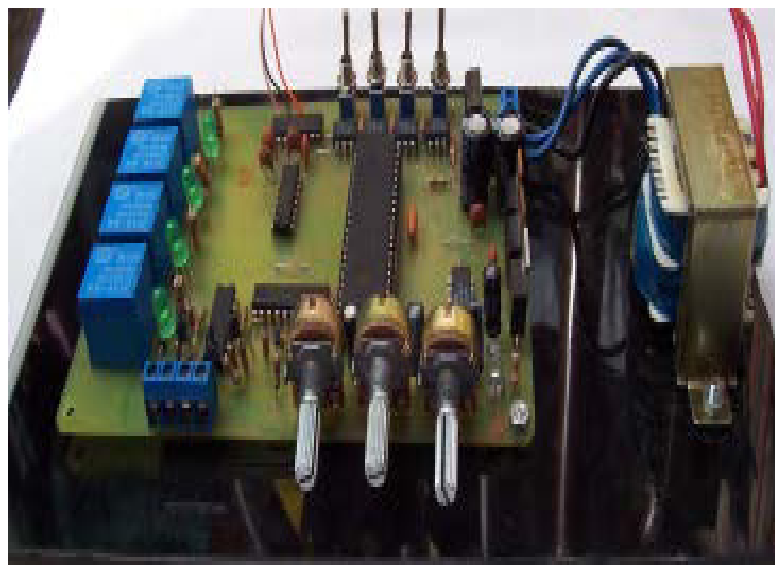


FIGURA 4.8. Fotografía con Vista lateral de la tarjeta de adquisición de datos.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN

5.1 Introducción

Debido a la continua integración de componentes y el afán de "empequeñecer todo" lo más posible, los transformadores de tensión siempre han sido los componentes pasivos más difíciles de acomodar dentro de los equipos.

El transformador básicamente consta de dos bobinas totalmente aisladas entre sí, una llamada primaria y otra llamada secundaria. La primaria es la que recibe la corriente que proviene de la red y la induce electromagnéticamente a la secundaria que es la que entrega la tensión requerida y la intensidad al equipo eléctrico. En este fenómeno, interviene la frecuencia de entrada de la red, esta frecuencia en nuestro país es de 60 Hercios (Hz).

En este capítulo realizaremos el análisis teórico de una fuente de 150 Vatios. Además corroboraremos la selección de los elementos constitutivos de dicha fuente a través de cálculos teóricos y compararemos las gráficas de salida en los puntos principales del circuito con los oscilogramas generados por el simulador PSPICE PROFESIONAL y también por medio del OSCILOSCOPIO (Tektronix 2220).

5.2 Diagrama de Bloques de una Fuente de Conmutación

Para un mejor estudio y comprensión del funcionamiento de la fuente la vamos a dividir en cuatro grandes bloques tal como se muestran en la figura 5.1. Estos bloques son los siguientes:

- 1.- Etapa de Rectificación y Filtro de Entrada
- 2.- Etapa de Convertidor de Alta Frecuencia
- 3.- Etapa del Controlador
- 4.- Etapa de Rectificación y Filtro de Salida

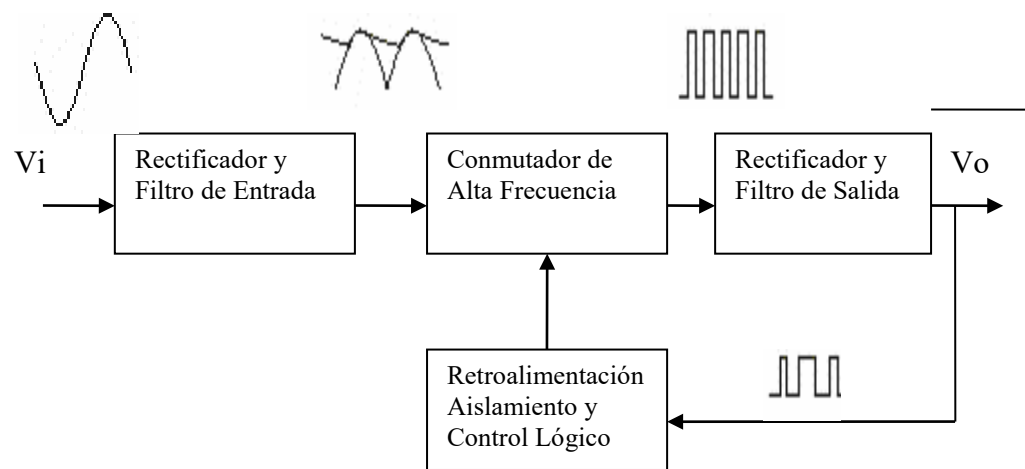


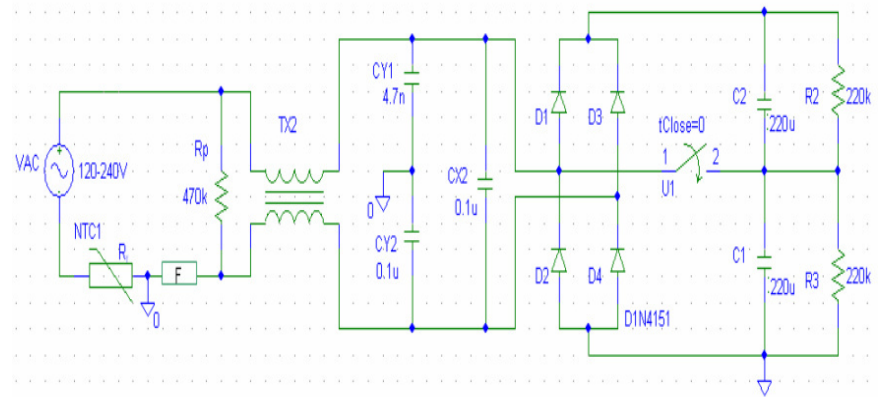
FIGURA 5.1 Diagrama de bloques de una fuente de conmutación.

5.3 Análisis General de las Etapas de la Fuente de Conmutación.

5.3.1 Análisis de la Etapa de Rectificación y Filtro de Entrada.

La función de esta etapa es convertir la señal alterna de entrada en una señal continua y dicho trabajo es realizado por un puente rectificador, el mismo que hace trabajar a sus diodos dependiendo la posición que se encuentre el interruptor que habilita la alimentación a 110V o 220V (ver figura 5-2). En esta etapa encontramos adicionalmente un

circuito que reduce las interferencias de radiofrecuencia (RFI) producidas en la fuente y por último un termistor NTC



que actúa como elemento de protección de sobre corriente en la fuente.

FIGURA 5.2 Etapa de rectificación que consta de la red RFI, el puente rectificador, los capacitores y el termistor.

Esta red está formada por dos inductores (L_1 y L_2) en serie a cada una de las líneas AC de entrada, mientras que los capacitores son colocados entre las líneas (llamado C_x) y entre cada línea y tierra (llamados C_Y). Además existe una resistencia (R) en paralelo a C_x , esta resistencia permite la descarga de este capacitor,

Para la elección de los capacitores de entrada necesitamos saber la Potencia de entrada y de salida de la fuente y las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{\eta} \quad (5.1)$$

$$C = \frac{I_{dc} * t}{\Delta V} \quad (5.2)$$

$$V_{dc} = 2 * (V_p) \quad (5.3)$$

$$I_{IN} = \frac{P_{IN}}{V_{IN}} \quad (5.4)$$

$$R = \frac{t}{2.21 * C} \quad (5.5)$$

donde

P_{IN} = Potencia de Entrada

P_{OUT} = Potencia de Salida

η = Eficiencia

t = Tiempo de carga del capacitor por cada medio ciclo

ΔV = Voltaje de rizado pico a pico

I_{IN} = Corriente de Entrada

V_p = Voltaje pico

V_{dc} = Voltaje DC

V_{IN} = Voltaje de Entrada

Con respecto a la potencia de entrada, primero medimos la corriente de entrada I_{IN} con un amperímetro del laboratorio de potencia, dando como resultado $I_{IN}=1.83$ (A) y con el voltaje de entrada $V_{IN}=120$ (V) calculamos la potencia de entrada.

Reemplazando en la ecuación 5.4, tenemos:

$$P_{IN} = V_{IN} I_{IN}$$

$$P_{IN} = (120V) * (1.83A)$$

$$P_{IN} = 220(W)$$

Teniendo el valor de la potencia de entrada, procedemos a calcular la eficiencia de la fuente de 150 (W) de nuestro proyecto.

Reemplazando los valores de P_{OUT} y de P_{IN} en la ecuación 5.1 para calcular la eficiencia, tenemos.

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$$

$$\eta = \frac{150(W)}{220(W)}$$

$$\eta = 0.68$$

Para hallar el valor de los condensadores, es necesario calcular la corriente de entrada de la fuente, así como conocer el voltaje de rizado de la fuente a plena carga y el tiempo de carga del capacitor, los dos últimos valores los obtenemos en forma práctica analizando las señales del osciloscopio para esta etapa descrita en el Anexo C.

Utilizando la fórmula 5.3, tenemos que el voltaje DC es 338.4 (V)

$$V_{dc} = 2 * (\sqrt{2} * 120V) = 338.4(V)$$

Con el valor del voltaje DC, procedemos a calcular el valor de la corriente de carga del capacitor a través de la fórmula 5.4:

$$I_{dc} = \frac{220(W)}{338.4(V)} = 0.65(A)$$

Con el valor de la corriente del capacitor y revisando el valor del Voltaje de rizado pico a pico (ΔV) en la Foto 3 del Anexo C, procedemos ahora a calcular la capacitancia equivalente C utilizando la fórmula 5.2, tenemos que el valor del capacitor de entrada es:

$$C = \frac{0.65 * (8 \times 10^{-3})}{44} = 118.18(\mu F)$$

Teniendo el valor de C = 118.18 (uF), entonces como están en serie los capacitores tenemos que C1 = C2 = 236.36 (uF), pero este valor debemos aproximarlo a un valor comercial, el cual es C1 = C2 = 220 (uF).

Teniendo el valor del capacitor C procedemos a calcular el valor de la resistencia de la red de protección contra interferencias de radiofrecuencia (RFI) por medio de la fórmula 5.5:

$$R = \frac{8}{2.21 * 118.18(\mu F)} = 30.63(k\Omega)$$

5.3.2 Análisis de la Etapa de Conversión de Alta Frecuencia.

En esta etapa, se convertirá el Voltaje DC de la etapa anterior en una señal cuadrada AC de alta frecuencia (10 a 200 kHz.), La cual es aplicada al primario de un transformador. Luego de lo cual se rectifica y filtra la salida de alta frecuencia, entregando así una señal continua pura.

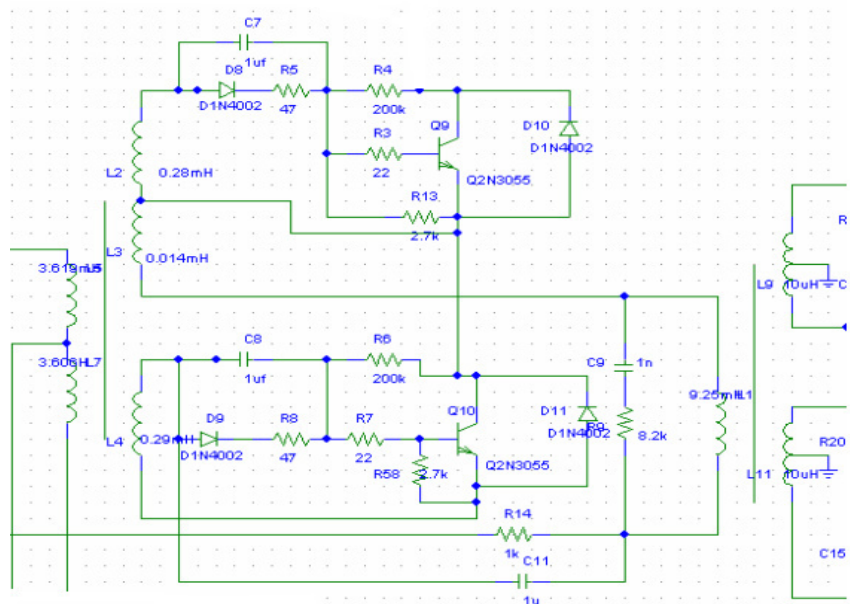


FIGURA 5.3 Diagrama Esquemático de la Etapa del Convertidor de Alta Frecuencia.

En el transformador de la salida se tiene un terminal conectado al punto de unión entre C1 y C2, mientras que el otro terminal está conectado en la unión del colector de Q2 y el Emisor de Q1, como esta pareja de transistores trabajan alternadamente (si Q1 esta saturado, Q2 está en corte) y viceversa, tenemos que cuando Q1 conduce, en el transformador se genera un voltaje de $V_{in}/2$, mientras que cuando Q2 conduce, el transformador recibe un pulso de voltaje de $-V_{in}/2$. Por lo que a la salida del transformador se produce un Voltaje de pico a pico = V_{dc} .

Capacitor que se encuentra en serie con el transformador tiene como función principal poder eliminar cualquier asimetría producida por el convertidor, de esta manera se evita la saturación del núcleo y utilizando la siguiente fórmula obtenemos el valor de la corriente del capacitor.

$$I_c = \frac{3 * P_{out}}{V_{DC}} \quad (5.6)$$

Donde

I_c : Corriente de carga del capacitor.

P_{out} : Potencia de salida de la fuente a la carga.

V_{DC} : Voltaje máximo de los capacitores (DC).

Utilizamos la curva de B vs. H de la ferrita elegida de nuestra fuente y para hallar el valor B de saturación (B sat) donde se debe cumplir la condición que $B_{max} \leq B_{sat}$.

De otra curva (B vs. V), encontraremos el valor de B para $V_{min} = 90V$, de la fuente a analizar.

$$\text{El } V_{in} = 2 * \sqrt{2} * V_{min} \quad (5.7)$$

Para hallar el valor de la corriente del capacitor procedemos a reemplazar los valores en la ecuación 5.6 tomados de los datos de placa, se tiene que:

$$I_c = \frac{3 * 150W}{338.4} = 1.33A$$

Luego de hallar L_c procedemos a realizar el cálculo del capacitor conectado en serie con el transformador principal, cuyo finalidad es balancear el voltaje proveniente del puente, tenemos:

Dada las siguientes ecuaciones:

$$C_z = \frac{1}{4 * \pi^2 * f_R^2 * \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 * L} \quad (5.8)$$

$$f_R = \frac{f_S}{4} \quad (5.9)$$

$$a = \frac{N_p}{N_s} \quad (5.10)$$

Donde:

f_R : Frecuencia de Resonancia.

f_S : Frecuencia de conmutación.

a : Relación de vueltas del transformador principal.

L : Inductancia del transformador referida al primario.

C_z : Capacitancia en serie con la salida del transformador.

Para calcular el valor del Capacitor C_z se sigue los siguientes pasos:

La frecuencia de conmutación la obtenemos por medio del osciloscopio y ésta resultó $f_s = 20Khz$ aproximadamente, utilizando la fórmula 5.9 tenemos que la frecuencia de resonancia es:

$$f_R = \frac{20Khz}{4} = 5Khz.$$

Una vez calculada la frecuencia de resonancia, procedemos a calcular el número de vueltas del transformador principal.

Para hallar la relación de vueltas, primero tenemos que referirnos por medio de la gráfica obtenida a través del osciloscopio que el voltaje del primario del transformador fue de $V_p = 300(V)$ p-p y el voltaje del secundario fue de $V_s = 90(V)$ p-p.

Utilizamos la fórmula 5.10, para encontrar la relación de vueltas.

$$a = \frac{300(V)}{90(V)}$$

$$a = 3.33$$

Para el cálculo el valor del capacitor, utilizamos la fórmula 5.8, sabiendo que el valor de la frecuencia de resonancia, el valor del inductor $L=9.7 \text{ uH}$ y la relación de vueltas, tenemos:

Reemplazando, tenemos:

$$C_z = \frac{1}{4 * 3.14^2 * (5 * 10^3)^2 * (3.33)^2 * 9.7 * 10^{-6}} = 1.45 \mu F$$

Para el valor del Capacitor de 1.45 uF , entonces se escoge el valor comercial de $1 \mu F$.

Con respecto a la capacidad de carga del Capacitor, se tienen las siguientes ecuaciones:

$$V_c = \frac{I}{C} dt \quad (5.11)$$

$$dt = \frac{T}{2} \delta_{\max} \quad (5.12)$$

$$T = \frac{1}{fs} \quad (5.13)$$

Para el cálculo el Voltaje de carga del Capacitor primero procedemos a calcular el período de conmutación usando la fórmula 5.13.

Revisando anteriormente el valor de la frecuencia de conmutación y reemplazando en la ecuación se tiene:

$$T = \frac{1}{20 * 10^3} = 50us$$

Teniendo el valor del período ahora procedemos a calcular el intervalo de tiempo de carga, sabiendo el valor del ciclo de trabajo δ_{max} .

Si $\delta_{max} = 0.8$ y utilizando la ecuación 5.12, se tiene:

$$dt = \frac{50 * 10^{-6}}{2} * 0.8 = 20us$$

Ahora para este cálculo la corriente de carga se le adiciona un 20% al valor nominal de corriente, cuyo resultado es el siguiente:

$$I = 1.2Ic = 1.2 * 1.33 = 1.60A$$

Para encontrar el valor del capacitor también debemos calcular el voltaje de carga usando la ecuación 5.11, lo cuál se tiene:

$$V_c = \frac{1.60}{1.45 * 10^{-6}} * 20 * 10^{-6} = 26.89V$$

Este resultado está en el rango permitido de voltaje de carga el cuál es:

$$10\% \frac{V_{in}}{2} < V_c < 20\% \frac{V_{in}}{2}$$

Es decir:

$$15.4V < V_c < 30V$$

Los diodos de conmutación eliminan los picos de voltaje debido a la energía almacenada en el inductor del transformador y previniendo el daño de los transistores.

Por medio de la densidad de corriente se determinará el tamaño del núcleo y el número de bobinas, este valor debe estar dada por el fabricante de cables y

debe de ser < 1000 cm/amp y en la práctica siempre se usa mínimo 200, elegimos 500 cm/amp.

$$Ae.Ac = \frac{(0.68 * P_{out} * D) * 10^3}{f * B_{MAX}} \quad (5.14)$$

Donde:

P_{out} : Potencia de trabajo del transformador, W

B_{max} : Densidad de flujo pico de operación, G

f : Frecuencia, Hz

D : Densidad de corriente por alambre, A/m^2

A_e : Área efectiva del núcleo, cm^2

A_c : Área para el enrollamiento del bobinado,
 cm^2

En el catálogo del fabricante del núcleo, busco un núcleo cuya $AeAc$ sea por lo menos el 50% más que el $AeAc$ calculado.

Dados los valores de $D = 500 \text{ cm/A}$; $f = 20 \text{ KHz}$;
 $P_{out} = 150 \text{ W}$,al ser reemplazados en la siguiente
 ecuación 5.14 se tiene que:

$$Ae.Ac = \frac{(0.68 * 150 \text{ W} * 500 \text{ Cm / A}) * 10^3}{(20 * 10^3) * B_{\max}}$$

$$Ae.Ac = \frac{2550}{B_{\max}}$$

Ahora procedemos a dimensionar el tamaño del
 alambre a utilizar y el número de vueltas.

Se emplea la siguiente fórmula:

$$CM = I_p * D \quad (5.15)$$

Donde:

CM : Tamaño del alambre, c.m (Circular mil)

I_p : Corriente que circula por el primario del
 transformador, A

D : Densidad de corriente, cm/A

Reemplazando los valores de $I_p = 1.33 \text{ (A)}$ o 1.46 (A) y de
 $D = 500 \text{ cm/Amp}$, tenemos:

$$CM=1.46*500$$

$$CM= 665 \text{ cm.}$$

Con este valor de CM, revisamos en la tabla 5.1, se tiene que para el valor de este conductor corresponde cable # 21 AWG.

AWG	Diámetro		Nominal circular mil area	Resistencia por 1000 ft	Capacidad de corriente en miliamperes based on	AWG
	Minimo	Maximo			1000 c.m./A	
8	0,13	0,133	16510	0,06281	16510	8
9	0,116	0,119	13090	0,7925	1390	9
10	0,104	0,106	10380	0,9985	10380	10
11	0,0928	0,0948	8230	1,261	8226	11
12	0,0829	0,0847	6530	1,588	6529	12
13	0,0741	0,0757	5180	2,001	5184	13
14	0,0667	0,0682	4110	2,524	4109	14
15	0,0595	0,0609	3260	3,181	3260	15
16	0,0532	0,0545	2580	40,2	2581	16
17	0,0476	0,0488	2050	5,054	2052	17
18	0,0425	0,0437	1620	6,386	1024	18
19	0,038	0,0391	1200	8,046	1289	19
20	0,034	0,0351	1020	10,13	1024	20
21	0,0302	0,0314	812	12,77	812,3	21
22	0,0271	0,0281	640	16,2	640,1	22
23	0,0244	0,0253	511	20,3	210,8	23

Tabla 5.1 Especificaciones del alambre

Se procede a calcular el número de vueltas del transformador, con la siguiente ecuación:

$$N_p = \frac{V_p * 10^8}{4 * f * B_{MAX} * A_e} \quad (5.16)$$

Para hallar el valor teórico del voltaje del primario V_p , reemplazamos en la siguiente fórmula.

$$V_p = (90 * \sqrt{2}) - 44 = 83.28V .$$

Donde 90 (V) es el valor mínimo de voltaje para el trabajo de la fuente, y el valor del Voltaje de rizado pico a pico es 44(V).

Para poder calcular el valor de corriente máximo, primero revisamos en el catálogo del fabricante en el que indica que el N_p calculado sea menor que el 30% del máximo del área. Si se cumple, entonces están bien dimensionados el núcleo y bobina del transformador.

El 30% del máximo área es porque es aproximadamente el área que ocupa la bobina del primario. Teniendo el valor del número de vueltas, procedemos a encontrar el valor B_{max} .

El objetivo de poner un disipador es el de proteger la unión del transistor para que no sobrepase la

temperatura máxima especificada por el fabricante. Además se necesita especificar un coeficiente (k) que se lo escoge dependiendo del tipo de aislante que se va a utilizar y de las condiciones de temperatura del medio. Para nuestro caso vamos a utilizar un $k=0.5$ debido a que la fuente consta de un ventilador que mantiene temperatura moderada. Con el coeficiente k, y tomando la temperatura máxima de funcionamiento como T_j , tenemos la expresión:

$$T = kT_j - T_a = P_d * (R_{jc} + R_{cd} + R_{da}) \quad (5.18)$$



radiador para TO-220



radiador para TO-3

FIGURA. 5.4 Grafico de Algunos tipos de Disipadores.

De la hoja de datos que se encuentra en el Apéndice C, tenemos los siguientes valores:

$$T_j = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R_{jc} = 3 \text{ }^\circ\text{C/w}$$

$$P_d = 40\text{W}$$

De nuestro montaje y las tablas, deducimos:

$$R_{cd} = 2.1^{\circ}\text{C/w (separador de mica)}$$

$$T_a = 25^{\circ}\text{C (Temperatura ambiente)}$$

Tenemos que calcular el valor de disipador que necesitamos, R_{da} . Despejamos y ponemos un $k = 0.50$

$$R_{da} = [(k T_j - T_a) / w] - R_{jc} - R_{cd}$$

$$R_{da} = [(0.5 * 150^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) / 2.8 \text{ W}] - 3^{\circ}\text{C/w} - 2.1^{\circ}\text{C/w}$$

$$R_{da} = 2.53^{\circ}\text{C/w}$$

Criterios de Selección de los Disipadores

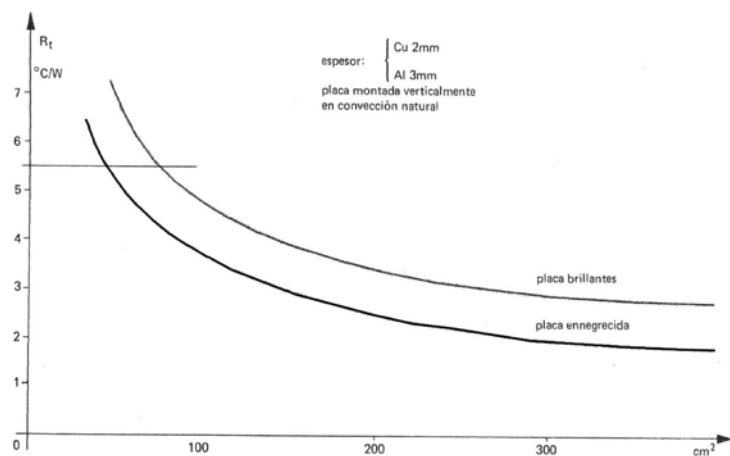


FIGURA 5.5 Gráfico del Coeficiente de Disipación del disipador

Este gráfico puede ser utilizado, considerando el espesor del metal del disipador, el mismo que se encuentra especificado en la figura anterior, y

seleccionando si el disipador es brillante o ennegrecido. Con estos criterios podemos realizar una selección adecuada de nuestro disipador, encontrando un valor aproximado del coeficiente de disipación calculado.

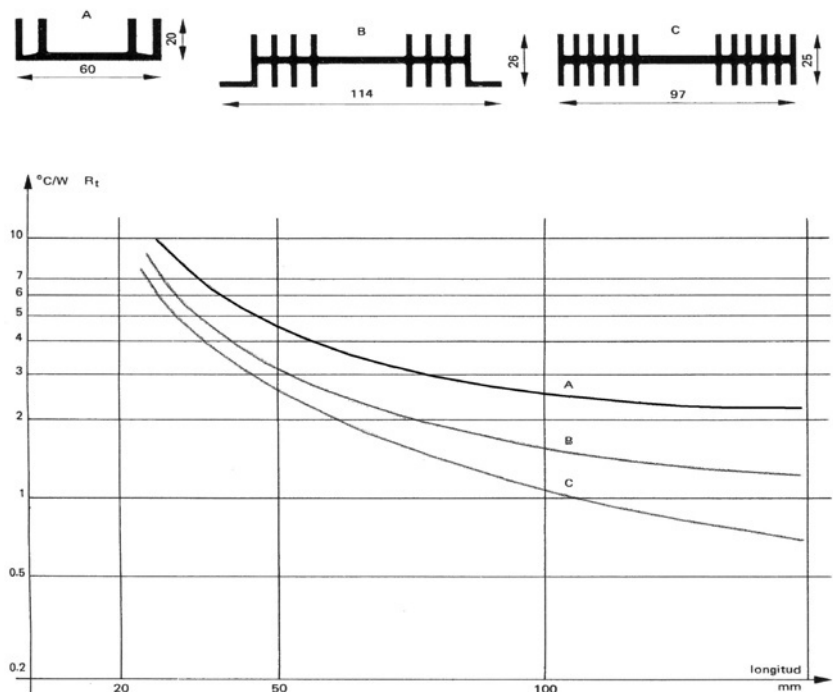


FIGURA 5.6. Coeficiente del Disipador dependiendo su longitud

El gráfico anterior nos muestra el coeficiente de un disipador dependiendo de la longitud y del número de aletas del disipador, de manera que se han clasificado en tres categorías A, B, C.

Para nuestro caso vamos a utilizar un disipador no brillante y para una mayor disipación del calor utilizaremos el de categoría C

5.3.3 Análisis de la Etapa del Controlador

El Controlador, se encarga de comandar la oscilación del Convertidor de Alta Frecuencia, consiste en un oscilador de frecuencia fija, una tensión de referencia, un comparador de tensión y un modulador de ancho de pulso (PWM). El modulador recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador, el cual coteja la tensión continua de salida del tercer bloque con la tensión de referencia.

Cabe aclarar que el ciclo de trabajo es la relación entre el estado de encendido y el estado de apagado de una onda cuadrada.

También cabe resaltar que en la mayoría de los circuitos de fuentes conmutadas se encuentran el primer y el tercer bloque de elementos y

configuraciones invariables, en cambio el cuarto y el segundo bloque tendrán diferentes tipos de configuraciones. A veces el cuarto bloque está construido con circuitos integrados y otras ocasiones ésta implementado con circuitos totalmente transistorizados.

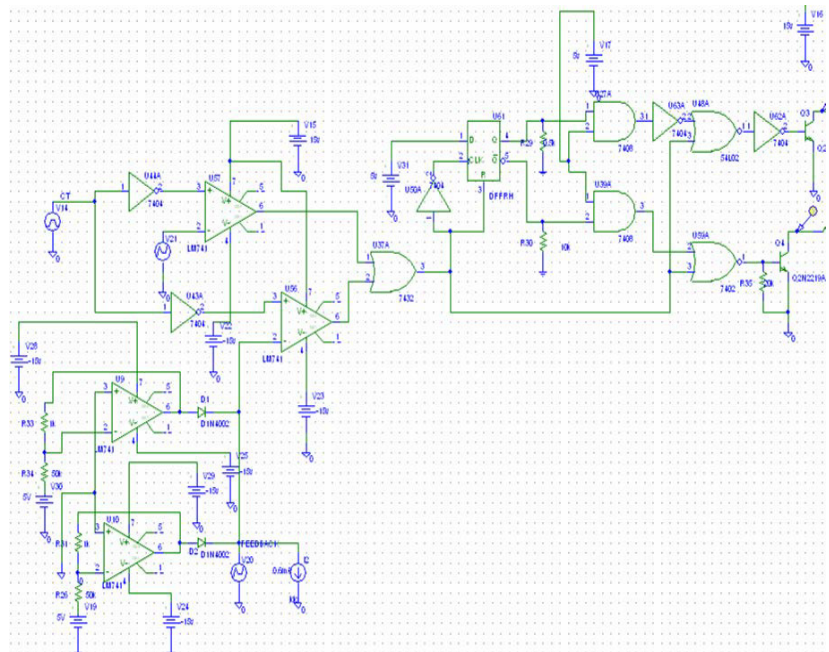


FIGURA 5.7. Diagrama Esquemático del Controlador (TL494)

EL TL 494 es un modulador por ancho de pulso de frecuencia fija (PWM). La modulación de los pulsos de salida se logra comparando la señal de diente de sierra creada por el oscilador interno con cualquiera de las

dos entradas de control. La etapa de salida esta habilitada durante la porción de tiempo que el voltaje del diente de sierra es mayor a las señales de control. Conformen las señales de control aumentan, el período de tiempo en que el diente de sierra en mayor decrece, por lo que el tiempo que dura el pulso de salida disminuye.

Un oscilador lineal interno programable por dos componentes externos, R_T y C_T . La frecuencia del oscilador está resuelta por ahí:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T * C_T} \quad (5.18)$$

La modulación de ancho de pulso de salida está en contraste de la señal de onda positivo a través de condensador C_T , sea de dos señales de control. Las puertas NOR, conducen transistores de salida Q_1 y Q_2 , son habilitadas sólo cuando la línea de entrada del flip-flop, la señal del reloj está de condición bajo. Esto ocurre sólo durante esa porción de tiempo cuando el voltaje cerrado es mayor que la señal de control. Por

consiguiente, un incremento en el control – la amplitud de la señal causa una disminución lineal correspondiente de anchura de pulso de salida.

5.3.4 Análisis de la Etapa de rectificación y Filtro de Salida.

La sección de salida de esta fuente es múltiple y para esto el voltaje es derivado y filtrado desde el secundario del transformador de alta frecuencia. Además consta de una red Snnuber que sirve para eliminar los picos de voltaje producidos por la inductancia del transformador de alta frecuencia.

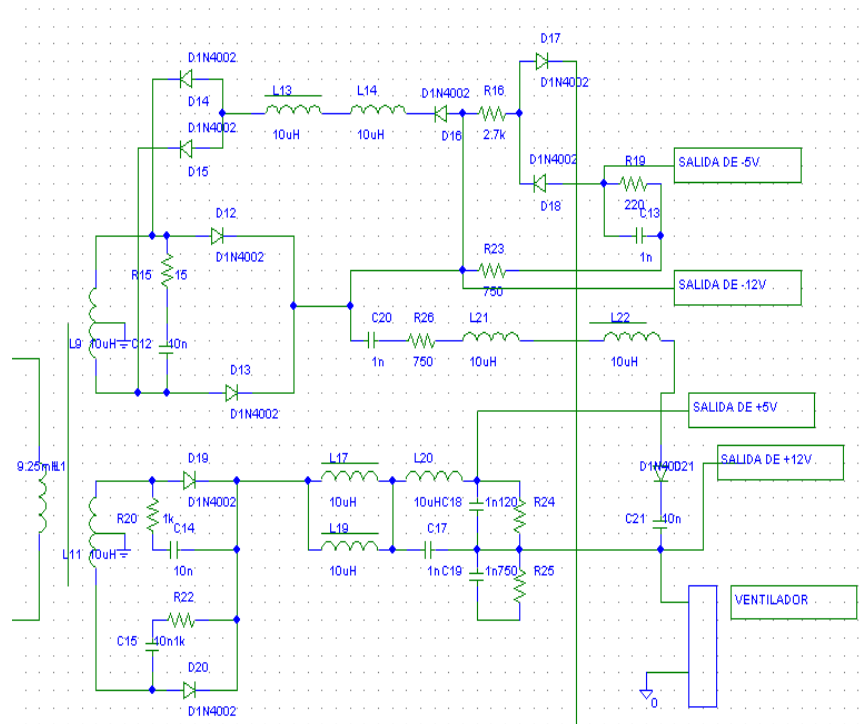


FIGURA 5.8. Diagrama esquemático de la Etapa de Rectificación y Filtro de Salida.

Los diodos que se utilizan en esta etapa deben ser tal que soporten la corriente máxima de salida de la fuente y además pueden ser de tres tipos:

- 1.- Diodos de Alta eficiencia y rápida recuperación
- 2.- Diodos de Alta eficiencia y muy rápida recuperación.
- 3.- Diodos Schottky

La red snubber es un circuito RC y la selección de sus componentes se la detalla a continuación:

$$C_s = 0.01 \text{ uF a } 0.1 \text{ uF}$$

$$R_s = \frac{\sqrt{L_T / C_J}}{a} \quad (5.19)$$

$$P_R = \frac{1}{2} C_s \left(\frac{V_{in}}{a} \right)^2 f \quad (5.20)$$

donde:

a = Relación de vueltas del primario (N_p) con el secundario (N_s).

L_T = Inductancia del transformador.

C_J = Capacitancia de juntura del Schkottky (pf).

P_R = Potencia de la resistencia R_s .

Además este circuito consta de una red LC que tiene dos funciones: la primera para almacenar energía durante la conmutación y así proporcionar corriente

continua en el caso del inductor y la segunda filtrar aún más el voltaje de salida en el caso del capacitor. Las fórmulas son las siguientes:

INDUCTOR	NUCLEO	CAPACITOR
$V_L = L \frac{di}{dt}$ <p>(5.21)</p>	$A_e A_c = \frac{5.067 * 10^8 (LI_{OUT} D^2)}{KB_{MAX}}$ <p>(5.24)</p>	$C_{OUT} = \frac{\Delta I_{OUT}}{8f \Delta V_{OUT}}$ <p>(5.27)</p>
$t_{OFF} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (E_{OUT}/E_{IN})}{f} \right]$ <p>(5.22)</p>	$l_g = \frac{(0.4 * \pi * LI_{OUT}^2) 10^8}{A_e B_{MAX}^2}$ <p>(5.25)</p>	$ESR_{max} = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{COUT}}$ <p>(5.28)</p>
$L = \frac{E_{OUT} * t_{OFF}}{0.25 * I_{OUT}}$ <p>(5.23)</p>	$N = \frac{B_{MAX} l_g}{0.4 * \pi * I_{OUT}}$ <p>(5.26)</p>	

Tabla 5.2 Esquema de fórmulas para el cálculo en el Transformador

E_{OUT} = Voltaje de salida de la fuente

K = 0.4 toroides y 0.8 bobinas

E_{IN} = Voltaje de conmutación ($2 * E_{OUT}$)

D = Diámetro del cable

t_{OFF} = máximo tiempo muerto

A_e = Area efectiva del núcleo

f = frecuencia de conmutación

A_c = Area de bobina

l_g = Longitud de la abertura del núcleo

N = Número de vueltas

$I_{COUT} = 0.25 * I_{OUT}$

ΔV_{OUT} = Voltaje de pico a pico

ESR_{MAX} = Resistencia del capacitor

Primero debemos conocer el valor del período del convertidor. También se debe asumir un tiempo muerto de 5 us por cada medio ciclo.

Con respecto al tiempo total de conducción de cada ciclo, éste será:

$$\frac{50 - 2 * 5}{2} = 20(us)$$

El ciclo de trabajo por cada diodo es $\frac{20}{50} = 0.4$

El pico de corriente máximo (I_{FM}) por diodo esta dado por la siguiente fórmula:

$$I_{FM} = \hat{\partial}_{DR} * I_{out} \quad (5.29)$$

Para la salida de ± 5 V de la fuente, se tiene como

$I_{OUT} = 16A$ y utilizando la fórmula 5.29, tenemos:

$$I_{FM} = (16) * (0.4) = 6.4(A)$$

Diodo de 8 A es el recomendado para el valor de la corriente I_{FM} .

Para la salida de ± 12 V de la fuente, se tiene como

$I_{OUT} = 4.5A$ y utilizando la fórmula 5.29, tenemos:

$$I_{FM} = (0.4) * (4.5) = 1.8(A)$$

Diodo de 2 A es el recomendado para el valor de la corriente I_{FM} .

En este momento se analizará el Filtro LC, primero procedemos de calcular L, para cual tenemos en cuenta los siguientes puntos.

- B_{sat} hasta 8000 G.
- Almacenamiento de Energía.
- Apertura del núcleo.

$$L = \frac{(E_{in} - E_{out}) * \Delta t}{\Delta I_L} \quad (5.30)$$

Donde E_{in} = Voltaje de Entrada.

E_{out} = Voltaje de Salida.

Δt = Máximo tiempo muerto.

Para un convertidor medio puente, tenemos que

$E_{in} = 2 * E_{out}$ para Voltaje de entrada máximo.

En términos del voltaje secundario

$$t_{OFF} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (E_{out} / E_{in})}{f} \right] \quad (5.31)$$

Teniendo el valor del voltaje de entrada, el voltaje de salida y el valor de la frecuencia, procedemos a calcular el máximo tiempo muerto t_{OFF} :

$$t_{OFF} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (0.5)}{20 \times 10^3} \right] \quad E_{OUT} = 2E_{in}$$

$$t_{OFF} = 12 \mu\text{seg}$$

Para las 4 salidas de la fuente, el valor de L lo encontramos mediante:

$$L = \frac{(E_{in} - E_{out}) * \Delta t}{\Delta I_L} \quad (5.32)$$

Para el voltaje de salida de la fuente de +5v, se trabaja con una corriente de 15A dando como resultado un valor de inductor de L=12.25mH.

Para el voltaje de salida de la fuente de -5v, se trabaja con una corriente de 0.3A dando como resultado un valor de inductor de $L=800\text{mH}$.

Para el voltaje de salida de la fuente de +12v, se trabaja con una corriente de 5A dando como resultado un valor de inductor de $L=115.20\text{mH}$.

Para el voltaje de salida de la fuente de -12v, se trabaja con una corriente de 0.3A dando como resultado un valor de inductor de $L=1.92\text{mH}$.

Para hallar el valor del toroide se utiliza la gráfica de $L * I^2_{OUT}$ y la tabla correspondiente al libro guía.

Para la fuente de +5v este valor representa $L * I^2_{OUT} = 4.46 \text{ A}^2 \text{ x mH}$.

Este valor es el utilizado porque es el mayor de las cuatro salidas de la fuente.

Dentro de la figura de $L * I^2_{OUT}$ encontramos que el primer número del núcleo superior que se intercepta en

las inmediaciones de la primera curva. El valor del número del núcleo es de 55548, este valor está entre las curvas de impermeabilidad y son los siguientes $u=26$ y $u=60$.

Intentaremos primero con el valor de $u=60$ para hallar el número de vueltas con la siguiente ecuación.

$$N=1000\sqrt{\frac{L}{L^{1000}}} \quad (5.33)$$

Donde :

$$L = (\text{mH})$$

$$L^{1000} = (\text{mH})/1000\text{vueltas.}$$

En la siguiente tabla, tenemos como resultado un valor de $L_{1000}=61 \text{ mh}/1000 \text{ vueltas}$.

Con la fuente de +5v nos da como resultado un valor de número de vueltas de:

$$N=1000*\sqrt{\frac{13.33^{-3}}{61}}$$

$$N=14.8 \text{ vueltas}$$

Este valor se lo tiene que incrementar en un 20% del número de vueltas encontrado, dando como resultado $N=18$ vueltas.

Para el voltaje de salida de la fuente de $-5v$ se obtuvo una relación de vueltas de $N=1000 * \sqrt{\frac{0.8}{61}}$ dando como resultado 114 vueltas, con un incremento del 20% se obtuvo una relación de 137 vueltas.

Para el voltaje de salida de la fuente de $+12v$ se obtuvo una relación de vueltas de 40, mientras que para el voltaje de salida de la fuente de $-12v$ su relación fue de 150 vueltas.

5.4 Análisis Comparativo entre Datos Teóricos con Datos Prácticos.

Mediante este análisis, se podrá conocer el porcentaje de error entre los cálculos teóricos y los datos prácticos que lo obtuvimos mediante las herramientas que existen en el laboratorio de Electrónica de Potencia, tales como: osciloscopio, amperímetro, voltímetro, etc.

A continuación lo detallaremos por las etapas de la fuente de conmutación.

Con respecto al cálculo de error, tenemos la siguiente fórmula:

$$\%error = \frac{|Valor_Teórico - Valor_Práctico|}{Valor_Teórico} \quad (5.6)$$

En lo que respecta al análisis de la etapa de rectificación y filtro de entrada, tenemos primero que hallar el cálculo de error del valor del capacitor de entrada de la fuente, reemplazamos en la ecuación 5.6,

$$\%error_capacitor = \frac{|236.36 - 220|}{236.36} = 6.92\%$$

Para el cálculo de error del Voltaje de rizado pico a pico de la fuente, reemplazamos en la ecuación 5.6, para el valor práctico del voltaje de rizado revisemos primero el valor que nos da la foto 3 del Anexo C.

$$\%error_{Vpp} = \frac{|44 - 38|}{44} = 13.63\%$$

En lo que respecta al análisis de la etapa de modulación de ancho de pulso, por ejemplo escogeremos el valor que nos indica el PIN 5 del TL494. Por medio de la Fig. 7 del Anexo C, vemos que tiene un voltaje simulado de 3V de amplitud y relacionado con la foto 4 del mismo Anexo, tenemos un voltaje práctico de 2.8 V.

Utilizando la Formula 5.6, tenemos:

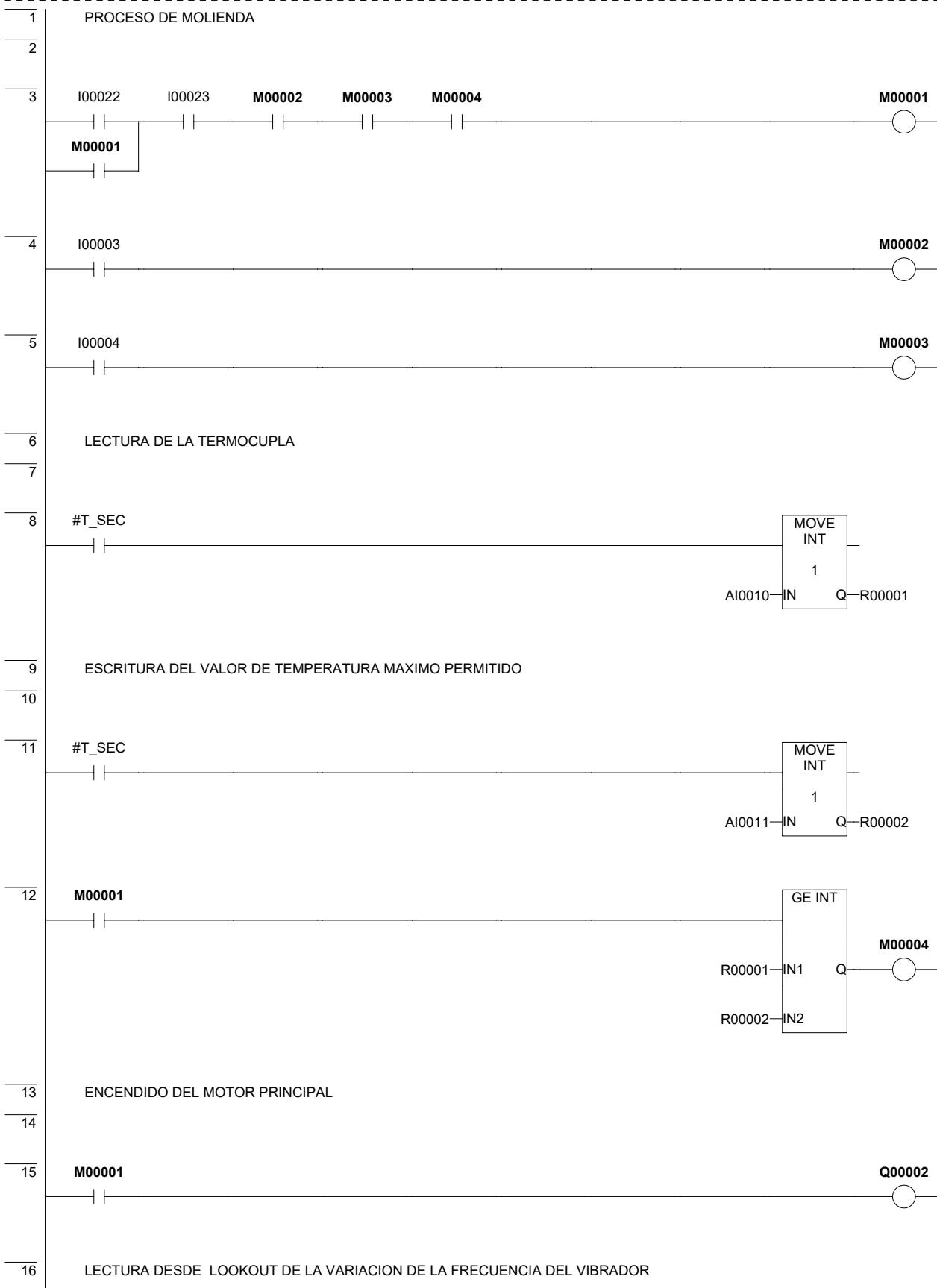
$$\%error_{Pin5_{TL494}} = \frac{|3 - 2.8|}{3} = 6.67\%$$

ANEXO A

**PROGRAMACION DEL PLC EN CIMPLICITY
MACHINE EDITION**

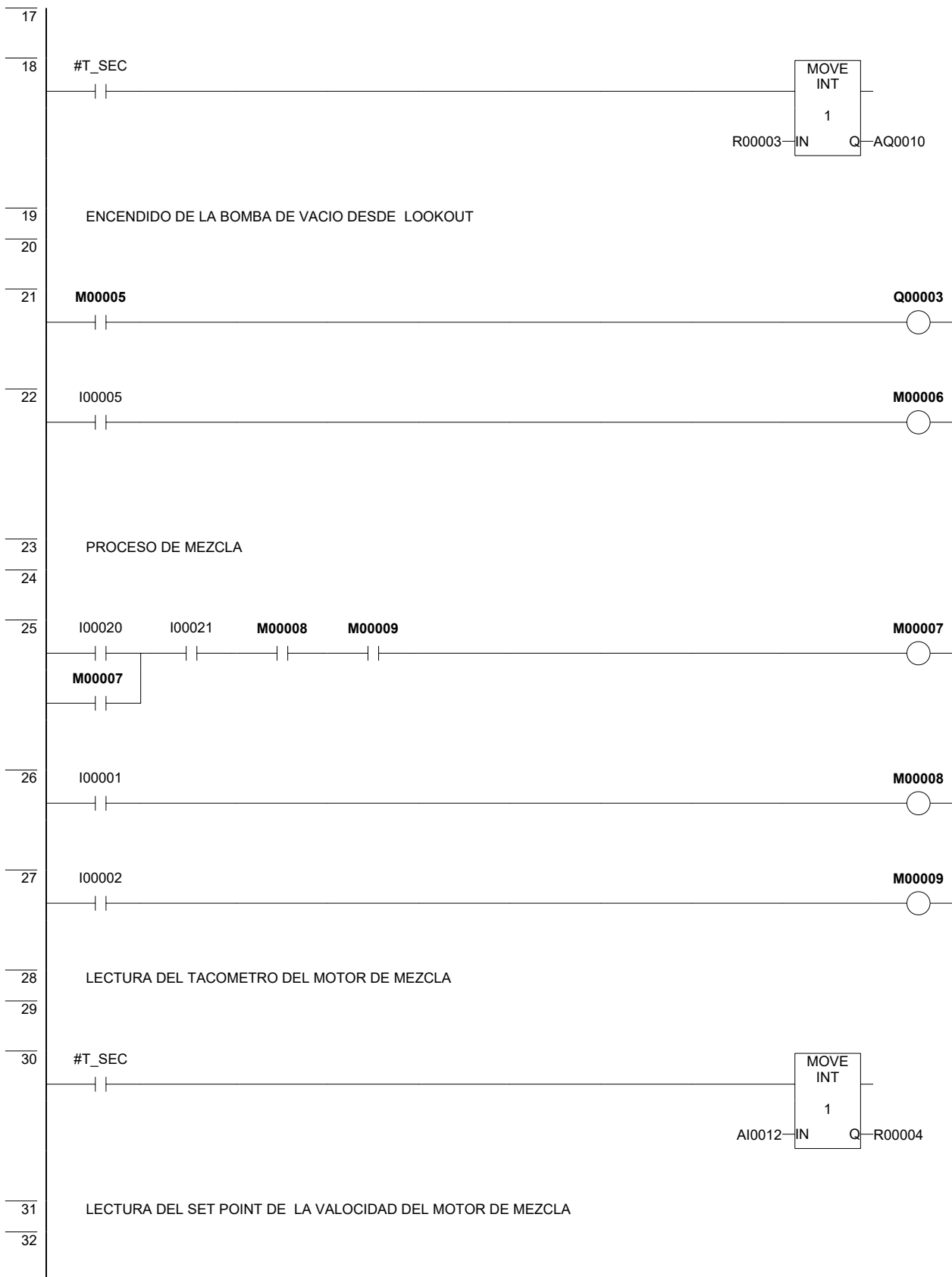
ANEXO A

PROGRAMACION DEL PLC



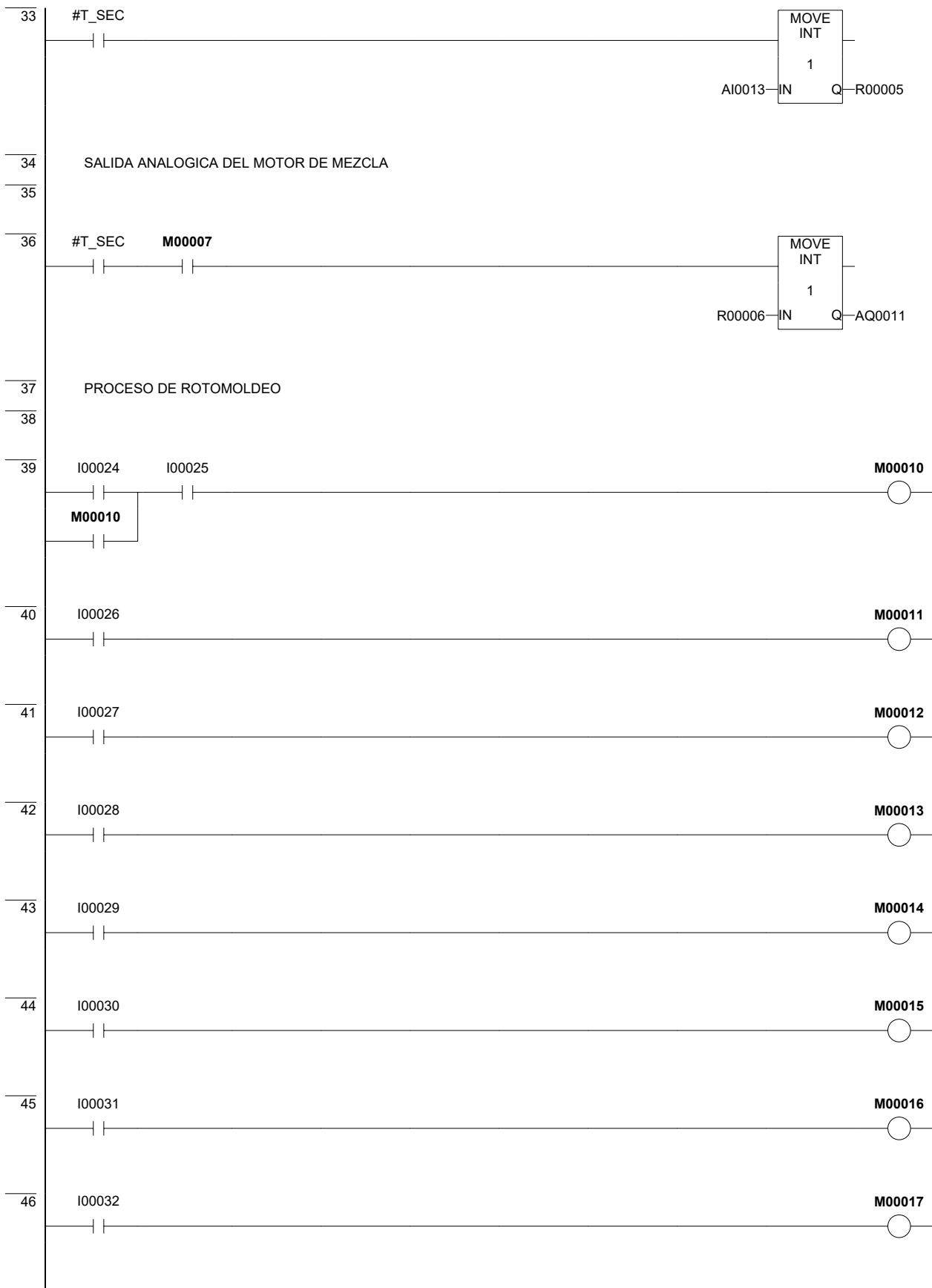
ANEXO A

PROGRAMACION DEL PLC



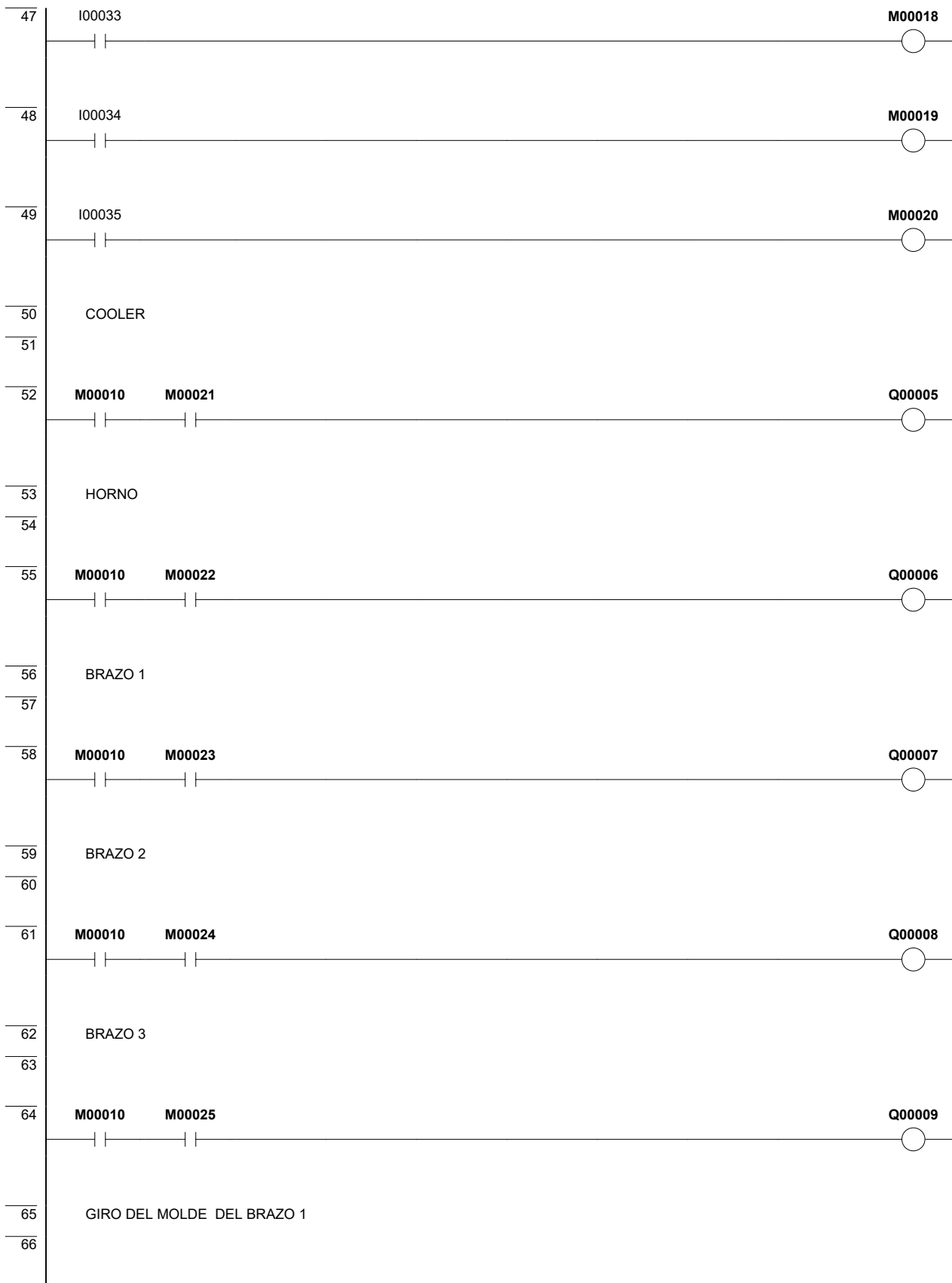
ANEXO A

PROGRAMACION DEL PLC



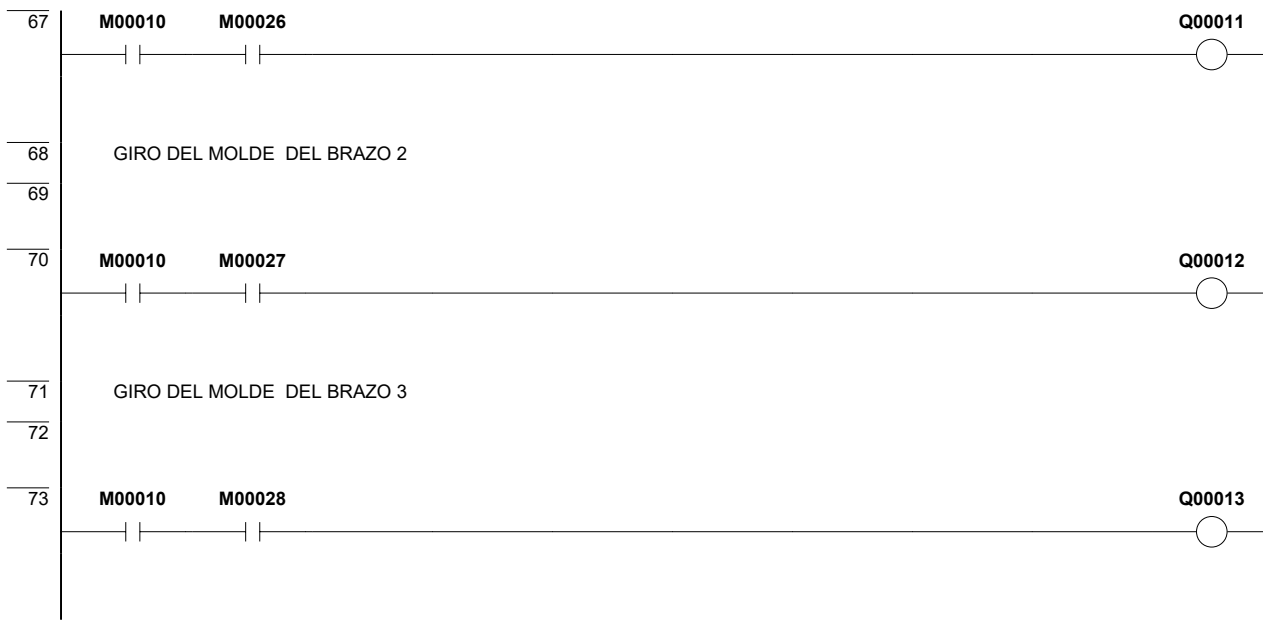
ANEXO A

PROGRAMACION DEL PLC



ANEXO A

PROGRAMACION DEL PLC



ANEXO B

**CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA DE
BRAZOS INDEPENDIENTES ROTOSPEED DE
FERRY INDUSTRIES**

**FORMANDO EL FUTURO CON MAQUINAS INDUSTRIALES
DE PRECISIÓN**



Ferry Industries, Inc.

4445 Allen Road

Stow, Ohio, 44224-1093 USA

Phone: (330) 920-9200

Fax: (330) 920-4200

E-mail: ferrysales@ferryindustries.com

Terrance J. Gillian - Vice President, Sales · Ext. 103

tgillian@ferryindustries.com

Ann Rowland - International Sales Manager · Ext. 135

arowland@ferryindustries.com

La Compañía de Maquinas Ferry fue fundada en 1927 en Kent, Ohio, USA y estableció una reputación como una tienda de maquinas de precisión. En 1982 el nombre de la compañía fue cambiado a Ferry Industries, Inc. para reflejar la

evolución de la compañía a un mayor fabricante en el moldeo rotacional, espuma e industrias de recorte compuesto.

En 1993 Ferry adquirió la línea RotoCast de máquinas de moldeo rotacional, las cuales habían sido la industria líder.

1998 vio la adición de Quintax CNC Routers como una subsidiaria propia completamente y un acuerdo de marketing con Plas Mec Mixers (Italy). En 1999 Ferry empezó ofreciendo los sistemas de dispensación de polvos GraviMold para moldeadores rotacionales. Estas expansiones horizontales de ofrecimientos de productos son para proveer actualidad y futuros clientes en el moldeo de polímeros, mezcla aeroespacial, espuma, madera y recorte de metales no ferrosos y formando industria con equipos requeridos para logros precisos, consecuentemente y mejorando los métodos de producción.

En Septiembre 2000 Ferry adquirió los activos de la división de moldeo rotacional del FSP Machinery (Canadá) Inc. Ferry continua fabricando el ClamShell, Shuttle and Rocking Oven machines, Easy Dump gaylord tilting systems y RotoFlow™ Blenders en la sede corporativa en Stow, Ohio tan bien como continua ofreciendo partes de repuestos y servicios.

Hoy, Ferry esta en casa realizando ventas y organizando equipos de ingeniería con un rango completo de maquinas para reunir o exceder la necesidades del mercado. Incrementó el uso de controladores lógicos de procesos, avanzadas computadoras industriales e ingeniería innovadora que han mejorado las capacidades de procesamiento de las maquinas que ofrece Ferry Industries.

Estos nuevos estándares de rendimiento benefician a los usuarios de los productos de Ferry con mayor eficiencia en el uso de materiales (menos desperdicios), bajo costo de energía y tiempos de ciclo rápidos con mejorada comunicación y

almacenamientos de procesos. Ferry edifica la línea RotoSpeed de máquinas para estándares NEC (National Electrical Code), IRI (Industrial Risk Insurers), FM (Factory Mutual) and CE (Conformité Européene or European Conformity).

Ferry ha desarrollado una reputación por trabajar con clientes con interés en producir el mejor producto posible y esta comprometido a producir nuevos diseños, productos mejorados y efectiva integración de equipos auxiliares para el avance de la tecnología y valor de los productos Ferry en el mercado global.

Ferry es un miembro de [A.R.M.](#) (Association of Rotational Molders), [A.R.M.A.](#) (ARM Australasia), [A.R.M.O.](#) (Alliance of Rotational Molding Organizations) y [SPE](#) (Society of Plastics Engineers).

CARACTERISTICAS DEL CONTROL DE PROCESOS

RotoCure 2000 System Manager

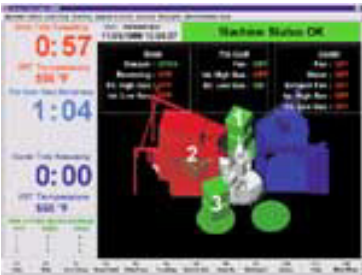
Rotational Molding Machine Control



Panel de Control (RotoCure 2000 System Manager)

Ferry Industries' RotoCure 2000 System Manager esta basado en el formato Windows para proveer características de control sin precedente para las máquinas de moldeo rotacional RotoSpeed.

Este sistema fácil de usar incluye control preciso de procesos y almacenamiento, capacidades de rutas detalladas, tendencia de procesos, operaciones de máquina, defectos de monitorización y registro, y grabación y administración de datos en profundidad. El sistema RotoCure 2000 permite programaciones adicionales de la velocidad de las variables del horno y ventiladores del enfriador, múltiples rutas para el aire interno, posicionamiento del brazo/molde y múltiples pasos para la entrega del agua en el enfriador. Capacidad para operar con otros programas basados en Windows tal como Rotolog, RotoCycle y InfraRed Thermometry (IRT) que es otra característica de este sofisticado sistema.



Run Screen

Las características del RotoCure 2000 System Manager están en una computadora equipada con Pentium, PLC probado y demostrado, un monitor full-color 14" SVGA y un teclado de membrana completo. RotoCure trabaja a través de una serie de menús que proveen todas las variables requeridas para máxima producción.



Fault Definition & Correction Guide

El RotoCure 2000 System Manager esta diseñada para conectarse con una computadora de oficina para acceso remoto a datos de producción. Esto da la capacidad para documentar y analizar máquinas y cambiar operación y rendimiento. El sistema incluye el hardware y software para red con otras máquinas de moldeo rotacional RotoSpeed, y ofrece contraseña de protección para accesos o cambios de información, programas o funciones.

RotoCure 2000 System Manager esta estandarizado en muchos nuevos modelos de máquinas de moldeo rotacional de Ferry RotoSpeed, puede ser instalado en máquinas existentes opcionalmente en todo.

SISTEMAS DE CONTROL DE TERMÓMETRO INFRARROJO (IRT)

EXCLUSIVAMENTE DE FERRY INDUSTRIES

Consistencia es una clave importante para el moldeo rotacional. IRT es el primer sistema de control auto ajustable para máquinas de moldeo rotacional para proveer la consistencia necesitada para satisfacer las incorrectas fluctuaciones de los moldeadores en el “mundo real”. Por continuamente monitorear la temperatura de la superficie del molde, IRT puede censar anomalías en el ciclo de moldeo que puedan causar partes de desperdicios y automáticamente ajustar tiempos de horno y enfriador para asegurar el producto óptimo.



Infrared Thermometry (IRT)

Cambios en las condiciones del ambiente, cambios del molde, retardos en la estación de servicio, funciones incorrectas en el horno o enfriador pueden requerir modificaciones al ciclo del programa. IRT automáticamente ajusta los tiempos de horno y enfriador para compensar a alguna de esas y asegurar la salida de los moldes en el horno y enfriador a la temperatura especificada.

Ciclos óptimos, resultados de enfriamiento consistentes, reduce partes dañadas debido a problemas en la estación de servicio y alta integridad de las propiedades de las partes de cada ciclo, son todas posibles con la automática, auto ajustable del control de termómetro infrarrojo de la máquina de moldeo rotacional de Ferry Industries.

MAQUINA DE MOLDEO ROTACIONAL ROTOSPEED

MAQUINA DE BRAZOS INDEPENDIENTES CON CUATRO BRAZOS Y CINCO ESTACIONES.

Ferry Industries emprendió la primera máquina de brazos independientes de cuatro brazos, cinco estaciones para la industria de rotomoldeo.



Maquina de Brazos Independientes

La máquina de brazos independientes RotoSpeed (con cada brazo en un carro separado) provee un arreglo de múltiples estaciones para operaciones de calentamiento, enfriamiento, carga y descarga. Cada carro esta unido alrededor de

un poste pivote central y las partes cargadas en una pista de rodamiento común. El plano del piso provee cinco estaciones de proceso:

1. Horno
2. Pre-enfriamiento
3. Enfriamiento
4. Descarga
5. Carga

Estas máquinas pueden ser adquiridas con solo un brazo/carro y hasta tres más pueden ser adicionados sin modificaciones mecánicas a la existente máquina. Doble estaciones de horno o enfriamiento están disponibles inicialmente o pueden ser adicionadas después, debido al diseño modular del concepto de brazos independientes de Rotospeed.

Dos máquinas de brazos independientes están mostradas aquí; RS4-2400 con un balance de 96" y una capacidad de peso de 2.400 lbs, y un RS3-5000 con un balance de 200" y una capacidad de peso de 8.000 lbs.



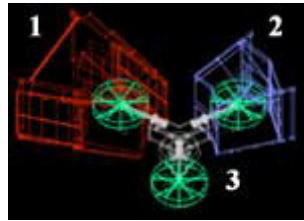
Máquina de brazos Independientes de 2.400 lbs. de Capacidad



Máquina de brazos Independientes de 8.000 lbs. de Capacidad

MAQUINA DE TORRE DE BRAZOS FIJOS

Máquinas de torre de brazos fijos provee capacidades de procesamiento incrementadas mientras promocionan el más eficiente uso del trabajo. Ferry Industries ha expandido las capacidades de la máquina de torre original para reunir las necesidades de producción del usuario. Cinco configuraciones de estilos de torre de Rotospeed de conducción directa están disponibles.



Maquina de Torre de Brazos Fijos

Una máquina de torre tiene todos los brazos fijos a torre de indexación común. La indexación de la torre de estación a estación resultará en el movimiento de todos los brazos a la siguiente estación. Las máquinas de torre Rotospeed están disponibles en dos versiones:

VERSIONES DE TRES BRAZOS Y CUATRO BRAZOS

Una máquina de torre de tres brazos es generalmente usada en aplicaciones donde el horno (1), enfriador (2), y servicio (3), rota para las partes en cada brazo que relativamente requiere iguales tiempos de procesos. Máquinas de torre de cuatro brazos son usadas donde una parte del proceso (calentamiento, enfriamiento o servicio) requiere hasta el doble de tiempo que las otras funciones.



Maquina de Torre de Brazos Fijos

DESCRIPCION DE LA MAQUINA ROTOSPEED EXISTENTE EN LA FABRICA INDELTRO

Máquina de Moldeo Rotacional de Brazos Independientes Modelo RS3-220

Precio en USD, Ferry, Stow, Ohio

\$213.450,00

Incluye características estándar

SECCIÓN CENTRAL DE MONTAJE

- Tres carrozas indexadas independientemente en un arreglo de cinco estaciones: una estación horno, una estación intermedia, una cámara de enfriamiento y dos estaciones de servicio, capaz de futuras adiciones de un cuarto carro y ensamblaje del brazo.
- Tres brazos rectos con capacidad de 2.400-lb (1090 kg). Balance esférico de 102" x 92" (2590 x 2336 mm).
- Manejo AC de frecuencia variable para control preciso de eje mayor a menor, con sensores para monitorear y ajustar velocidad de fluctuación continuamente.
- Los ejes mayor y menor están equipados con sistemas de freno de falla segura.
- Frecuencia variable, pareado directo de manejo AC indexa cada carro.
- Cada brazo está equipado para permitir aire interior para ser usado durante el procesamiento.
- Gran placa de montura de molde está pre-taladrada para acomodar arañas o moldes

- Brazo de tarea pesada y cabeza de rodamientos con fáciles accesos a puntos de lubricación.
- La máquina puede ser instalada para indexación en el sentido de la agujas del reloj o en contra de las agujas del reloj.

MONTAJE DEL HORNO

- Diseñado y aislado para permitir una temperatura de operación máxima de 850°F (455°C).
- Válvulas de gas y switches de presión para horno quemador son pre-cableados y montados en perchas para acceso a nivel de piso.
- Las puertas del horno son operadas independientemente por motores AC; las puertas del horno ruedan en rieles lisos montados en el piso, de operación segura, cerrando a un ángulo de 5° para proteger la juntura de la puerta del desgaste abrasivo.
- La apertura de la ranura de la pared del frente es protegida por placas de calor montadas en los carros.
- Alta eficiencia del sistema quemador del horno de gas natural, es equipado con un control quemador modulador y un damper (regulador de tiro usado en chimeneas) de gases modulado.
- El damper de la circulación de aire en el horno es controlado por computadora
- Es provisto un control de proceso independiente para el aire interno

ESTACIÓN INTERMEDIA

- El programa de computadora proporciona un software para enfriamiento al aire libre.
- Es proporcionado un control de proceso independiente para el aire interno
- Ventilador enfriador y otros en la administración del proceso en esta estación es opcional.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

- Dos ventiladores de entrada de aire de alto volumen
- Un ventilador de gases de alto volumen
- Sistema de spray de agua con ocho boquillas como estándar
- Base de drenaje de acero inoxidable
- Paneles fabricados de acero galvanizado con marcos de acero estructural para fortaleza y durabilidad.
- La apertura de la ranura de la pared del frente es protegida por placas de calor montadas en los carros.
- Es proporcionado control de proceso independiente para aire interno

ESTACION DE SERVICIO

- Diseñado para permitir máximo tiempo para desmoldar, cambiar material o cambiar molde.
- Dos estaciones son proporcionadas con dos podios sin fijación para el operador. El podio primario puede indexar carros y empujar levemente el eje menor y mayor para carga/descarga del molde. El podio secundario puede solo empujar levemente el eje menor y mayor para carga/descarga. Cada

podio esta equipado con un botón de preparación para ciclo de inicio y un botón de parada de emergencia.

CONTROLES – Administrador del Sistema RotoCure 2000 – Sistema Operativo Basado en Windows

- Los controles de la maquina consisten de un PLC GE 90/30 manejado vía un computador equipada con Pentium con 200Mb de disco duro (mínimo). Incluye un interfase de operador en un monitor a color SVGA de 14" (355 mm) con un teclado completo y un Mouse industrial. El acceso al programa esta en el menú de uso para facilidad del operador.
- El administrador del sistema RotoCure 2000 caracteriza el exclusivo software multifunción en cuatro secciones distintas.
 1. Control de Proceso
 2. Tendencia del Proceso
 3. Mantenimiento y monitorización de fallas
 4. Gestión de datos de producción
- Perspectiva del administrador del sistema RotoCure 2000 (Ver especificaciones adjuntas para detalles)
 - Establecer parámetros para el horno, estación de enfriamiento y estación de servicio
 - Soluciones de pasos múltiples y programas fríos
 - Contraseña de protección
 - Posición de la pantalla para la temperatura del horno, tiempo del horno, velocidad de rotación del brazo, y posición de los brazos en el sistema.

- Perfil de mapeo electrónico de la temperatura del horno para mostrar en pantalla y guardar en el disco duro para registros históricos.
 - Muestra de mensaje de error en pantalla y autodiagnóstico
 - Muestra del horario de lubricación en pantalla para la maquina
 - Muestra de las instrucciones de operación de la maquina en pantalla y ajustes.
 - Muestra en tiempo real del brazo y de la velocidad de rotación de la placa (menor y mayor) en pantalla.
 - Almacenamiento y recuperación de recetas, códigos de molde y códigos de desperdicios.
 - Habilidad para registrar y generar reportes para:
 1. Producción
 2. Uso de materiales
 3. Razones para desechar
 4. Tiempo de inactividad causado por la maquina
 5. Tiempo de inactividad causado por el operador
 - Software de administración de producción y proceso para conectar las maquinas a la computadora de oficina del cliente para monitorear las maquinas, transferir datos y generación de reportes.
 - Capacidad de conexión a red
- Otras características estándar de control:
- Fácil accesibilidad al control del quemador del horno e interruptores de seguridad
 - Contadores de equilibrio para ayudar en el posicionamiento de los moldes adecuadamente en el brazo

- Gabinete de control maestro de aire acondicionado
- Correaje de cableado.

BOLETÍN DEL PRODUCTO

BRAZOS/CARROS

- **Números de brazos/carros.....1 a 4**
- **Máximo peso: Brazo Recto.....2.400 lbs**
 Brazo compensado.....2.000 lbs
- **Máximo Diámetro.....102" x 92"**
- **Variador de frecuencia digital**
 1 HP AC en el Eje Menor (Placa).....1,8-12 RPM
- **Variador de frecuencia digital**
 2 HP AC en el Eje Mayor (Brazo).....1,6-10 RPM
- **Variador de frecuencia digital 3/4 HP AC en el eje de movimiento del carro**

HORNO

- **Motor Soplador del Quemador, 3/4 HP.....450 CFM**
- **Máximos BTU/H.....2.500.000**
- **Uso al 50%.....1.250.000**
- **Temperatura Máxima del Horno.....850° F**
- **Ventilador de Circulación, 10 HP.....16.500 CFM**

- Ventilador de Gases, 1½ HP (requiere una transición de 10" x 13" a un ducto de 12" de diametro).....1.500 CFM
- Operador de la puerta, ½ HP

ENFRIADOR

- Ventilador de Aire Forzado, 2 x 2 HP x 30" de Diámetro...2 @ 12,000 CFM
- Agua (8 boquillas).....4.2 GPM
- Ventilador de Gases, 1 x 2 HP x 30" de Diámetro.....12,000 CFM

SERVICIOS REQUERIDOS

- Estándar de Estados Unidos de Servicio Eléctrico (Solicitar en servicios extranjeros):
 - 240 VAC/3-PH/60 HZ.....150 amps
 - 480 VAC/3-PH/60 HZ.....80 amps
- Servicio de Gas Natural: (2,500 CFH).....1 PSI, tubería de conexión 1½"
- Servicio de Aire: (Damper del Horno)...20-50 PSI, tubería de conexión ½"
(Embragues Opcionales).....80-100 PSI
- Servicio de Agua.....40 PSI, tubería de conexión ½"
- Sección central bajo especificaciones concreta....6" de grosor; 4,000 PSI

MAQUINAS DE MOLDEO ROTACIONAL CON ESTILO DE BRAZOS INDEPENDIENTES

Cada maquina es configurada con 5 estaciones de proceso y equipadas como estándar, con lo siguiente:

- Tres carros ensamblados con brazos rectos. Pre-cableados para aceptar un ensamblaje de un cuarto brazo.
- Una estación intermedia entre el horno y el enfriador
- Una cámara de enfriamiento, con ventiladores de enfriamiento de alto volumen, rociador de agua y un ventilador extractor de gases
- Dos estaciones de servicio, cada una con un podio al control del operador
- Gabinete maestro de control eléctrico con el software administrador del sistema RotoCure 2000

ESPECIFICACIONES GENERALES

ENSAMBLAJE DEL POSTE DE INDEXACIÓN DEL CENTRO/CARRO

– Diseñado y manufacturado para fiabilidad y larga vida con un mínimo de mantenimiento.

- El ensamblaje del carro de ROTOSPEED es construido de perfiles de estructuras de acero de alta calidad y placas de acero para capacidad máxima de rodamiento con carga. Los carros han sido diseñados para facilitar los cambios de brazos (recto para compensar los brazos) y muy poco mantenimiento.
- Las maquinas pueden ser establecidas para una indexación en el sentido de las agujas del reloj o en contra de las agujas del reloj para mejorar la forma de la disposición de la fabrica.
- Todos los carros ensamblados son indexados de estación a estación alrededor de un poste central común. El poste central esta proporcionado como estándar con cuatro bloques de rodamiento para los carros adjuntos, aun cuando fuera adquirido con menos de cuatro brazos. Cada bloque de rodamiento tiene dos rodamientos de impulso para carga vertical y un recubrimiento de bronce de alta resistencia para cargas radiales. El carro rueda en un nivel, una pista de rodamiento de carga para asegurar una suave operación. Las ruedas del carro son construidas con cubos de hierro fundido y una plantilla de caucho sintético para larga vida y alta capacidad de rodamiento de carga.

- La rápida y eficiente indexación del carro es consumada por el uso de frecuencia variable, invertidor digital AC y sistemas de motor de marcha para indexar carros individuales. Las cajas de cambios son abastecidas con aceite sintético para máxima eficiencia. Un par flexible entre el motor y la caja de cambio protege los equipos y ejes de golpes de cargas. Los carros pueden ser indexados en dirección hacia delante o en reversa desde el podio del operador.

- Posicionando el carro en las cinco estaciones es consumido por el uso de interruptores de proximidad inductiva para asegurar fiabilidad y mantenimiento virtual libre de operación. Un interruptor de seguridad de sobre recorrido en la pista asegura que el carro no interfiera con las puertas del horno e impide que dichas puerta cierren si un carro esta en una estación incorrecta en el horno. El software de monitoreaje de fallas en el control del administrador del sistema RotoCure 2000 notifica al operador si un carro esta en la estación incorrecta. Adicionalmente, un interruptor de proximidad inductiva previene las interferencias de un carro con cada uno de los otros.

- El ensamblaje del centro del poste/carro es proporcionado con protecciones y escudos de seguridad.

- Opcional activación neumática, embragues de estilo de dientes podrían ser utilizados en el eje menor para permitir rodamiento libre de el molde araña en la estación de servicio. Los embragues pueden ser programados para liberación automática en la estación del operador o ellos pueden ser liberados manualmente por un interruptor en el podio del operador.

- Un ensamblaje opcional de un cuarto brazo/carro podría ser adicionado para incrementar las capacidades de producción y extender el control del

proceso. El poste central y el ensamblaje de anillo deslizante esta pre-cableado al gabinete de control maestro para cuatro carros.

ENSAMBLAJE DEL BRAZO DE ROTACION – Ingeniado para resistir el rigor del calentamiento y enfriamiento continuo demandado por el proceso. La aleación de acero del eje de la maquina soporta peso, con un estricto procedimiento de soldadura y muchos años de experiencia en vigas voladizas con cargas bajo un alto estrés, asegura confiabilidad y usos en tareas pesadas.

- Cada eje del brazo es rotado por un sistema marcha-motor inversor digital AC de frecuencia variable que provee velocidad y tasa de cambio controlada por computadora para el brazo (mayor) y el eje de rotación del plato base (menor). El sistema de conducción directa mantiene una rotación consistente para la duración del ciclo del horno, indexación y enfriamiento. Una función de rotación en reversa controlada por computadora durante el ciclo del horno es un estándar. Todos los motores de marcha están equipados con un elastómero flexible enganchado entre la caja de cambios y motor para proteger a ellos de un golpe de carga.

- Los frenos eléctricos de seguridad son proporcionados para los ejes de conducción mayor y menor. Los frenos son montados en la parte trasera del motor y automáticamente encajará en la perdida de potencia. Los frenos son aplicados en operación normal cuando el brazo para en la estación de servicio.

- Los inversores de conducción digital AC son utilizados para precisar control de velocidad para los ejes mayor y menor de la conducción del brazo. Los inversores de conducción proporcionan bajo ruido de conducción del

motor y un torque de inicio del 150% de la taza del motor, asegurando un suave inicio y poderoso impulso a baja velocidad. El uso de motores AC elimina los roces, por esta razón hace al sistema más confiable con un mínimo mantenimiento del motor.

- Los inversores de conducción digital AC son auto monitoreables para corriente, frecuencia y voltaje. La interfase digital y la computadora de la maquina en la tarjeta permitirá mostrar todas las fallas conducidas tan bien como mantiene un registro de fallas en la memoria de la computadora.

- La organización del inversor de conducción AC es realizado a través de un teclado digital de panel en la cara de la unidad. Las soluciones a los problemas de los inversores de conducción digital AC son manejadas a través de autodiagnósticos internos y pantallas en el administrador del sistema RotoCure 2000.

- Una cubierta de rodamiento de acero fundido equipada con rodillos esféricos de alta capacidad y rodamientos de bolas que soportan el brazo en el carro. El eje interior (eje mayor) rota en rodamientos de rodillos y rodamientos de bolas. El ensamblaje de la cabeza de la montura del molde esta equipada con estrechos rodillos de rodamientos para moldes de peso pesado proveyendo larga vida y facilidad de mantenimiento. Un gran diámetro en unos pocos equipos en el ensamblaje de cabezas proveen alta capacidad de rodamiento de carga para el eje menor. El eje mayor de conducción (principal soporte del peso) esta construido de una aleación de acero altamente tensa para resistir las altas capacidades de peso. Todas las alarmas están ingeniadas con un factor alto de seguridad para cargas dinámicas y choques de cargas.

- Cada brazo esta equipado con dos sensores de velocidad: uno para el eje mayor y el otro para el eje menor. El software de lazo cerrado coincide con la velocidad actual con el valor presente para asegurar una rotación consistente.
- Una leva ajustable es provista para permitir al brazo salir del enfriador en una posición programada para facilitar el servicio del molde.
- Todos los brazos Ferry ensamblados son equipados con la particular característica de aire interno para introducir gas inerte o inyección de aire en el molde, o para operaciones en aire transvector o drop-box. Sincronización de funciones para el aire interno es programado por computadora para el horno, estación intermedia o cámara de enfriamiento. Indicadores individuales de baja presión son proporcionados por cada brazo.
- El sistema de aire interno de FERRY usa articulaciones de giro salladas Deublin para rotación de pruebas de escape y un tubo de acero dedicado a través del ensamblaje del carro para eliminar agujeros. Anillos de silicón de alta temperatura de alta temperatura provee un sello en contra de las filtraciones en el ensamblaje de la cabeza.
- Opcionalmente disponible esta un brazo para compensar el ensamblaje que permite producción de partes grandes que pueden ser alojados en un ensamblaje de brazo recto. Cambiando un brazo de un brazo recto a uno de compensación es consumado fácilmente por el traslado de cuatro pestillos y desconectando las dos cadenas de conducción.

OPCIONES PARA AIRE INTERNO – Dos opciones son proporcionadas para realizar una introducción de aire interno al molde para máxima versatilidad.

1. Las características de aire interno de pasaje doble de FERRY proporciona dos pasillos de aire a través de cada brazo para permitir el uso de dos medios o dos presiones simultáneamente separadas. El software RotoCure 2000 System Manager permite programación independiente de cada pasaje in la estación del horno, estación intermedia y estación de enfriamiento. Presiones individuales altas y bajas e indicadores son proporcionados por cada brazo.
2. Fuentes múltiples de aire interno proveen dos o mas medios o presiones para el estándar de pasaje único que suministra a los brazos por el usar un colector de gases para entrada de gases o presiones diferentes. Cada medio es seleccionado y programado por el computador.

ENSAMBLAJE DEL HORNO – El diseño del horno de convección (flujo bajo) de respuesta única proporciona mucha turbulencia, alta velocidad, re-circulación del aire dentro del horno. Esta característica proporciona una acción de restriego al molde para eficiencia en la transferencia de calor y ha sido probada para decrementar el sobre tiempo de estancia en el horno. Adicionalmente, el exclusivo diseño del horno de convección de respuesta presenta el aire caliente de 90 grados al ensamblaje del brazo, reduciendo bastante el escudo de un molde a otro.

- El horno ROTOSPEED es modular en construcción para facilidad de envío y ensamblaje de campo. El techo y los paneles de la pared del horno están construidas de acero aluminizado para resistencia a la corrosión y son rellenos con aislantes térmicos de 5"/127mm.

- Los paneles de la puerta y el piso son llenados con aislante térmico de 4"/102mm. Las puertas cierran a un ángulo de 5° de la jamba de la puerta del horno para minimizar el desgaste del sello en contacto y para proporcionar un

sello positivo. Los sellos de bombillas de alta temperatura aseguran la junta de la puerta del horno.

- Todos los paneles del horno son manufacturados con articulaciones ínter bloqueadas las cuales son formadas con precisión creando maquinas que permitan el movimiento de las hojas metálicas durante la expansión y contracción del horno como su calentamiento y enfriamiento. El aislamiento térmico del horno no es combustible, es un fieltro de fibra mineral de 8-lb./ft³ que no contiene asbesto.

- Los marcos de las puertas del horno están montadas en un riel en “V” para eliminar el gran peso de carga y estrés adicional al horno. Los grandes diámetros de las ruedas con bolas de rodamiento aseguran ruedas de vida larga y bajo mantenimiento. Los equipos AC de frecuencia variable con controles de aceleración y desaceleración proporcionan suavidad y rápida apertura y cierre de la puerta para máxima eficiencia. Una cadena tensionadora en la pieza de la puerta asegura la tensión correcta en la cadena para alargar la vida útil.

- Una ranura de cierre en el horno es proporcionada por un escudo de calor de hoja metálica para cada ensamblaje del carro.

- Un damper controlado por computadora es proporcionado en la entrada del cono del ventilador de circulación para conservar calor cuando las puertas del horno estén abiertas. Un cilindro de aire montado externamente activa reumáticamente el damper del horno.

- Un ventilador de tapón inclinado hacia atrás de gran volumen proporciona alta velocidad de la circulación del aire en el horno. El impeler del ventilador es manufacturado de acero Corten para aplicaciones de alta

temperatura. Un disipador de calor es instalado en el eje del ventilador para prevenir conducción de calor a los rodamientos para asegurar mayor vida útil con mínimo mantenimiento.

- El tren de gas de FERRY es manufacturado para especificaciones IRI, utilizando un sistema quemador MAXON Oven-Pak con una proporción de rechazo de hasta 40:1 para operación eficiente del costo y recuperación rápida de calor. El quemador MAXON Oven-Pak incluye una combustión de golpe de aire con un impeler de rueda de remo no recargable mas un sistema de proporción de aire y gas. Solo requiere un sencillo ajuste ubicando el suministro de presión gas usando una conexión de prueba proporcionada en el quemador. Un motor modulador HONEYWELL controlado por computadora automáticamente opera la mezcla de aire/gas del sistema quemador MAXON Oven-Pak.

- El suministro de gas del quemador del horno es monitoreada por:
 - Seguridad de baja presión de gas
 - Seguridad de presión alta de gas
 - Sistema piloto separado con solenoide independiente y regulador de presión
 - Interruptores de prueba de combustión, ventilador extractor y circulación.
- Los interruptores de las válvulas de gas y presión son completamente pre-entubados y pre-cableados al soporte montado en el piso para facilitar la instalación inicial y operación amigable. La combustión, circulación y el ventilador extractor de gases son monitoreados por interruptores que prueban

la sensación de vacío/presión, las cuales apaga el sistema quemador del horno si un ventilador falla por operación.

- La temperatura del horno es programada en la interfase del operador en cuatro pasos de tiempo/temperatura para cada brazo. Un controlador de temperatura de enchufe individual con un lazo de control de temperatura P.I.D. de alta resolución que regula la temperatura del horno. La temperatura actual y programada del horno son digitalmente mostradas en el gabinete de control maestro.

- La medida de temperatura del horno es censada por una termocupla tipo "J" localizada en el pasaje de retorno de aire para una representación mas precisa de la actual cámara de calor del horno.

- Los argumentos de la temperatura del horno pueden ser accesados en la pantalla del computador o impresas de copias grabadas en el disco duro.

- Un ventilador de gases del cinturón de conducción cambió en 850°F (455°C) proporciona al horno gases no combustibles. Un damper de modulación es proporcionado en la tubería de gases del horno para minimizar perdida de calor a través de la chimenea de gases. El damper de gases del horno abre y cierra en proporciones directas para modulación del quemador asegurando a tales módulos del quemador para una posición de bajo fuego, para que el exceso de calor no sea eliminado del horno.

- Un registrador de temperatura opcionalmente para gráficos circulares esta disponible para registros permanentes y conveniencia del operador.

ESTACION INTERMEDIA – Proporcionada para gran flexibilidad en el proceso.

La estación intermedia es usada para reducir el tiempo de residencia en el horno y/o extender el tiempo de enfriamiento sin incrementar el tiempo total del ciclo.

- Una estación intermedia es proporcionada entre el horno y el enfriador para mejorar la versatilidad del proceso. Esta estación adicional permite a un brazo salir del horno si el brazo en el enfriador no ha completado su ciclo de enfriamiento, previniendo desperdicios de partes debido a sobre cocción. Las funciones de programación están provistas en el software RotoCure 2000 System Manager para permitir a un brazo habitar en esta estación para completar su ciclo (debido a la inercia termal) o al inicio de un ciclo de enfriamiento.
- La estación intermedia puede ser usada como una estación de pre-enfriamiento si son añadidos ventiladores adicionales. La operación del ventilador es entonces controlada por computadora desde el RotoCure 2000 System Manager.
- En esta estación de enfriamiento se proporciona un extra tiempo de enfriamiento sin incrementar el tiempo de ciclo total para asegurar la calidad del producto y estabilidad dimensional.
- Una cámara opcional de enfriamiento con ventiladores y roceadores de agua puede ser instalada en la estación intermedia. El software RotoCure 2000 System Manager controlara las funciones del ventilador y agua separadamente.
- Un podio opcional del operador puede ser adicionado a la estación intermedia si el control manual es requerido para parar la rotación para permitir la eliminación de los tubos de respiradero o insertos de moldes.

CAMARA DE ENFRIAMIENTO – Proporcionado para operación eficiente y vida extendida. Las características de los enfriadores ROTOSPEED son la alta velocidad de los ventiladores y los rociadores de neblina para agua.

- La cámara de enfriamiento de FERRY ROTOSPEED tiene un modulo aislado construido de miembros de estructuras pintadas con alta calidad, los paneles de la pared están pintados con epoxi para resistencia a la corrosión. Una bandeja contenedora de acero inoxidable es proporcionada para contener agua que sale del sistema de rocío de agua. Conexiones de desagüe son construidas en la bandeja contenedora.
- Las cámaras de enfriamiento para el RS-120, RS-160, RS-200 son embarcadas totalmente ensambladas (menos las puertas).
- Programas de enfriamiento controlados por computadora incluyen una selección de aire forzado y neblina de agua. Pasos múltiples de enfriamiento están proporcionados para permitir a los ventiladores y al agua ser encendidos y apagados numerosas veces. El aire interno puede ser programado por esta estación para ayudar a prevenir combaduras de partes cuando ellas se enfrían.
- El estilo de los ventiladores extractores de gases de tubo axial de alto volumen son suministrados para evacuar calor y vapor de la cámara de enfriamiento.
- Los ventiladores de tubo axial que combinan alto volumen con una presión estática alta para generar un máximo aire de afectación sobre la superficie del molde que proporciona mejoras en la eficiencia d enfriamiento. El motor, e cinturón de conducción y los rodamientos están aislados del vapor

del aire para alargar su vida útil y darle mínimo mantenimiento. El aluminio, las hojas resistentes a chispas son equilibradas con precisión.

- La configuración del ventilador de enfriamiento, como estándar, arrastra aire en el enfriador desde el espacio de la fábrica. Debido al diseño interno del ventilador, estos ventiladores de tubo axial pueden alojar tuberías de aire exterior en la cámara de enfriamiento sin modificaciones. Cámaras de mezcla opcionales pueden ser añadidas para permitir mezclas controladas manual o automáticamente del exterior y el aire de enfriamiento interior a la planta.

- Las puertas de la cámara de enfriamiento opcionales pueden ser energizadas por equipos motores de frecuencia variable AC para rapidez y suavidad en la apertura y cierre.

- Esta disponible opcionalmente la recirculación del agua. El acero inoxidable puesto por los suelos será usado como reservorio. Solo una bomba de agua será cíclica cuando el agua sea requerida.

ESTACIONES DE SERVICIO – Dos estaciones de servicio son proporcionadas como estándar para permitir máxima flexibilidad y eficiencia para el operador de la maquina y para ayudar a prevenir retardos en el seguimiento de los brazos.

- Cada estación de servicio tiene un podio de operador separado para controlar el posicionamiento del brazo para conveniencia del operador.

- Los podios están alambrados para permitir total independencia de las funciones base en una sola estación.

- Cada podio esta equipado con un pulsador de parada de emergencia.

-

CONTROLES

Los CONTROLES – RotoCure 2000 System Manager – El sistema de operación basado en Windows proporciona un fácil uso, un software de menú conducido por:

- Parámetros de proceso independientes para programación de cada uno de los brazos en la maquina.
 - Almacenaje y recuperación de recetas
 - Monitorización de fallas, solución de problemas y mantenimiento de maquinas.
 - Tendencia de la temperatura en el horno.
 - Instrucciones de operación.
 - Gestión de producción.
- El RotoCure 2000 System Manager incluye un monitor a color SVGA de 14" (355mm) equipado con un tamaño completo, teclado de membrana para interfase del operador.
 - Una computadora industrial con un procesador Intel de 133Mhz, disco duro de 200Mb (mínimo) para grabar y almacenar los datos completados para estudios posteriores y para solucionar los problemas del proceso.

GABINETE DE CONTROL ELECRICO MAESTRO – El maquina ROTOSPEED esta equipada con un panel de control maestro sin fijación cerrado al polvo para adjuntar toda la instrumentación electrónica, incluyendo controles de temperatura, equipos de seguridad para fuego, controles de motor y el controlador lógico programable que secuencia la maquina.

- Gabinete de control NEMA tipo 12

- El panel de control es enfriado internamente por un acondicionador de aire de 4000 BTU.
- Un PLC GE 90/30 es usado para manejar todas las funciones de la maquina. El PLC más popular en la línea GE, el PLC 90/30, esta de la mejor forma disponible en todo el mundo.
- Los breakers del circuito son utilizados mejor que los fusibles siendo práctico para conveniencia de mantenimiento.
- Contadores de equilibrio son proporcionados para indicar condiciones fuera de equilibrio en el brazo. Seleccionable por un interruptor de cuatro posiciones para juntos al mayor (brazo) y menor (placa) los contadores de equilibrio reducirán dramáticamente el tiempo requerido para los cambios de molde.
- Las provisiones son incluidas separadamente en el panel para energizar los equipos en la segunda estación de servicio para el equilibrio de los brazos.
- Un interruptor es proporcionado para prevenir accesos sin autorización al procesamiento de los datos.
- Un sobredimensionado pulsador de parada de emergencia en forma de hongo es proporcionado para consideraciones de seguridad.

ROTOCURE 2000 SYSTEM MANAGER

Las máquinas de moldeo rotacional FERRY RotoSpeed están equipadas con el sistema de control mas flexible que es ofrecida para la industria para asegurar eficiencia de producción máxima. Las máquinas de moldeo rotacional se caracterizan en un paquete de control que verdaderamente mejora tu sistema de moldeo rotacional automática retroalimentación de la información de producción.

El RotoCure 2000 System Manager, el cual es un equipo estándar en las máquinas de carrusel RotoSpeed, proveyendo un paquete que incluye todos las variables requeridas para control de proceso preciso, reunión de datos y capacidades de almacenamiento para tendencias de proceso, monitorización y registro de fallas de la máquina, y manejo de datos de producción.

El RotoCure 2000 System Manager fue diseñado para diseccionar todos los requerimientos de tu moldeo rotacional. Los operadores de la máquina aprecian cuan fácil es programar las variables del proceso vía la conducción de menús basado en Windows-NT, pantalla a full color que presenta el establecimiento completo del horno y el ciclo de enfriamiento para su conveniencia. Para asegurar que las partes estén corriendo consistentemente, las tendencias de las pantallas de control pueden causar variables en tu proceso. Adicionalmente, las pantallas automáticamente controlan y almacenan los datos de producción, rendimiento de la máquina y eficiencia del operador.

Las características del RotoCure 2000 System Manager están en un muy sofisticado programa de autodiagnóstico que monitorea las operaciones de la máquina, reportes de máquina y problemas de operador de la máquina. Las fallas son mostradas a lo

largo en las pantallas con acciones de recuperación requeridas para reducir dramáticamente caídas de tiempo e ineficiencias.

El RotoCure 2000 System Manager incluye hardware y software de trabajo en red para convenientemente unir a un computador de oficina remoto. Esta capacidad revolucionaria permitirá inmediato acceso a informaciones vitales requeridas para valoración precisa de las eficiencias del moldeo. El personal de oficina tendrá la capacidad de monitorear la operación de la máquina tan bien como el rendimiento del operador.

El RotoCure 2000 System Manager consiste de dos módulos distintos de software para máxima flexibilidad y versatilidad. Estos módulos son completamente independientes el uno del otro.

PERSPECTIVA DEL ROTOCURE 2000 SYSTEM MANAGER

Los cuatros distintos bloques de software en el RotoCure 2000 System Manager consisten en:

ADMINISTRADOR DE PROCESO

El extremadamente versátil control de proceso caracteriza una programación de pasos múltiples en cada estación de la maquina. Los controles digitales ofrecen administración precisa de cada variable en el proceso de moldeo. Almacenamiento virtualmente sin límites con edición fuera de línea para máxima flexibilidad.

Cuando el ciclo apropiado es determinado para un específico producto, la receta puede ser guardada en la memoria de la computadora para volver a buscarla después para asegurar consistencia en el proceso de moldeo. Un total de 9999 recetas pueden ser guardadas para almacenaren el disco duro en la tarjeta de la computadora.

REPRESENTACION DEL PROCESO

La colección continua del proceso y datos de operaciones de la maquina para estudios analíticos de eficiencia de producción y operaciones de la maquina. Los datos reunidos incluyen temperatura del horno y velocidades de rotación menor y mayor. Los reportes generados pueden identificar ubicaciones históricas y las tendencias que se pueden desarrollar a través de cambios en el tiempo de ciclo del horno. Los datos opcionales que pueden ser reunidos incluyen temperatura de ambiente, temperaturas para diferentes localidades dentro del horno, temperaturas de partes descargadas u otras informaciones estimadas valiosas para el molde.

La habilidad de la computadora de la maquina para monitorear y almacenar el perfil de temperatura del horno mejorara las capacidades de moldeo por históricamente registrar los argumentos de la temperatura al disco duro para futuros estudios. Los

datos guardados pueden ser usados para ayudar a determinar los ajustes de ciclo futuros para incrementar la producción y el decremento de desperdicios.

MANTENIMIENTO Y MONITOREAJE DE FALLAS EN LA MAQUINA

El automático autodiagnóstico que identifica las fallas de la maquina y remedia acciones. Mostrado en un monitor a full color, un diagrama de bloques del área de la falla mostrara gráficamente tan bien como escrita, la falla, los síntomas e identificar las áreas de problemas para rápida solución a ellos. El horno tiene 125 diferentes funciones de maquina que serán identificadas y constantemente monitoreadas. El manual de la maquina esta incluido en el software, por lo que no puede perderse.

La pantalla muestra los mensajes de falla activos y los síntomas, los cuales explican que lo que esta ocurriendo con la máquina. Las posibles causas son identificadas para dar al operador una acción que ellos puedan llevar a cabo para tener la maquina corriendo normalmente en la mínima cantidad de tiempo.

ADMINISTRACION DE DATOS DE PRODUCCION

Los registros mantienen identificadores del molde, cantidades de producción, uso de material, causas de desperdicios y tipos d desperdicios. Automáticamente generara reportes para ser presentados en la pantalla o enviados a una impresora para una copia.

Los reportes que pueden ser accesados son producción, desperdicios, cambios, fallas y consumo de materiales. Algún reporte puede ser especificado por localización en la planta, grupos de maquina, tamaño de maquina, numero de maquina, turno u operador.

ANEXO C

**Fotos, Diagramas y Simulaciones de la
Fuente de Conmutación en Pspice**

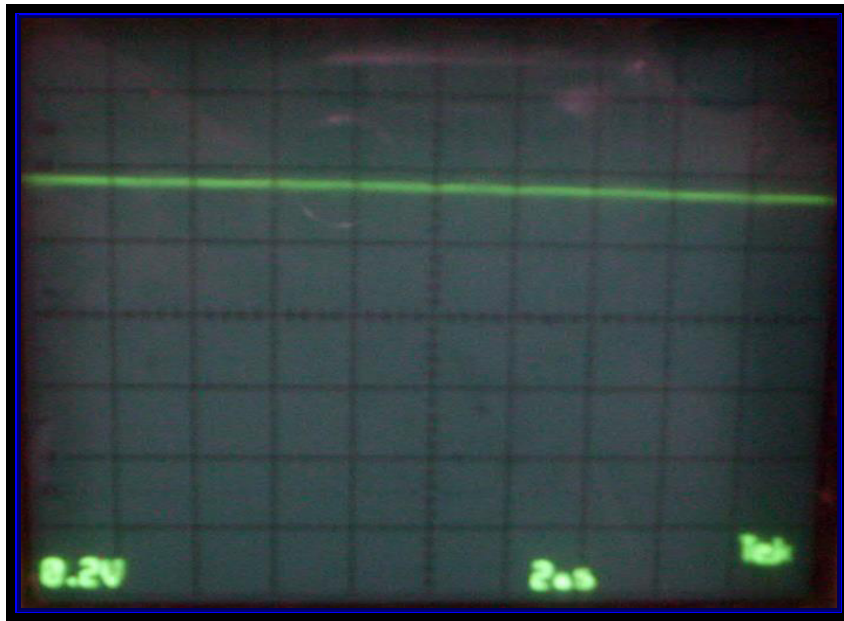


Foto 1.- Voltaje de Salida de 5V con carga



Foto 2.- Voltaje de Salida de 12 V, con carga

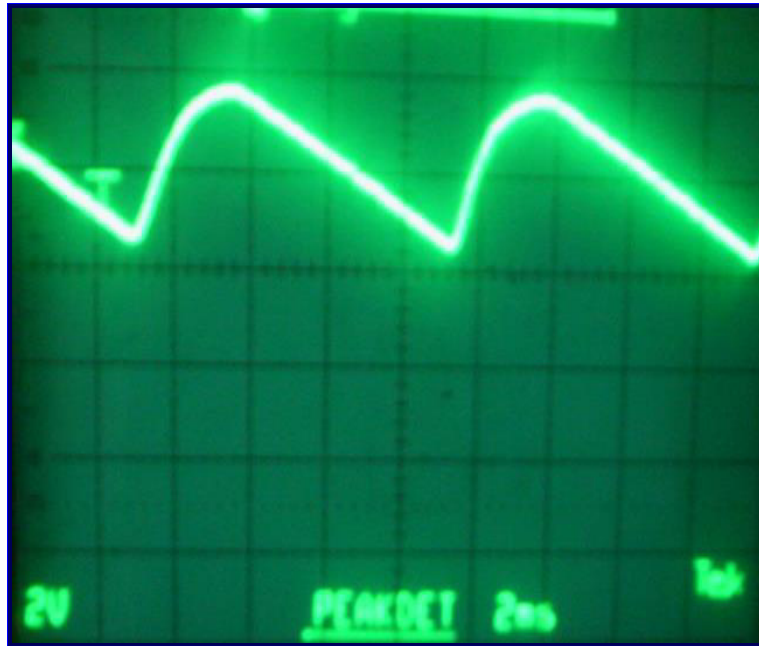


Foto 3.- Voltaje de rizado a la salida del puente rectificador.

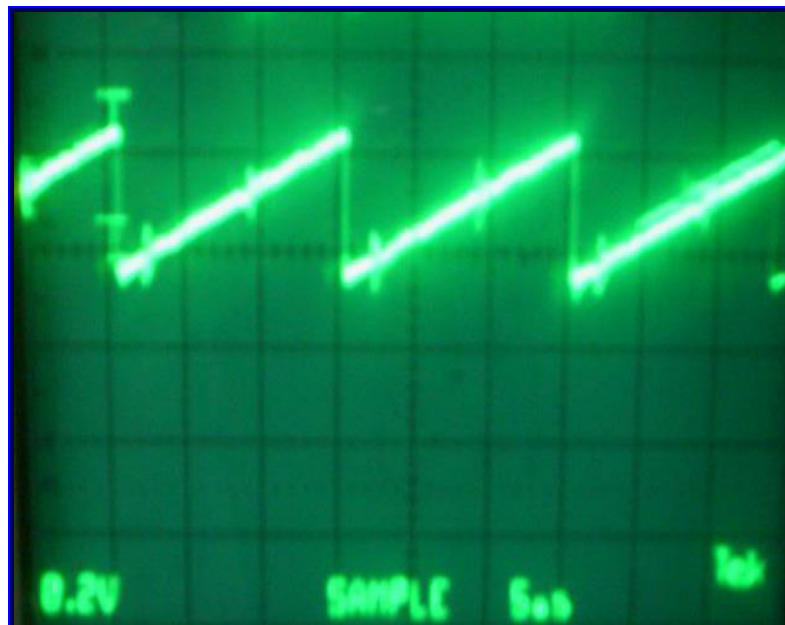


Foto 4.- Grafica del PIN 5 del integrado TL494

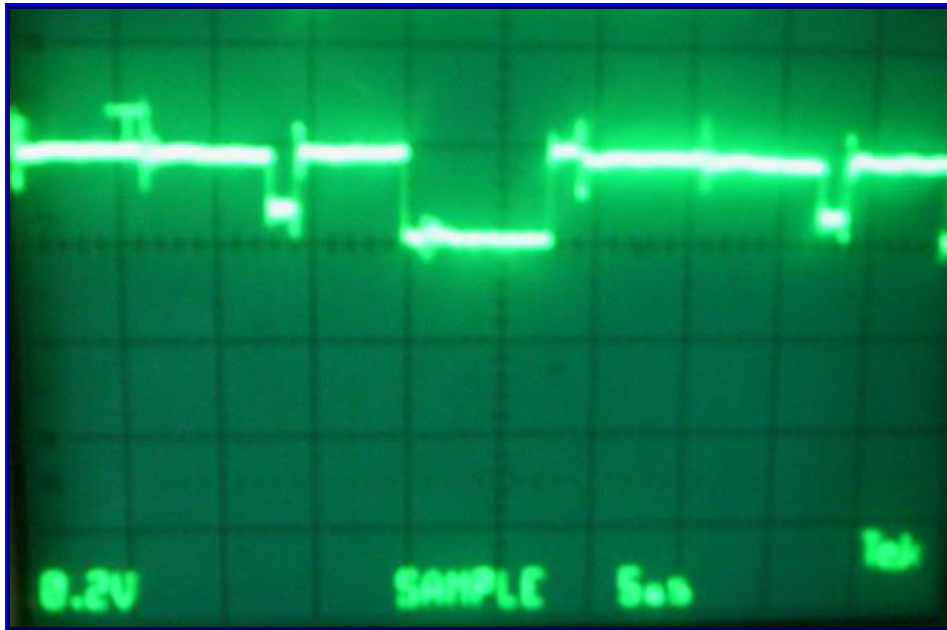


Foto 5.- Grafico del PIN 8 del integrado TL494

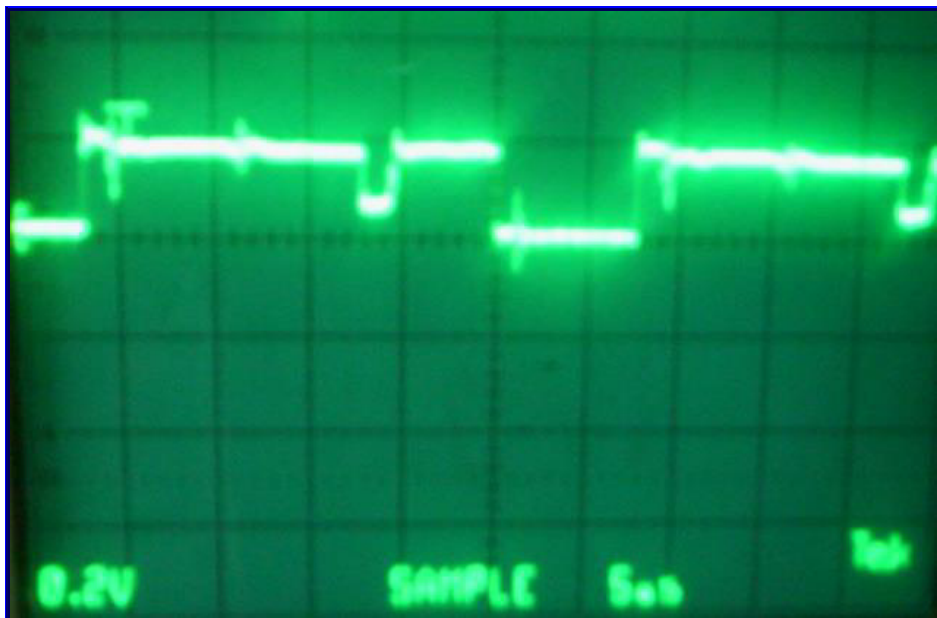


Foto 6.- Grafico del PIN 11 del integrado TL494

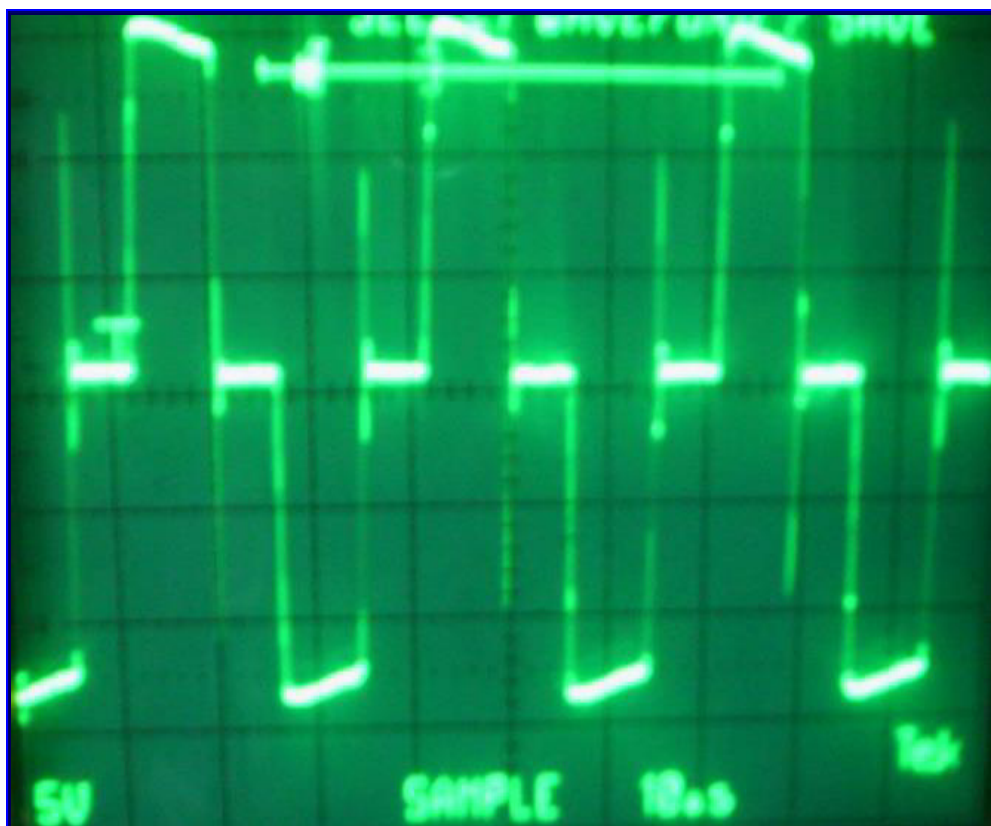


Foto 7.- Grafico del voltaje primario del transformador en el Convertidor de Alta Frecuencia.

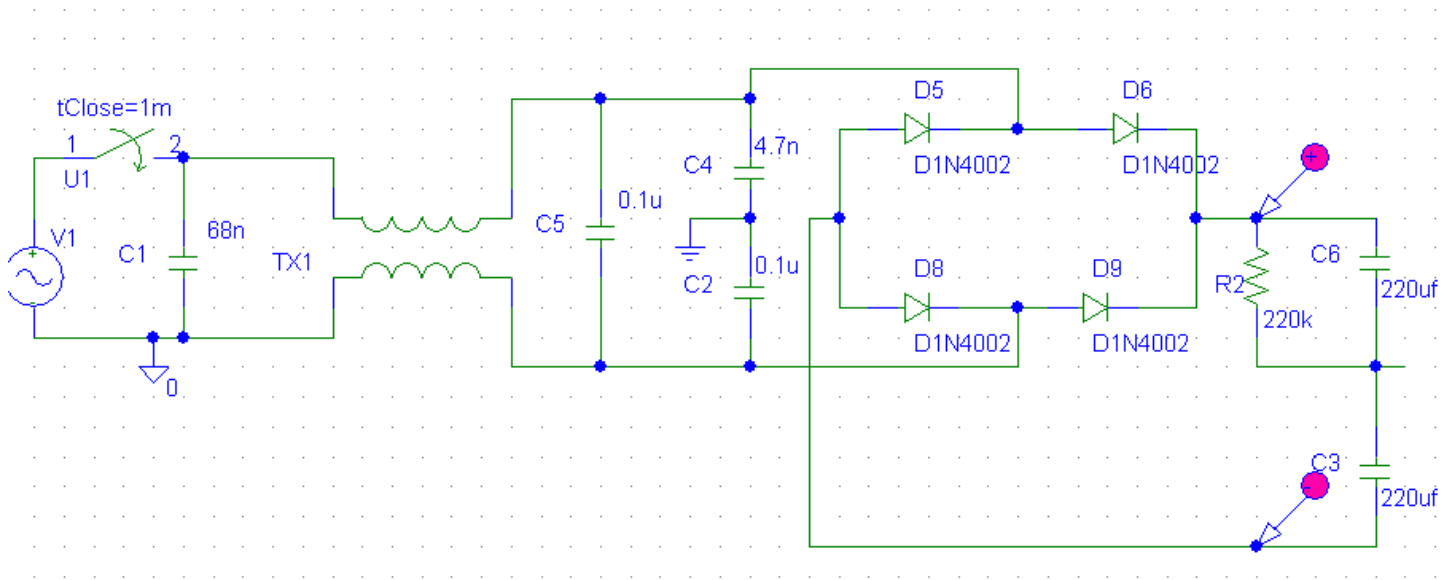


Figura 1. Esquemático del Rectificador y Filtro de Entrada.

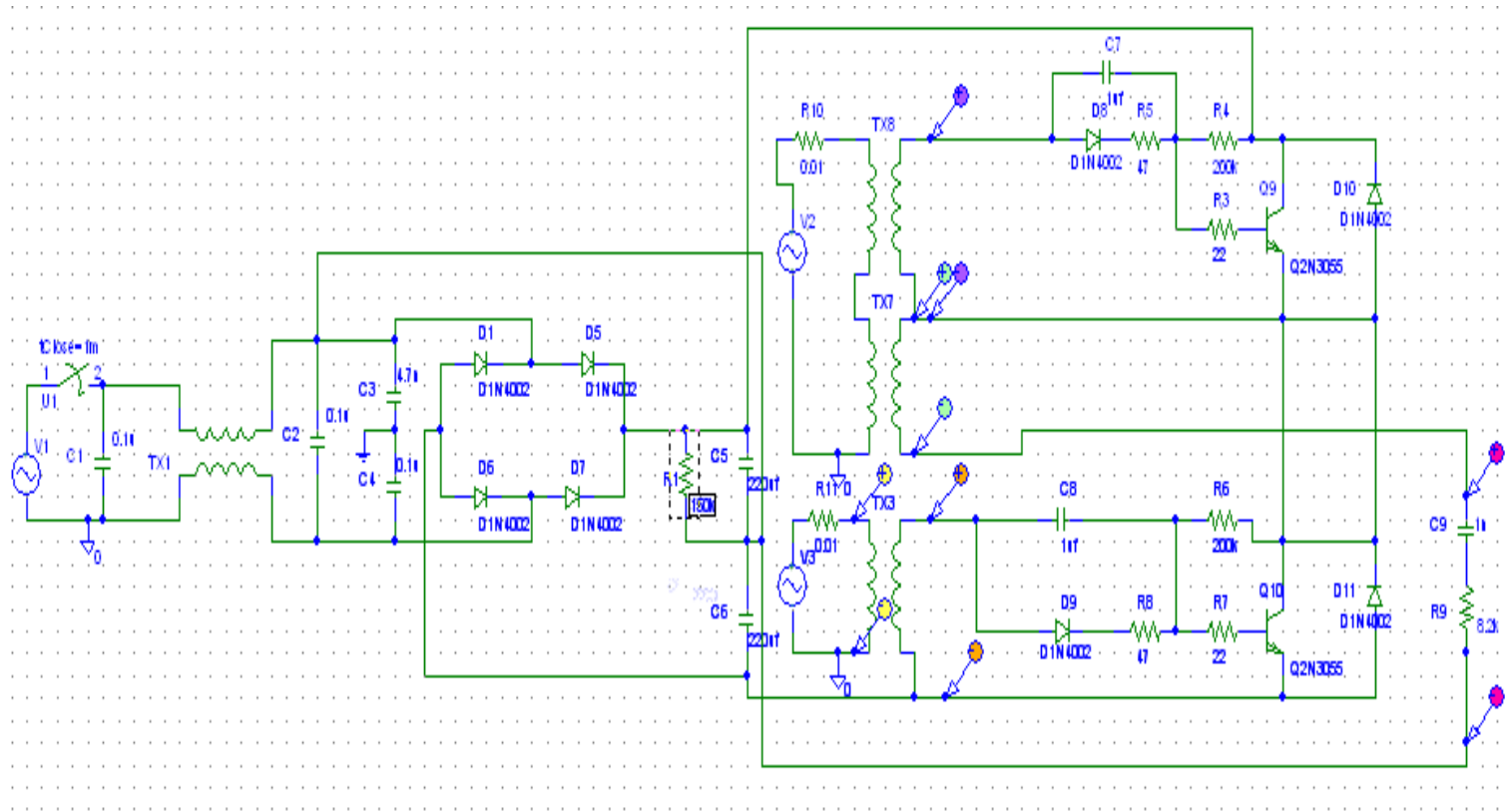


Figura. 2. Esquemático de la Etapa de Rectificación y Filtro de Entrada y de la Etapa de Convertidor de Alta Frecuencia

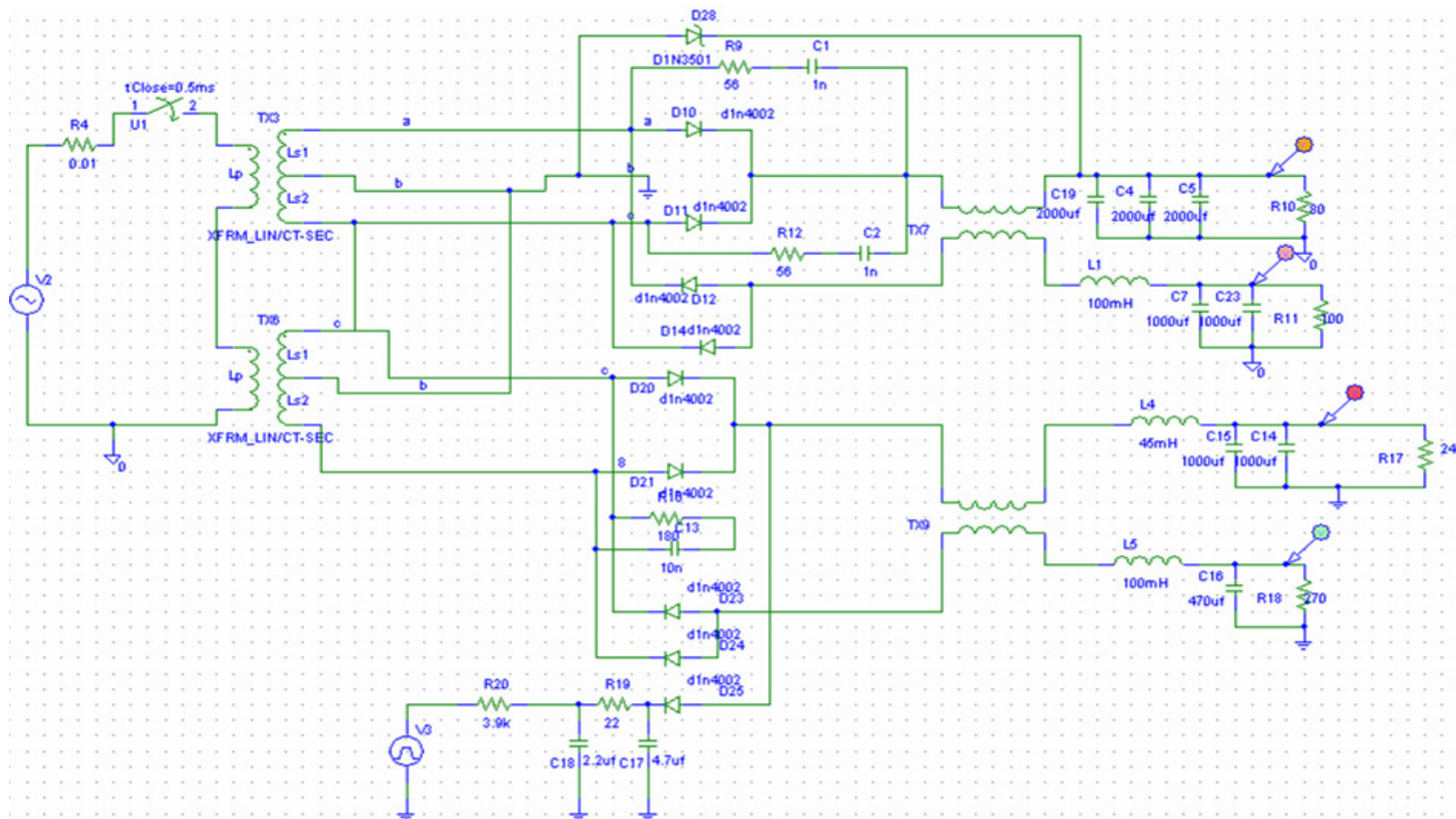


Figura. 4. Esquemático de la Etapa de Rectificación y Filtro de Salida.

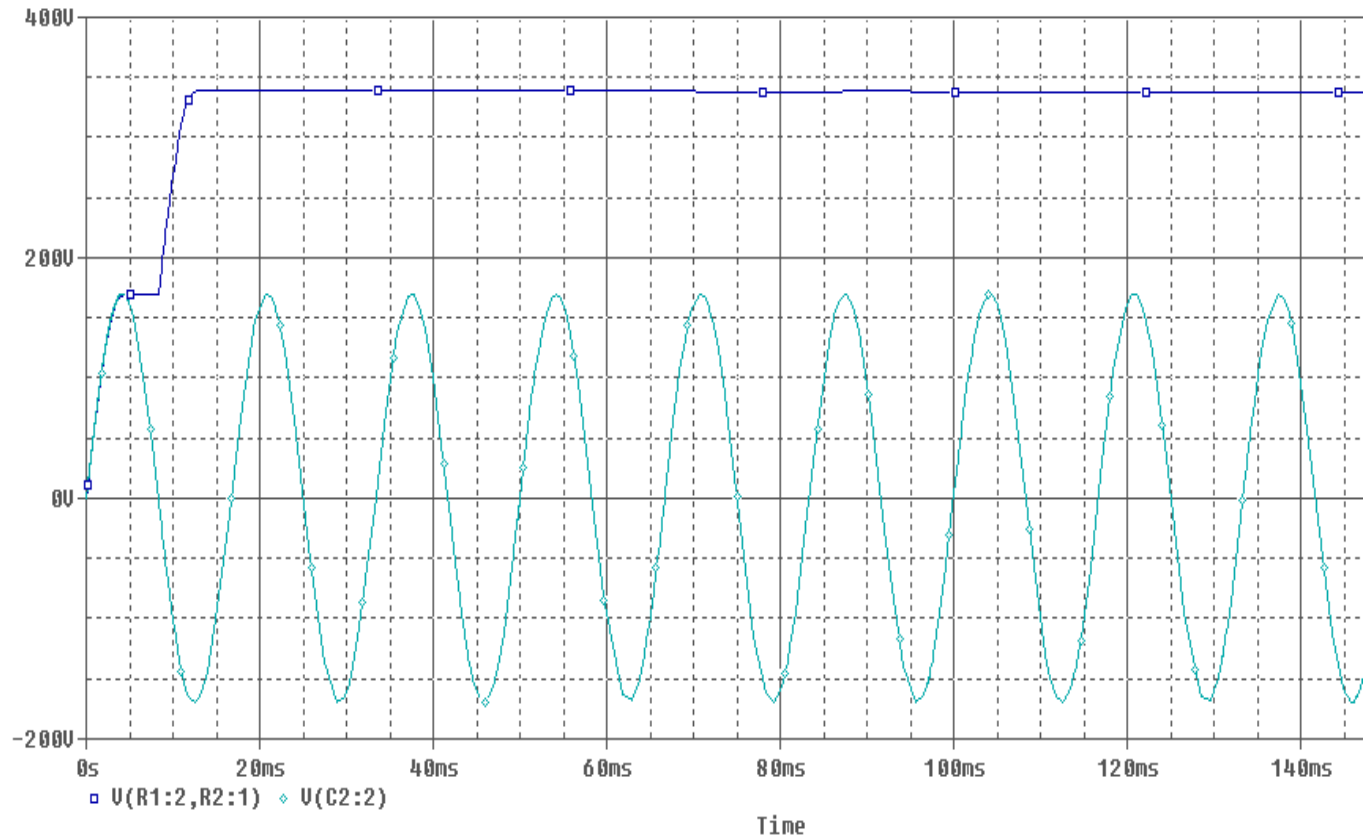


Figura. 5. Grafica del Voltaje de Entrada y del Voltaje a la Salida del Puente Rectificador en la Etapa de Rectificación y Filtro de Entrada

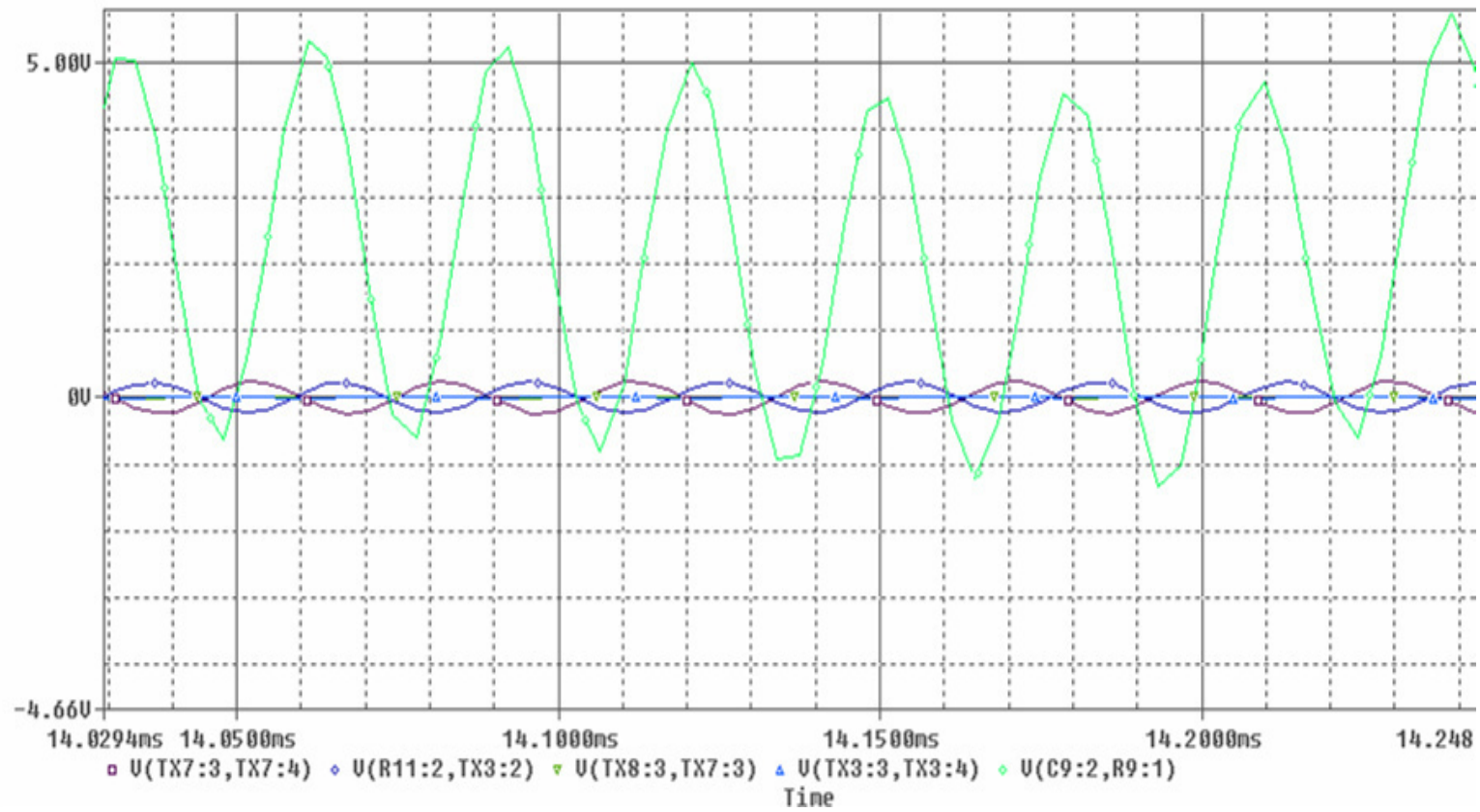


Figura 6. Grafica del Voltaje Primario del Transformador en la Etapa del Convertidor de Alta Frecuencia

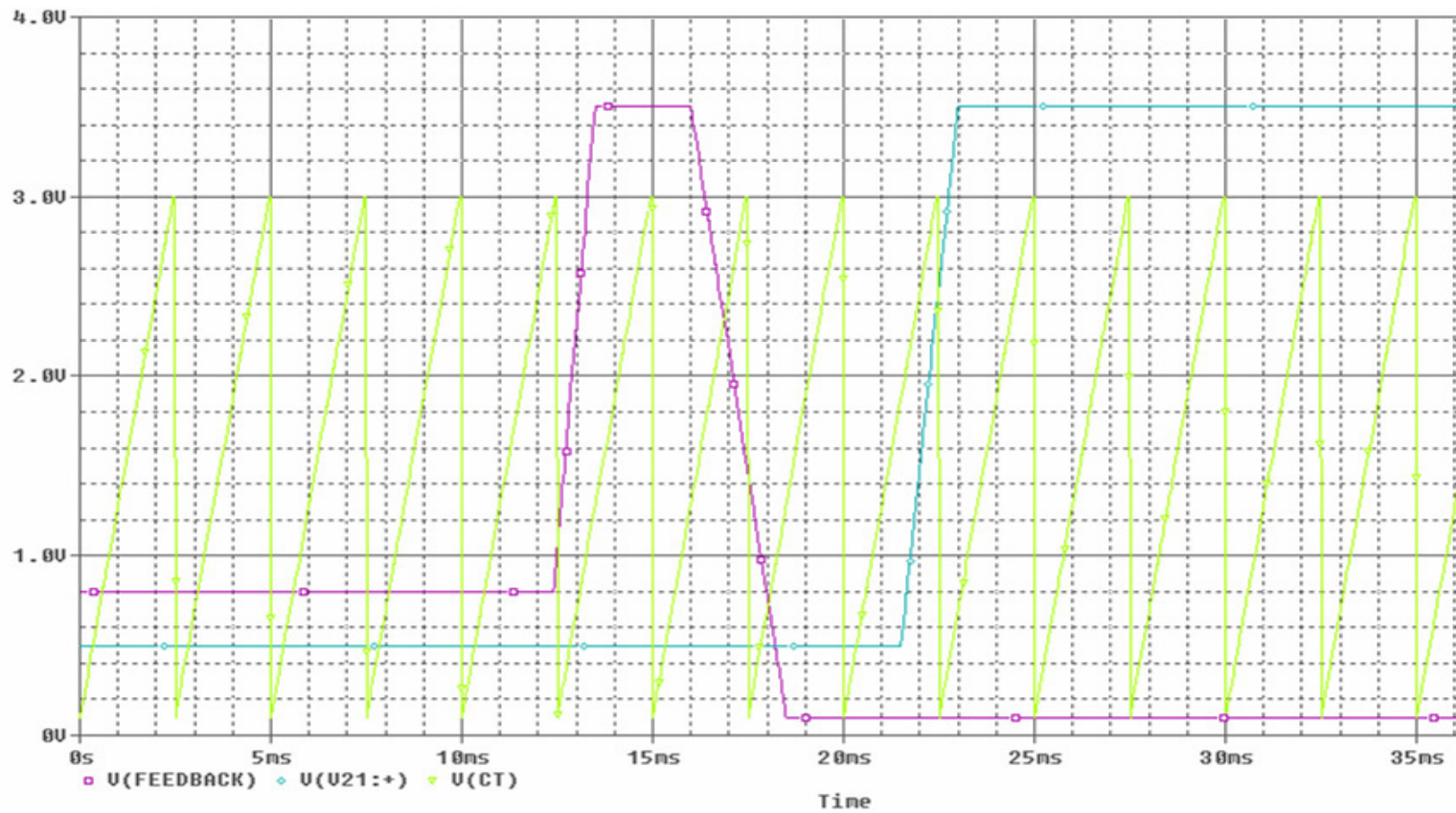


Figura. 7. Grafica del Voltaje en el Pin 3, Pin 4 y Pin 5 del TL494 en la Etapa del Controlador

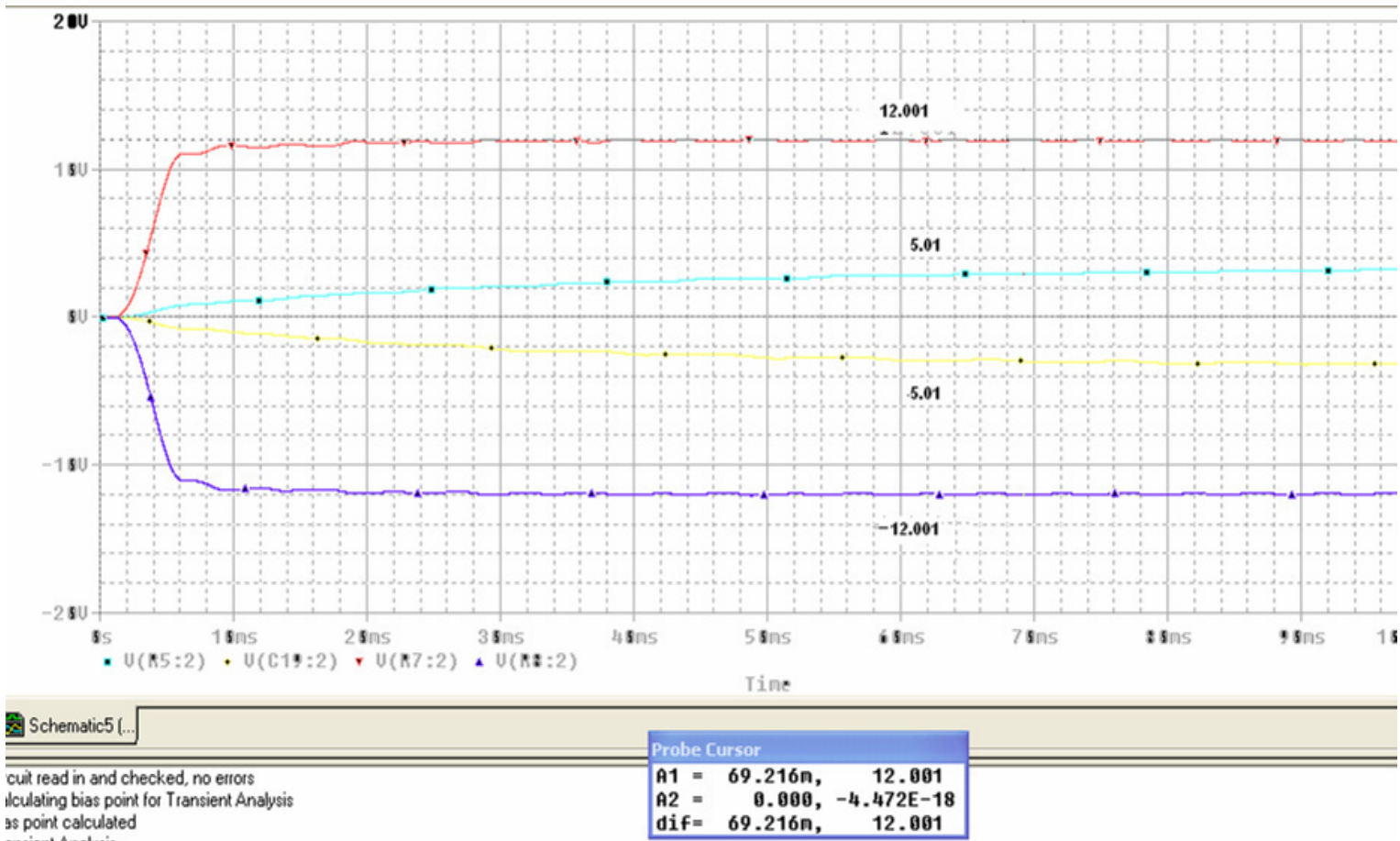


Figura. 8. Grafica de los Voltaje de Salida de +5V, +12V, -5V, y -12V en la Etapa de Rectificación y Filtro de Salida.

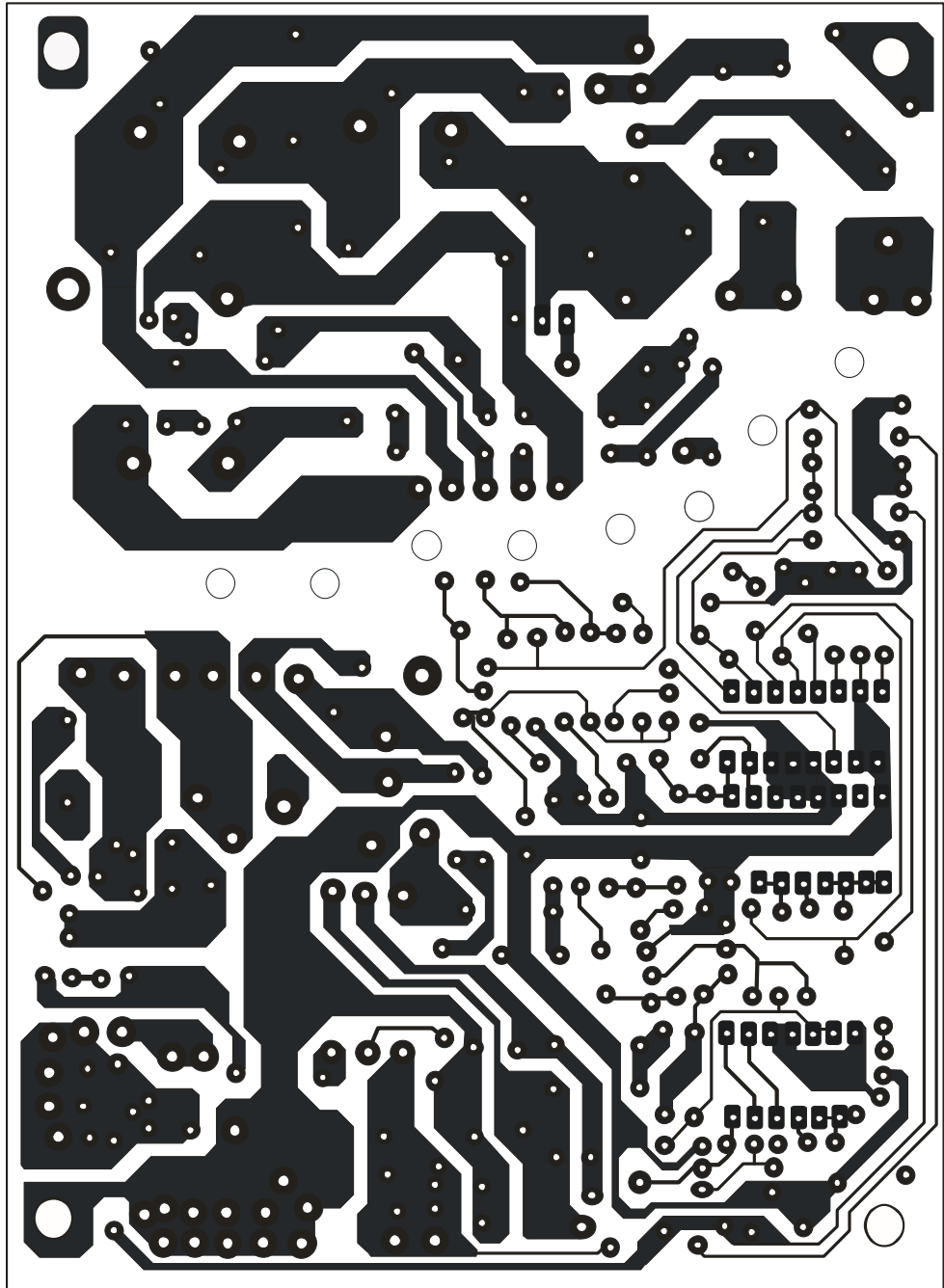
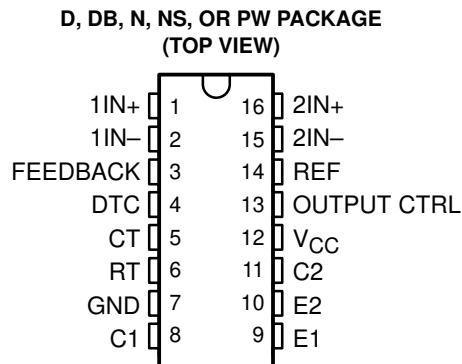


Figura 10. Vista Inferior del Circuito Impreso de la fuente

- Complete PWM Power-Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for 200-mA Sink or Source Current
- Output Control Selects Single-Ended or Push-Pull Operation
- Internal Circuitry Prohibits Double Pulse at Either Output
- Variable Dead Time Provides Control Over Total Range
- Internal Regulator Provides a Stable 5-V Reference Supply With 5% Tolerance
- Circuit Architecture Allows Easy Synchronization



description

The TL494 incorporates all the functions required in the construction of a pulse-width-modulation (PWM) control circuit on a single chip. Designed primarily for power-supply control, this device offers the flexibility to tailor the power-supply control circuitry to a specific application.

The TL494 contains two error amplifiers, an on-chip adjustable oscillator, a dead-time control (DTC) comparator, a pulse-steering control flip-flop, a 5-V, 5%-precision regulator, and output-control circuits.

The error amplifiers exhibit a common-mode voltage range from -0.3 V to $V_{CC} - 2\text{ V}$. The dead-time control comparator has a fixed offset that provides approximately 5% dead time. The on-chip oscillator can be bypassed by terminating RT to the reference output and providing a sawtooth input to CT, or it can drive the common circuits in synchronous multiple-rail power supplies.

The uncommitted output transistors provide either common-emitter or emitter-follower output capability. The TL494 provides for push-pull or single-ended output operation, which can be selected through the output-control function. The architecture of this device prohibits the possibility of either output being pulsed twice during push-pull operation.

The TL494C is characterized for operation from 0°C to 70°C . The TL494I is characterized for operation from -40°C to 85°C .

AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES				
	SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (N)	SMALL OUTLINE (NS)	SHRINK SMALL OUTLINE (DB)	THIN SHRINK SMALL OUTLINE (PW)
0°C to 70°C	TL494CD	TL494CN	TL494CNS	TL494CDB	TL494CPW
-40°C to 85°C	TL494ID	TL494IN	—	—	—

The D, DB, NS, and PW packages are available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL494CDR).



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

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

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

TL494

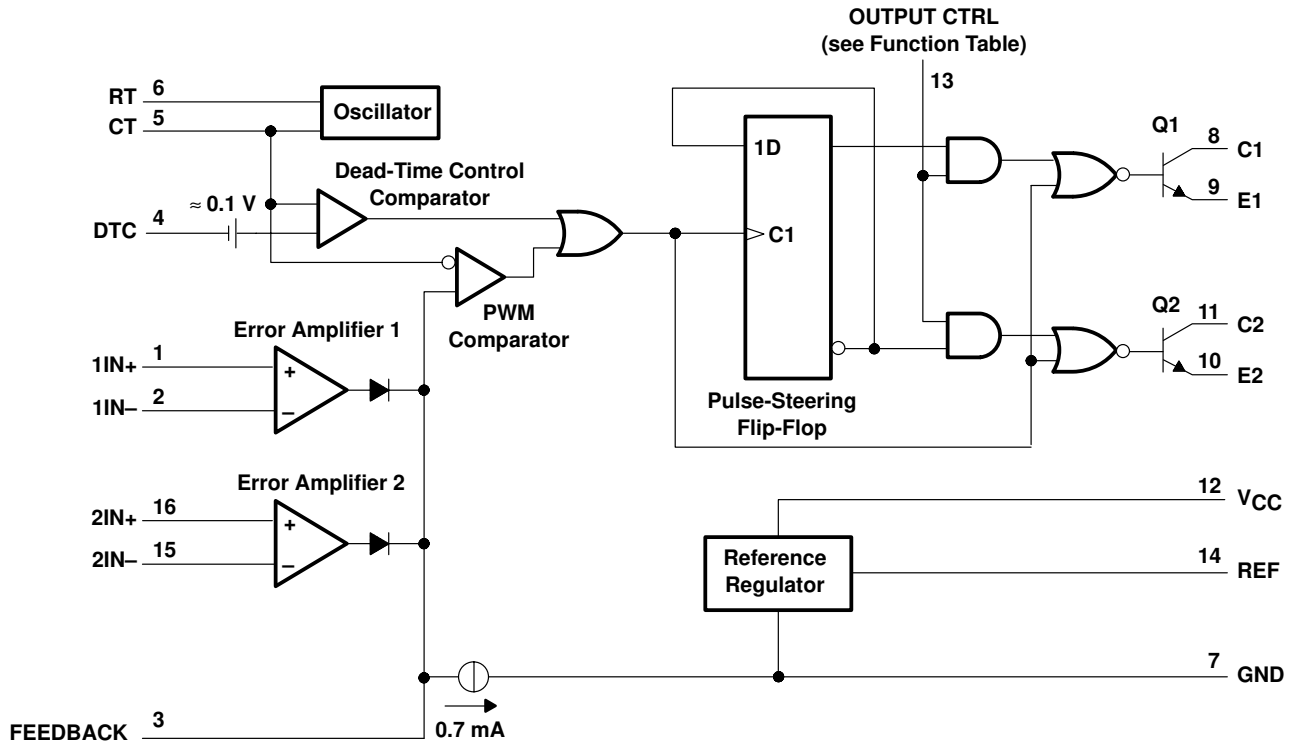
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

FUNCTION TABLE

INPUT TO OUTPUT CTRL	OUTPUT FUNCTION
$V_I = \text{GND}$	Single-ended or parallel output
$V_I = V_{\text{ref}}$	Normal push-pull operation

functional block diagram



TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	41 V	
Amplifier input voltage, V_I	$V_{CC} + 0.3$ V	
Collector output voltage, V_O	41 V	
Collector output current, I_O	250 mA	
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2 and 3):	D package	73°C/W
	DB package	82°C/W
	N package	67°C/W
	NS package	64°C/W
	PW package	108°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C	
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°C	

† Stresses beyond those listed under “absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.
 2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V_{CC}	Supply voltage	7	40	V	
V_I	Amplifier input voltage	–0.3	$V_{CC} - 2$	V	
V_O	Collector output voltage		40	V	
	Collector output current (each transistor)		200	mA	
	Current into feedback terminal		0.3	mA	
f_{osc}	Oscillator frequency	1	300	kHz	
C_T	Timing capacitor	0.47	10000	nF	
R_T	Timing resistor	1.8	500	k Ω	
T_A	Operating free-air temperature	TL494C	0	70	°C
		TL494I	–40	85	



TL494

PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

reference section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Output voltage (REF)	$I_O = 1\text{ mA}$	4.75	5	5.25	V
Input regulation	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		2	25	mV
Output regulation	$I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$		1	15	mV
Output voltage change with temperature	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$		2	10	mV/V
Short-circuit output current§	REF = 0 V		25		mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Duration of the short circuit should not exceed one second.

oscillator section, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of frequency¶	All values of V_{CC} , C_T , R_T , and T_A constant		100		Hz/kHz
Frequency change with voltage	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		1		Hz/kHz
Frequency change with temperature#	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$			10	Hz/kHz

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

¶ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Temperature coefficient of timing capacitor and timing resistor are not taken into account.

error-amplifier section (see Figure 2)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Input offset voltage	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		2	10	mV
Input offset current	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		25	250	nA
Input bias current	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		0.2	1	μA
Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$	-0.3 to $V_{CC}-2$			V
Open-loop voltage amplification	$\Delta V_O = 3\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$, $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$	70	95		dB
Unity-gain bandwidth	$V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$		800		kHz
Common-mode rejection ratio	$\Delta V_O = 40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	65	80		dB
Output sink current (FEEDBACK)	$V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$, $V (\text{FEEDBACK}) = 0.7\text{ V}$	0.3	0.7		mA
Output source current (FEEDBACK)	$V_{ID} = 15\text{ mV to }5\text{ V}$, $V (\text{FEEDBACK}) = 3.5\text{ V}$	-2			mA

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.



electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

output section

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Collector off-state current	$V_{CE} = 40\text{ V}$, $V_{CC} = 40\text{ V}$		2	100	μA
Emitter off-state current	$V_{CC} = V_C = 40\text{ V}$, $V_E = 0$			-100	μA
Collector-emitter saturation voltage	Common emitter $V_E = 0$, $I_C = 200\text{ mA}$		1.1	1.3	V
	Emitter follower $V_{O(C1\text{ or }C2)} = 15\text{ V}$, $I_E = -200\text{ mA}$		1.5	2.5	
Output control input current	$V_I = V_{ref}$			3.5	mA

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

dead-time control section (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Input bias current (DEAD-TIME CTRL)	$V_I = 0\text{ to }5.25\text{ V}$		-2	-10	μA
Maximum duty cycle, each output	V_I (DEAD-TIME CTRL) = 0, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$		45%		
Input threshold voltage (DEAD-TIME CTRL)	Zero duty cycle		3	3.3	V
	Maximum duty cycle		0		

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

PWM comparator section (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Input threshold voltage (FEEDBACK)	Zero duty cycle		4	4.5	V
Input sink current (FEEDBACK)	V (FEEDBACK) = 0.7 V	0.3	0.7		mA

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

total device

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Standby supply current	$R_T = V_{ref}$, All other inputs and outputs open	$V_{CC} = 15\text{ V}$	6	10	mA
		$V_{CC} = 40\text{ V}$	9	15	
Average supply current	V_I (DEAD-TIME CTRL) = 2 V, See Figure 1		7.5		mA

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

switching characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Rise time	Common-emitter configuration, See Figure 3		100	200	ns
Fall time			25	100	
Rise time	Emitter-follower configuration, See Figure 4		100	200	ns
Fall time			40	100	

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

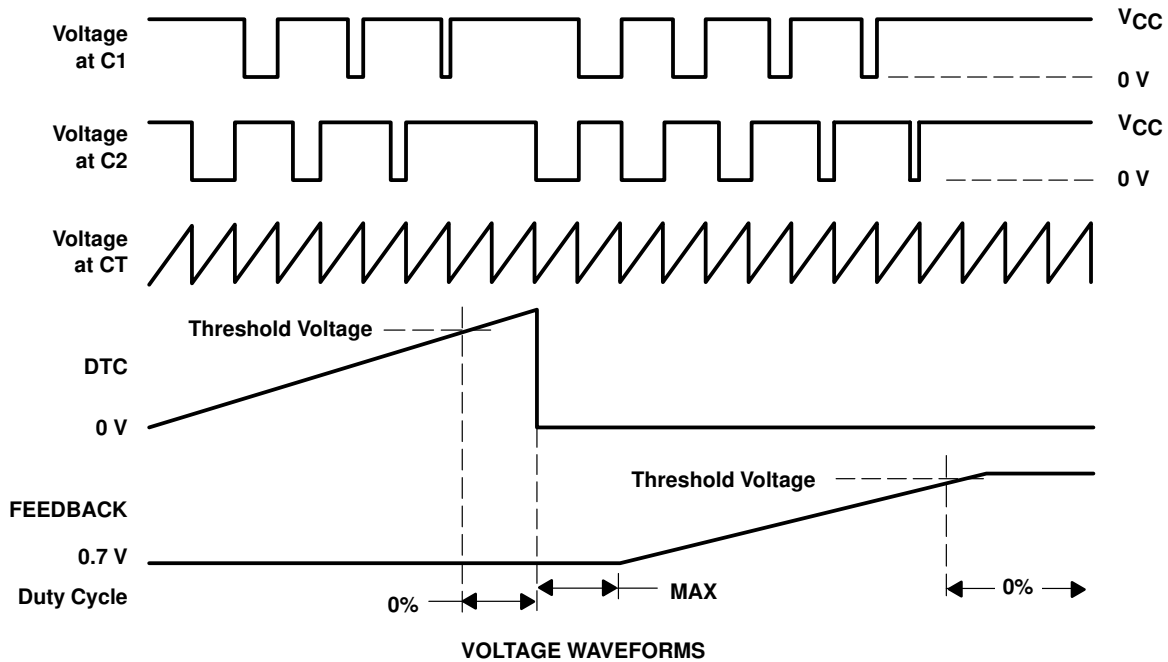
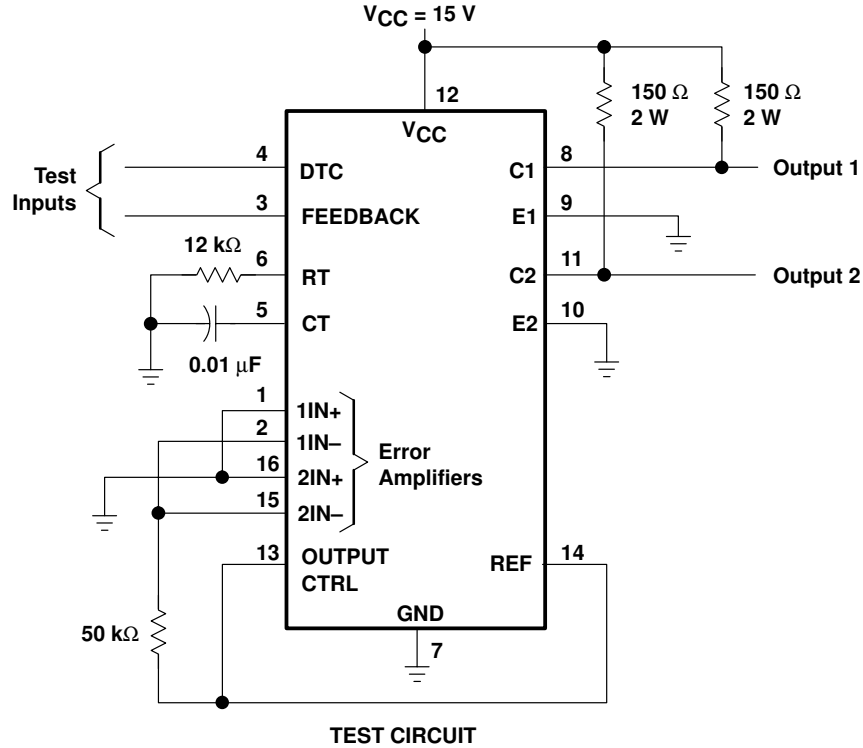


Figure 1. Operational Test Circuit and Waveforms

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

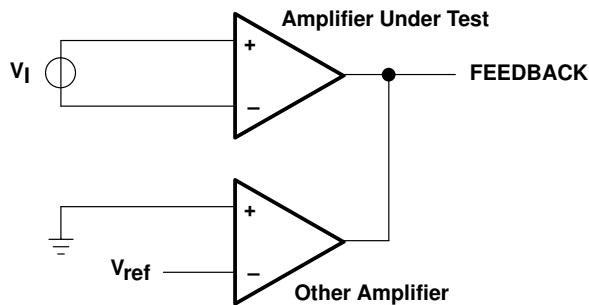
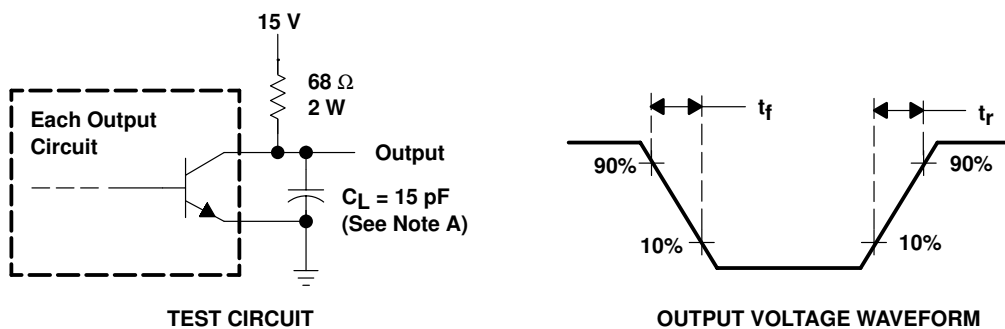
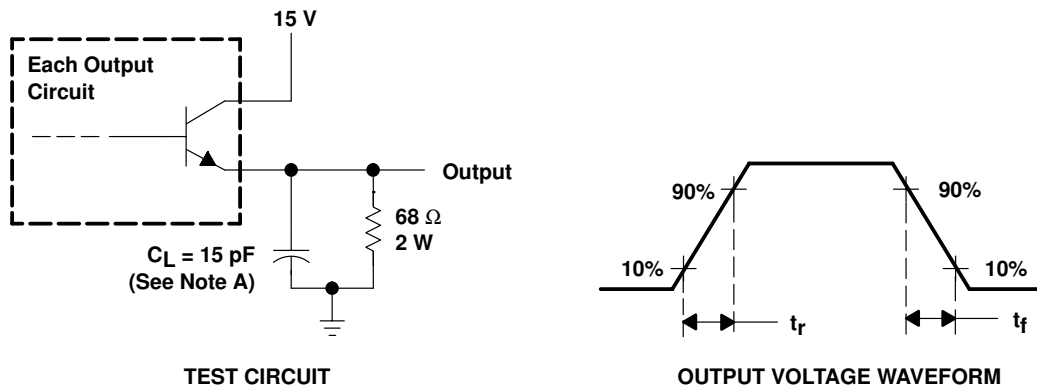


Figure 2. Amplifier Characteristics



NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 3. Common-Emitter Configuration

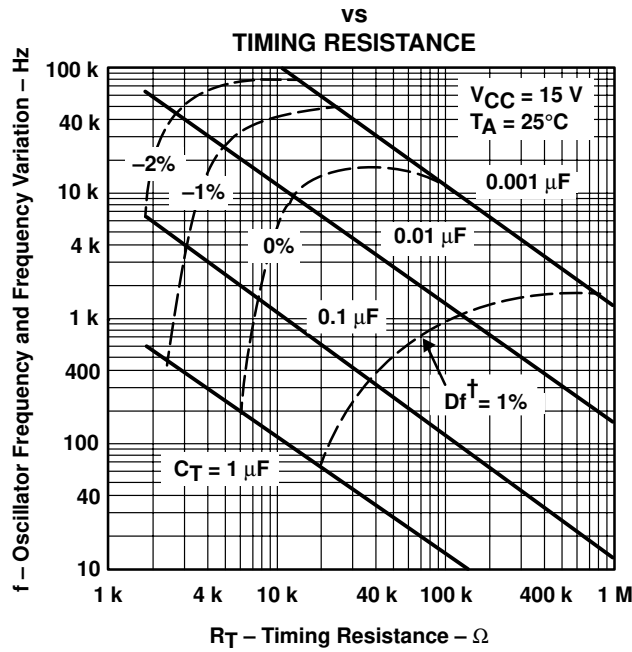


NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 4. Emitter-Follower Configuration

TYPICAL CHARACTERISTICS

**OSCILLATOR FREQUENCY AND
 FREQUENCY VARIATION†**



† Frequency variation (Δf) is the change in oscillator frequency that occurs over the full temperature range.

Figure 5

**AMPLIFIER VOLTAGE AMPLIFICATION
 vs
 FREQUENCY**

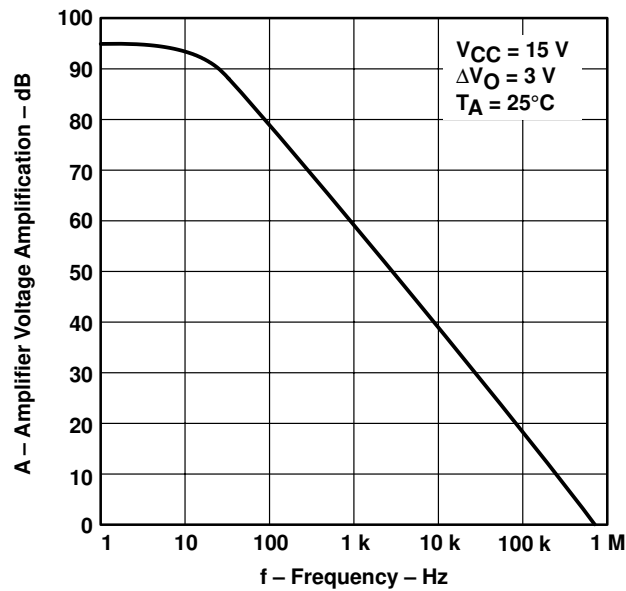


Figure 6

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Mailing Address:

Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

ANEXO D

**PROGRAMA EN ASEMBLER DEL PIC
16F877A**

PROGRAMA EN ASEMBLER DEL PIC 16F877A

LIST P=16F877A ;Se indica el modo de procesador

RADIX HEX ;Sistema de numeracion hexadecimal

INCLUDE <P16F877A.inc> ;se incluye la definición de los
;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
COUNTE 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
INDICADOR EQU 0X41
DAC EQU 0X42
CONTADOR_A EQU 0X43
CONTADOR_B EQU 0X44
INDICADOR2 EQU 0x45

#define BANCO_0 BANKSEL PORTA
#define BANCO_1 BANKSEL TRISA
#define ENT_DIGITAL_1 PORTC,0
#define ENT_DIGITAL_2 PORTC,1
#define ENT_DIGITAL_3 PORTC,2
#define ENT_DIGITAL_4 PORTC,3
#define SAL_DIGITAL_1 PORTC,5
#define SAL_DIGITAL_2 PORTC,4
#define SAL_DIGITAL_3 PORTD,3
#define SAL_DIGITAL_4 PORTD,2

```

#define          ACTIVA_A          bcf    PORTD,5
#define          AC_W              bcf    PORTD,6
#define          DESACTIVA_W      bsf    PORTD,6
#define          ACTIVA_CS        bcf    PORTD,7
#define          DESACTIVA_CS     bsf    PORTD,7
#define          ACTIVA_B         bsf    PORTD,5

```

```

ORG    0
goto  INICIO

```

```

ORG    0X04
GOTO  INTER

```

```

ORG    0X05

```

```

.*****
;
; SERVICIO DE INTERRUPCION
;
.*****
;

```

```

INTER    movwfW_TEMP
         swapf STATUS,W           ;RESCATE DE VARIABLES DEL SISTEMA DEL PIC
         clrf  STATUS
         movwfSTATUS_TEMP
         movf  PCLATH,W
         movwfPCLATH_TEMP
         clrf  PCLATH
         bcf  PIR1,RCIF
         movf  RCREG,W             ;Lectura dato recibido
         movwfBYTE_READ

```

```

         BTFSS  INDICADOR2,0      ;REVISION DE BLOQUEO
         goto  SIGUE_1
         movlw  "B"                ;CONFIRMACION DE DESBLOQUEO
         xorwf  BYTE_READ,0
         btfsc  STATUS,Z
         goto  SIGUE_1
         GOTO  VOLVER

```

```

SIGUE_1  BCF  INDICADOR2,0        ;TRABAJAR NORMALMENTE
         btfsc  INDICADOR,0
         call  LISTA_2            ;REALIZAR TAREAS DE SALIDAS

```

```

DIGITALES

```

```

         btfsc  INDICADOR,1
         call  SEGMENTO22        ;REALIZAR TAREAS DE ENTRADAS

```

```

DIGITALES

```

```

call  LISTA_1    ;REALIZAR TAREAS DE BLOQUEO,
goto  VOLVER    ; ENTRADAS ANALOGICAS Y SALIDAS

```

```

VOLVER  MOVF      PCLATH_TEMP,W
        Movwf    PCLATH
        SWAPF    STATUS_TEMP,W
        MOVWF    STATUS
        SWAPF    W_TEMP,F      ;RESCATE DE VARIABLES DEL
        SWAPF    W_TEMP,W      ;SISTEMA DEL PIC
        retfie

```

```

.*****
;
;LISTA_2  REvisa los bits a encender en las salidas digitales
.*****
;

```

```

LISTA_2      BTFSC      BYTE_READ,0
              goto     PRENDE_1    ;PRIMER BIT
              bcf     SAL_DIGITAL_1
              goto     SIGUIENTE_1
PRENDE_1     BSF        SAL_DIGITAL_1

SIGUIENTE_1  BTFSC      BYTE_READ,1
              goto     PRENDE_2    ;SEGUNDO BIT
              bcf     SAL_DIGITAL_2
              goto     SIGUIENTE_2
PRENDE_2     BSF        SAL_DIGITAL_2

SIGUIENTE_2  BTFSC      BYTE_READ,2
              goto     PRENDE_3    ;TERCER BIT
              bcf     SAL_DIGITAL_3
              goto     SIGUIENTE_3
PRENDE_3     BSF        SAL_DIGITAL_3

SIGUIENTE_3  BTFSC      BYTE_READ,3
              goto     PRENDE_4    ;CUARTO BIT
              bcf     SAL_DIGITAL_4
              goto     SIGUIENTE_4
PRENDE_4     BSF        SAL_DIGITAL_4
              BCF      INDICADOR,0

SIGUIENTE_4  BCF        INDICADOR,0
              RETURN

```



```

.*****
,
;LISTA_1 revisa las tareas de bloqueo, caracter inicial de salida o entrada
digital
.*****
,

```

```

LISTA_1      movlw      "o"
             xorwf     BYTE_READ,0
             btfss    STATUS,Z           ;SALIDA DIGITAL
             goto     SEGMENTO2
             BSF     INDICADOR,0
             return

SEGMENTO2    movlw      "i"
             xorwf     BYTE_READ,0
             btfss    STATUS,Z           ;ENTRADA DIGITAL
             goto     SEGMENTO67
             BSF     INDICADOR,1
             return

SEGMENTO67   movlw      "x"
             xorwf     BYTE_READ,0
             btfss    STATUS,Z           ;CANAL ANALOGICO 1
             goto     SEGMENTO14
             call     ADQUIRIR_AN0
             BANCO_1
             bsf     TXSTA,TXEN         ;Habilita la transmision
             BANCO_0
             movf     ADRESH,0
             movwf    TXREG
             BANCO_1

TRANS0       btfss    TXSTA,TRMT
             goto     TRANS0
             BANCO_0
             return

SEGMENTO14   movlw      "y"
             xorwf     BYTE_READ,0
             btfss    STATUS,Z
             goto     SEGMENTO15
             call     ADQUIRIR_AN2
             BANCO_1
             bsf     TXSTA,TXEN         ;Habilita la transmision
             BANCO_0
             movf     ADRESH,0
             movwf    TXREG             ; del código ascii
             BANCO_1

TRANS1       btfss    TXSTA,TRMT         ;comprueba si acabo de Tx.
             goto     TRANS1

```

```

        BANCO_0                ;Cambio al banco 0
        return

SEGMENTO15    movlw    "z"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO68
              call   ADQUIRIR_AN3
              BANCO_1
              bsf    TXSTA,TXEN        ;Habilita la transmisión
              BANCO_0
              movf   ADRESH,0
              movwf  TXREG            ; del código ascii
              BANCO_1

TRANS2       btfss  TXSTA,TRMT        ;comprueba si acabo de Tx.
              goto  TRANS2
              BANCO_0                ;Cambio al banco 0
              return

SEGMENTO68    movlw    "a"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO69
              incf   CONTADOR_A,1
              CALL   PEGAR_B
              return

SEGMENTO69    movlw    "d"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO70
              DECF   CONTADOR_A,1
              CALL   PEGAR_B
              return

SEGMENTO70    movlw    "c"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO71
              incf   CONTADOR_B,1
              CALL   PEGAR_B
              return

SEGMENTO71    movlw    "b"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO72
              DECF   CONTADOR_B,1

```

```
CALL PEGAR_B
return
```

```
SEGMENTO72    movlw    "A"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO73
              BSF   INDICADOR2,0
              clrf  PORTC
              clrf  PORTD
              movlw d'128'
              movwf CONTADOR_A
              movwf CONTADOR_B
              RETURN
```

```
SEGMENTO73    RETURN
```

```
.*****
,
```

```
SEGMENTO22    movlw    "1"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO23
```

```
              BANCO_1
              bsf   TXSTA,TXEN           ;Habilita la transmision
              BANCO_0
              btfsc ENT_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
TRANS9       btfss  TXSTA,TRMT           ;comprueba si acabo de Tx.
              goto  TRANS9
              BANCO_0                   ;Cambio al banco 0 -----
              BCF   INDICADOR,1
              return
```

```
SEGMENTO23    movlw    "2"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO24
```

```
              BANCO_1
```

```

        bsf    TXSTA,TXEN           ;Habilita la transmisión
        BANCO_0
        btfsc ENT_DIGITAL_2
        goto  UNO
        goto  CERO                 ; del código ascii

SEGMENTO24    movlw    "3"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO25

        BANCO_1
        bsf    TXSTA,TXEN           ;Habilita la transmisión
        BANCO_0
        btfsc ENT_DIGITAL_3
        goto  UNO
        goto  CERO                 ; del código ascii

SEGMENTO25    movlw    "4"
              xorwf   BYTE_READ,0
              btfss  STATUS,Z
              goto   SEGMENTO30

        BANCO_1
        bsf    TXSTA,TXEN           ;Habilita la transmisión
        BANCO_0
        btfsc ENT_DIGITAL_4
        goto  UNO
        goto  CERO                 ; del código ascii

SEGMENTO30    return

;*****
;
;DELAY DE 250mili segundos
;*****
;

PDelay    movlw    .197             ; 1 set number of repetitions (B)
          movwf   PDel0            ; 1 |
PLoop1    movlw    .253             ; 1 set number of repetitions (A)
          movwf   PDel1            ; 1 |
PLoop2    nop
          nop
          decfsz  PDel1, 1          ; 1 + (1) is the time over? (A)
          goto   PLoop2            ; 2 no, loop
          decfsz  PDel0, 1          ; 1 + (1) is the time over? (B)
          goto   PLoop1            ; 2 no, loop
PDeL1     goto   PDeL2             ; 2 cycles delay
PDeL2
          return                    ; 2+2 Done

```

```

;***** //////////////////////////////////*****
;DELAY: Rutina que da un retardo de 5 mili segundos
;***** //////////////////////////////////*****

```

```

DELAY    movlw    .105
          movwf   COUNTA
PLoop11  movlw    .23
          movwf   COUNTB
PLoop21  NOP
          NOP
          decfsz  COUNTB,1
          goto   PLoop21
          decfsz  COUNTA, 1
          goto   PLoop11
          return

```

```

TIEMPO_ADC  movlw    .10          ;1 set number of repetitions
             movwf   COUNT_MAZA ;1 |
SEGMENTO984  NOP
             decfsz  COUNT_MAZA, 1 ; 1 + (1) is the time over?
             goto   SEGMENTO984 ; 2 no, loop
             return

```

```

;***** //////////////////////////////////*****
;ADQUIRIR_AN0: OBTIENE LOS RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN EN EL
CANAL0
;***** //////////////////////////////////*****

```

```

ADQUIRIR_AN0  nop                ;Configuración del CA/D:
               movlw b'10000001' ;TAD=64Tosc(para 4MHz)
               movwf ADCON0       ;- Canal AN0, - Activación de CA/D
               call  TIEMPO_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                ;Configuración del CA/D: -
               movlw b'10010001' ;TAD=64Tosc(para 4MHz)
               movwf ADCON0       ;- Canal AN0, - Activación de CA/D
               call  TIEMPO_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           ;Configuración del CA/D:  -
               movlw b'10011001' ;TAD=64Tosc(para 4MHz)
               movwf ADCON0    ;- Canal AN0,  - Activación de CA/D
               call  TIEMPO_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

```

```

.*****//*****
;

```

```

PEGAR_B  nop
         ACTIVA_CS
         ACTIVA_A
         movf  CONTADOR_A,0
         movwf PORTB
         AC_W
         DESACTIVA_W
         ACTIVA_B
         movf  CONTADOR_B,0
         movwf PORTB
         AC_W
         DESACTIVA_W
         DESACTIVA_CS
         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
                 clrf  PORTC
                 clrf  PORTD

```

```

call PDelay
BANCO_1
movlw b'01000010'
movwf ADCON1
movlw b'11111111'
movwf TRISA ;Puerto A como ENTRADA
ANALOGICA
movlw b'00000000'
movwf TRISD
movlw b'00000000'
movwf TRISB
movlw b'10001111'
movwf TRISC ;RC6/Tx salida
;control para el DAC
movlw b'00000100' ;Configuracion USART
movwf TXSTA ;y activacion de transmision
movlw .25 ;9600 baudios
movwf SPBRG
bsf PIE1,RCIE ;Habilitacion interrupcion RX

BANCO_0
call DELAY
call DELAY
bsf RCSTA,SPEN ;se activa la USART
movlw b'10010000' ;Configuracion de la usart
movwf RCSTA ;para recepcion continua
clrf AUX
clrf PORTD
clrf PORTC
CLRF INDICADOR
clrf INDICADOR2
clrf DAC
BSF INDICADOR2,0
clrf PORTC
clrf PORTD
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
movlw d'128'
movwf CONTADOR_A
movwf CONTADOR_B
CALL PEGAR_B

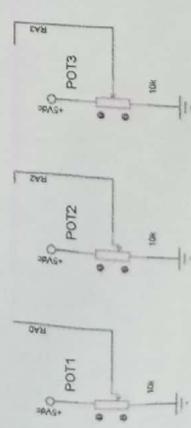
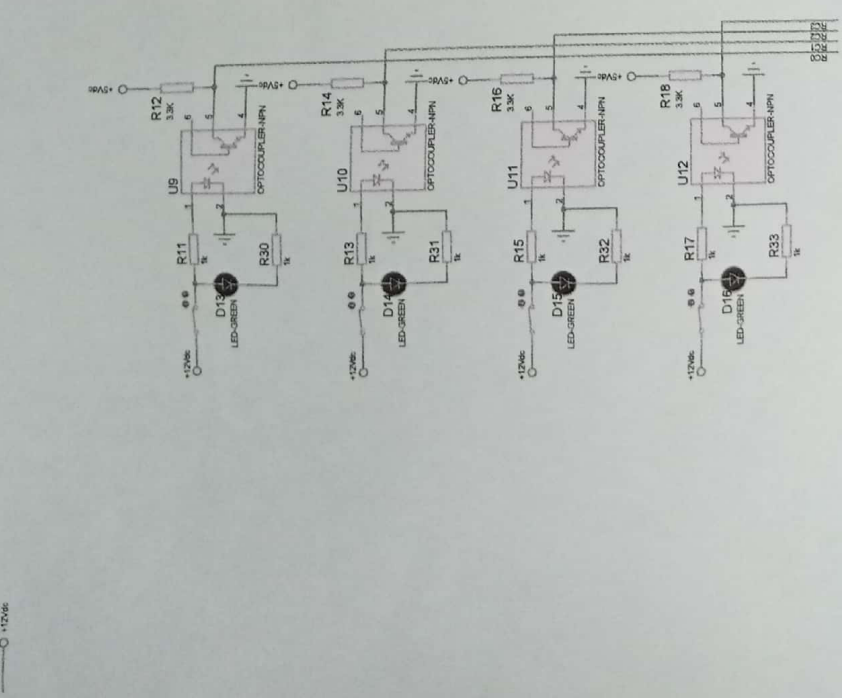
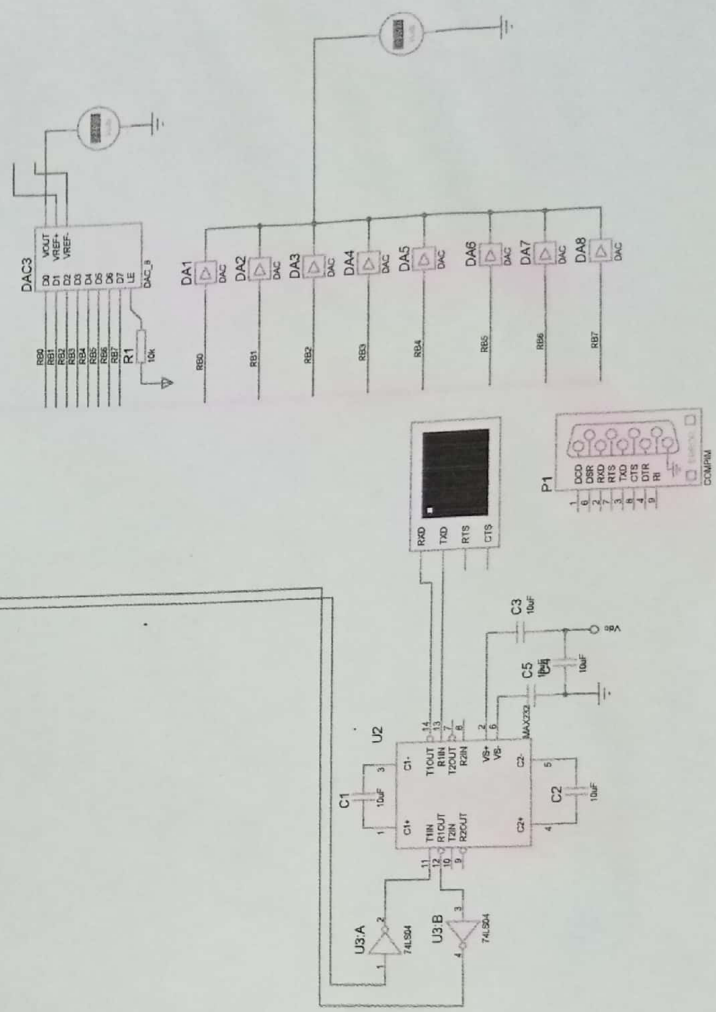
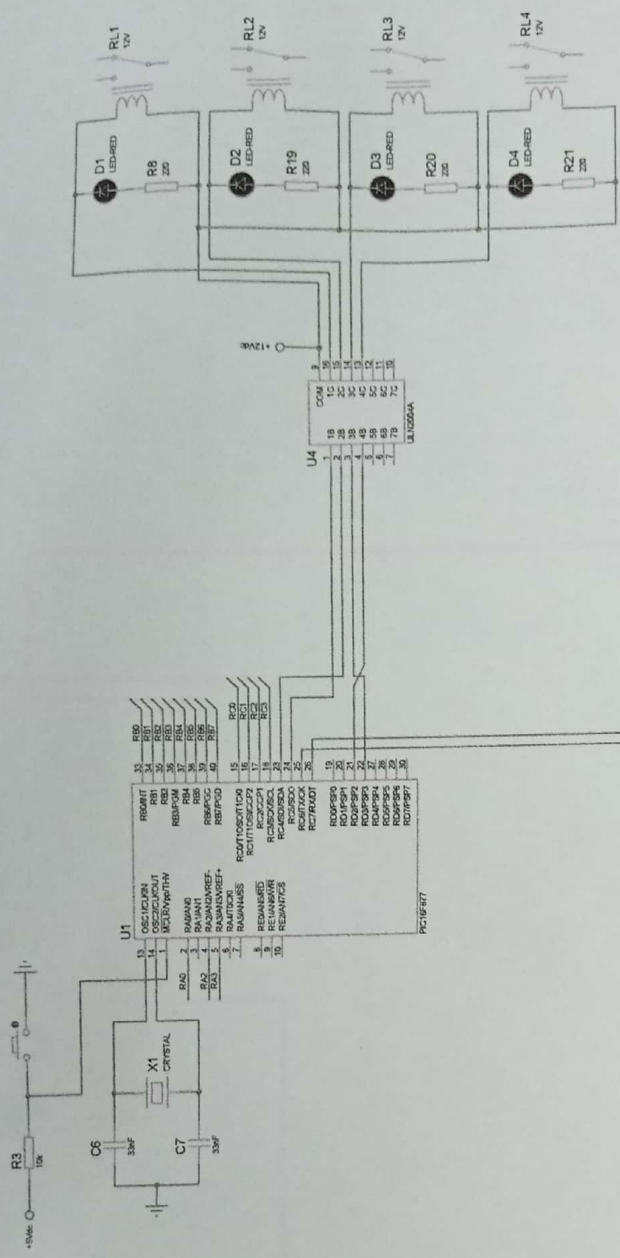
SEGMENTO1 goto SEGMENTO1

```

END

ANEXO E

**SIMULACIÓN EN PROTEUS DE LA
TARJETA DE ADQUISICIÓN**



ANEXO F

**DATOS TECNICOS DE LA TERMOCUPLA
TIPO J**

Nota técnica 2 :

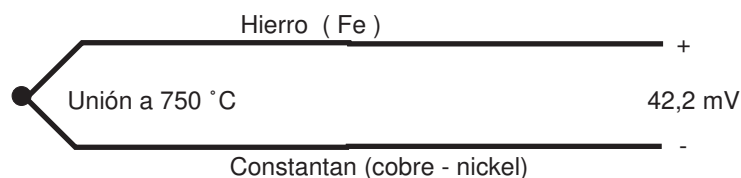
? Que són y como funcionan las termocuplas ?

Que es una termocupla ?

Las termocuplas són el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente.

Una termocupla se hace con dós alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura.

Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel)
Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 milivolts.



Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable ú otro material (vainas), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Tipos de termocuplas

Existen una infinidad de tipos de termocuplas, en la tabla aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas són del tipo J ó del tipo K.

Usos típicos en la industria

Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio).

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

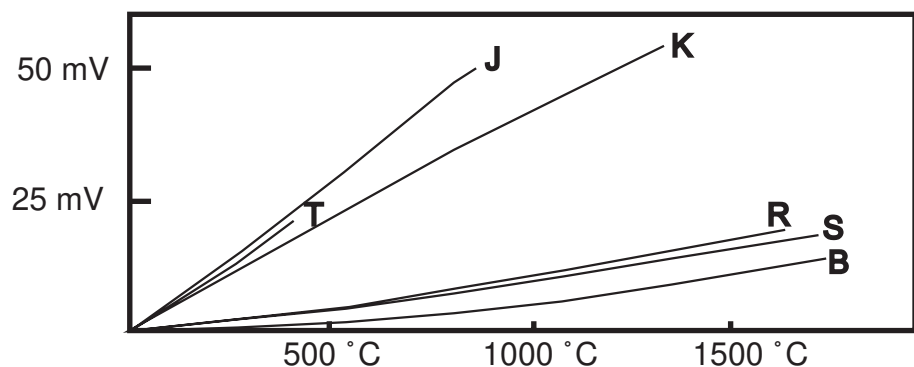
Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero)

Finalmente las tipo T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero hán sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100 (ver la nota técnica 4).

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	°C	Rango (Min, Max) mV	Volts Max
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2	
K	Nickel/cromo	Nickel/alumnio	(-180, 1372)	54.8	
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8	
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09	
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68	
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814	

Linealización

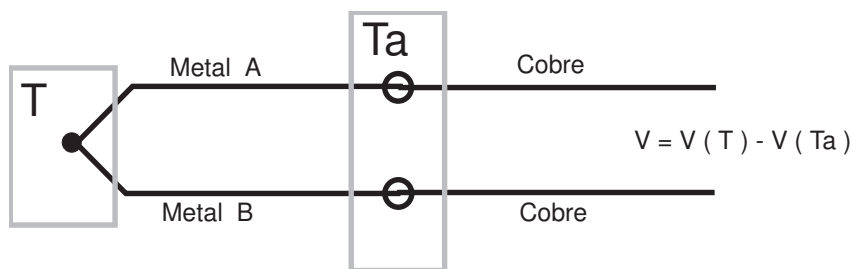
La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del intrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la **linealización**, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.



"Compensación de cero"

El principal inconveniente de las termocuplas es su necesidad de "compensación de cero". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre.

En ese punto se producirán dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente (T_a) en el punto del empalme.



Antiguamente se solucionaba este problema colocando los empalmes en un baño de hielo a cero grados para que generen cero voltaje ($T_a = 0$ y luego $V(T_a) = 0$).

Actualmente todos los instrumentos modernos miden la temperatura en ese punto (mediante un sensor de temperatura adicional) y la suman para crear la compensación y obtener así la temperatura real.

El punto de empalme (llamado "unión ó juntura de referencia") es siempre en el conector a la entrada del instrumento pues ahí está el sensor de temperatura. De modo que es necesario llegar con el cable de la termocupla hasta el mismo instrumento.

La termocupla, hecha de metal A y metal B está sometida a una temperatura T. En los extremos de la termocupla se coloca un voltímetro con puntas de prueba de cobre a temperatura de ambiente T_a .

Recorriendo el circuito se encuentra el voltaje V que marca el voltímetro:

$$\begin{aligned}
 V &= V_{cu,a}(T_a) + V_{a,b}(T) + V_{b,cu}(T_a) \\
 V &= [V_{b,cu}(T_a) + V_{cu,a}(T_a)] + V_{a,b}(T) \\
 V &= V_{b,a}(T_a) + V_{a,b}(T) \\
 V &= V_{a,b}(T) - V_{a,b}(T_a)
 \end{aligned}$$

El voltaje que nos interesa saber para conocer el valor de la temperatura T es $V_{a,b}(T)$, este se consigue despejandolo:

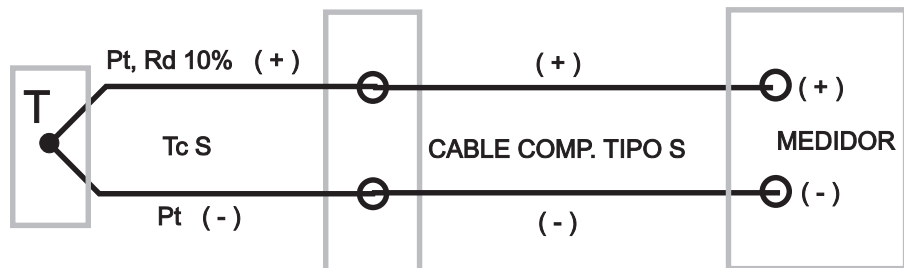
$$V_{a,b}(T) = V + V_{a,b}(T_a)$$

Luego conociendo T_a se busca en la tabla de la termocupla el valor de $V_{a,b}(T_a)$ y se suma a V medido en el voltímetro con lo que se obtiene $V_{a,b}(T)$. Ahora con este valor se busca en la tabla el valor de T.

Los instrumentos para TC miden T_a en su conector y suman esta cantidad $V_{a,b}(T_a)$ automáticamente para hacer la compensación de cero.

Cables compensados Cuando el instrumento está muy retirado del lugar de medición, no siempre es posible llegar con el mismo cable de la termocupla al instrumento. Esto ocurre especialmente cuando se están usando termocuplas R, S ó B hechas con aleación de platino de muy alto precio.

La solución de este problema es usar los llamados "**cables compensados**" para hacer la extensión del cable. Estos exhiben el mismo coeficiente de Seebeck de la termocupla (pero hechos de otro material de menor precio) y por lo tanto no generan termocuplas parásitas en el empalme.



Los cables compensados tienen una polaridad de conexión (+) y (-) que al conectarse con la termocupla se debe respetar.

Un error típico, es conectar al revés el cable en la termocupla y en el instrumento, de esta forma se genera un error en la lectura del orden de la temperatura de ambiente en el empalme.

En el caso particular de las lanzas usadas en la fundición de aceros, la termocupla se conecta en la punta con un cable compensado forrado en asbesto, que va por dentro de la lanza hasta el lado del mango. Ahí se empalma con otro cable compensado con revestimiento de goma más flexible que llega hasta la entrada del instrumento.

Es importantísimo que estos dos cables compensados sean para el tipo de termocupla que se está usando y además estén conectados con la polaridad correcta (+) con (+) y (-) con (-). De otra forma será imposible obtener una medición sin error.

Siempre se debe consultar al proveedor ó fabricante del cable compensado por los colores que identifican los cables (+) y (-), pues las normas de estos colores varían con el tipo de termocupla y país de procedencia del cable.

Para verificar el funcionamiento de un instrumento.

Para verificar que un instrumento de termocupla funciona correctamente, es conveniente hacer un corto ó puente en la entrada de modo que $V = 0$, entonces el instrumento deberá marcar la temperatura de ambiente T_a que hay en el conector trasero donde se hizo el puente.

Para identificar una termocupla J y una K Una Tc tipo J está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán. El alambre de hierro se puede reconocer con un imán, además el hierro es gris opaco aunque algunas veces estos alambre se recubren con un delgada capa de cobre para evitar oxidación. El constantán (cobre-nickel) es también magnético pero muy levemente, se reconoce mejor porque es plateado brillante.

Las termocuplas K están hechas con cromel (cromo - aluminio) y alumel (aluminio -nickel) ambos de color plateado brillante pero el alumel es levemente magnético por su contenido de nickel.

Como medir temperatura con un voltímetro

1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla por ej V.
2- Medir la temperatura de ambiente T_a (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla). Ver en una tabla de termocuplas que voltaje corresponde a la temperatura.

Procedimiento exacto

Sea por ej $V_{ab}(T_a)$.
3- Hacer la suma de los 2 volates obtenidos $V_{ab}(T) = V + V_{ab}(T_a)$ y ver en la tabla a que temperatura corresponde.
Esta será la temperatura real a la que está sometida la termocupla.
Por ejemplo:
Se mide en una termocupla J un voltaje de 10.84 mV.
Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C, entonces en la tabla esto corresponde a 1.277 mV.
Luego $V_{ab}(T) = 10.84 + 1.277 = 12.117\text{mV}$, esto según al tabla corresponde a 224°C

Procedimiento aproximado pero simple

1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla.
2- Ahora ver en una tabla de termocuplas a que temperatura corresponde el voltaje.
3- Sumarle a esta temperatura encontrada en la tabla, la temperatura de ambiente (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla) para hacer la compensación de cero.
Por ejemplo:
Se mide en una termocupla J un voltaje de 10.84 mV.
En la tabla de termocupla J se encuentra que para 10.84 mV, lo mas aproximado es 10.832 mV que corresponden a 201 °C .
Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C aprox., entonces la temperatura medida es 226°C (25°C + 201°C)

La diferencia obtenida con los mismo valores para ambos procedimientos es mucho mayor en el caso de termocuplas B, S y R

TERMOCUPLA	J milivolts									
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-210	-8.096									
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868
-180	-7.402	-7.429	-7.455	-7.482	-7.508	-7.533	-7.559	-7.584	-7.609	-7.634
-170	-7.122	-7.151	-7.180	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.375
-160	-6.821	-6.852	-6.883	-6.914	-6.944	-6.974	-7.004	-7.034	-7.064	-7.093
-150	-6.499	-6.532	-6.565	-6.598	-6.630	-6.663	-6.695	-6.727	-6.758	-6.790
-140	-6.159	-6.194	-6.228	-6.263	-6.297	-6.331	-6.365	-6.399	-6.433	-6.466
-130	-5.801	-5.837	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.053	-6.089	-6.124
-120	-5.426	-5.464	-5.502	-5.540	-5.578	-5.615	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764
-110	-5.036	-5.076	-5.115	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.349	-5.388
-100	-4.632	-4.673	-4.714	-4.755	-4.795	-4.836	-4.876	-4.916	-4.956	-4.996
-90	-4.215	-4.257	-4.299	-4.341	-4.383	-4.425	-4.467	-4.508	-4.550	-4.591
-80	-3.785	-3.829	-3.872	-3.915	-3.958	-4.001	-4.044	-4.087	-4.130	-4.172
-70	-3.344	-3.389	-3.433	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742
-60	-2.892	-2.938	-2.984	-3.029	-3.074	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.299
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.570	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847
-40	-1.960	-2.008	-2.055	-2.102	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.384
-30	-1.481	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.141	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.748	-0.798	-0.847	-0.896	-0.945
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.967
20	1.019	1.070	1.122	1.174	1.225	1.277	1.329	1.381	1.432	1.484
30	1.536	1.588	1.640	1.693	1.745	1.797	1.849	1.901	1.954	2.006
40	2.058	2.111	2.163	2.216	2.268	2.321	2.374	2.426	2.479	2.532
50	2.585	2.638	2.691	2.743	2.796	2.849	2.902	2.956	3.009	3.062
60	3.115	3.168	3.221	3.275	3.328	3.381	3.435	3.488	3.542	3.595
70	3.649	3.702	3.756	3.809	3.863	3.917	3.971	4.024	4.078	4.132
80	4.186	4.239	4.293	4.347	4.401	4.455	4.509	4.563	4.617	4.671
90	4.725	4.780	4.834	4.888	4.942	4.996	5.050	5.105	5.159	5.213
100	5.268	5.322	5.376	5.431	5.485	5.540	5.594	5.649	5.703	5.758
110	5.812	5.867	5.921	5.976	6.031	6.085	6.140	6.195	6.249	6.304
120	6.359	6.414	6.468	6.523	6.578	6.633	6.688	6.742	6.797	6.852
130	6.907	6.962	7.017	7.072	7.127	7.182	7.237	7.292	7.347	7.402
140	7.457	7.512	7.567	7.622	7.677	7.732	7.787	7.843	7.898	7.953
150	8.008	8.063	8.118	8.174	8.229	8.284	8.339	8.394	8.450	8.505
160	8.560	8.616	8.671	8.726	8.781	8.837	8.892	8.947	9.003	9.058
170	9.113	9.169	9.224	9.279	9.335	9.390	9.446	9.501	9.556	9.612
180	9.667	9.723	9.778	9.834	9.889	9.944	10.000	10.055	10.111	10.166
190	10.222	10.277	10.333	10.388	10.444	10.499	10.555	10.610	10.666	10.721
200	10.777	10.832	10.888	10.943	10.999	11.054	11.110	11.165	11.221	11.276
210	11.332	11.387	11.443	11.498	11.554	11.609	11.665	11.720	11.776	11.831
220	11.887	11.943	11.998	12.054	12.109	12.165	12.220	12.276	12.331	12.387
230	12.442	12.498	12.553	12.609	12.664	12.720	12.776	12.831	12.887	12.942
240	12.998	13.053	13.109	13.164	13.220	13.275	13.331	13.386	13.442	13.497
250	13.553	13.608	13.664	13.719	13.775	13.830	13.886	13.941	13.997	14.052
260	14.108	14.163	14.219	14.274	14.330	14.385	14.441	14.496	14.552	14.607
270	14.663	14.718	14.774	14.829	14.885	14.940	14.995	15.051	15.106	15.162
280	15.217	15.273	15.328	15.383	15.439	15.494	15.550	15.605	15.661	15.716
290	15.771	15.827	15.882	15.938	15.993	16.048	16.104	16.159	16.214	16.270
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	16.325	16.380	16.436	16.491	16.547	16.602	16.657	16.713	16.768	16.823
310	16.879	16.934	16.989	17.044	17.100	17.155	17.210	17.266	17.321	17.376
320	17.432	17.487	17.542	17.597	17.653	17.708	17.763	17.818	17.874	17.929
330	17.984	18.039	18.095	18.150	18.205	18.260	18.316	18.371	18.426	18.481
340	18.537	18.592	18.647	18.702	18.757	18.813	18.868	18.923	18.978	19.033
350	19.089	19.144	19.199	19.254	19.309	19.364	19.420	19.475	19.530	19.585
360	19.640	19.695	19.751	19.806	19.861	19.916	19.971	20.026	20.081	20.137
370	20.192	20.247	20.302	20.357	20.412	20.467	20.523	20.578	20.633	20.688
380	20.743	20.798	20.853	20.909	20.964	21.019	21.074	21.129	21.184	21.239
390	21.295	21.350	21.405	21.460	21.515	21.570	21.625	21.680	21.736	21.791
400	21.846	21.901	21.956	22.011	22.066	22.122	22.177	22.232	22.287	22.342
410	22.397	22.453	22.508	22.563	22.618	22.673	22.728	22.784	22.839	22.894
420	22.949	23.004	23.060	23.115	23.170	23.225	23.280	23.336	23.391	23.446
430	23.501	23.556	23.612	23.667	23.722	23.777	23.833	23.888	23.943	23.999
440	24.054	24.109	24.164	24.220	24.275	24.330	24.386	24.441	24.496	24.552
450	24.607	24.662	24.718	24.773	24.829	24.884	24.939	24.995	25.050	25.106
460	25.161	25.217	25.272	25.327	25.383	25.438	25.494	25.549	25.605	25.661
470	25.716	25.772	25.827	25.883	25.938	25.994	26.050	26.105	26.161	26.216
480	26.272	26.328	26.383	26.439	26.495	26.551	26.606	26.662	26.718	26.774
490	26.829	26.885	26.941	26.997	27.053	27.109	27.165	27.220	27.276	27.332
500	27.388	27.444	27.500	27.556	27.612	27.668	27.724	27.780	27.836	27.893
510	27.949	28.005	28.061	28.117	28.173	28.230	28.286	28.342	28.398	28.455
520	28.511	28.567	28.624	28.680	28.736	28.793	28.849	28.906	28.962	29.019
530	29.075	29.132	29.188	29.245	29.301	29.358	29.415	29.471	29.528	29.585
540	29.642	29.698	29.755	29.812	29.869	29.926	29.983	30.039	30.096	30.153
550	30.210	30.267	30.324	30.381	30.439	30.496	30.553	30.610	30.667	30.724
560	30.782	30.839	30.896	30.954	31.011	31.068	31.126	31.183	31.241	31.298
570	31.356	31.413	31.471	31.528	31.586	31.644	31.702	31.759	31.817	31.875
580	31.933	31.991	32.048	32.106	32.164	32.222	32.280	32.338	32.396	32.455
590	32.513	32.571	32.629	32.687	32.746	32.804	32.862	32.921	32.979	33.038
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068
700	39.130	39.192	39.255	39.317	39.379	39.442	39.504	39.567	39.629	39.692
710	39.754	39.817	39.880	39.942	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319
720	40.382	40.445	40.508	40.571	40.634	40.697	40.760	40.823	40.886	40.950
730	41.013	41.076	41.139	41.203	41.266	41.329	41.393	41.456	41.520	41.583
740	41.647	41.710	41.774	41.837	41.901	41.965	42.028	42.092	42.156	42.219
750	42.283	42.347	42.411	42.475	42.538	42.602	42.666	42.730	42.794	42.858
760	42.922									
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

TERMOCUPLA °C	K milivolts									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-270	-6.458									
-260	-6.441	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457
-250	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438
-240	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.371	-6.377	-6.382	-6.388	-6.394	-6.399
-230	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337
-220	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.253
-210	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147
-200	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021
-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.796	-5.813	-5.829	-5.845	-5.860	-5.876
-180	-5.550	-5.569	-5.587	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.712
-170	-5.354	-5.374	-5.394	-5.414	-5.434	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.249	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333
-150	-4.912	-4.936	-4.959	-4.983	-5.006	-5.029	-5.051	-5.074	-5.097	-5.119
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.743	-4.768	-4.792	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889
-130	-4.410	-4.437	-4.463	-4.489	-4.515	-4.541	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644
-120	-4.138	-4.166	-4.193	-4.221	-4.248	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384
-110	-3.852	-3.881	-3.910	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.053	-4.082	-4.110
-100	-3.553	-3.584	-3.614	-3.644	-3.674	-3.704	-3.734	-3.764	-3.793	-3.823
-90	-3.242	-3.274	-3.305	-3.337	-3.368	-3.399	-3.430	-3.461	-3.492	-3.523
-80	-2.920	-2.953	-2.985	-3.018	-3.050	-3.082	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211
-70	-2.586	-2.620	-2.654	-2.687	-2.721	-2.754	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887
-60	-2.243	-2.277	-2.312	-2.347	-2.381	-2.416	-2.450	-2.484	-2.518	-2.552
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.102	-2.137	-2.173	-2.208
-40	-1.527	-1.563	-1.600	-1.636	-1.673	-1.709	-1.745	-1.781	-1.817	-1.853
-30	-1.156	-1.193	-1.231	-1.268	-1.305	-1.342	-1.379	-1.416	-1.453	-1.490
-20	-0.777	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.005	-1.043	-1.081	-1.118
-10	-0.392	-0.431	-0.469	-0.508	-0.547	-0.585	-0.624	-0.662	-0.701	-0.739
0	-0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353
0	-0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.355	10.396	10.437	10.478	10.519
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
380	15.552	15.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.395	16.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776
410	16.818	16.860	16.902	16.945	16.987	17.029	17.072	17.114	17.156	17.199
420	17.241	17.283	17.326	17.368	17.410	17.453	17.495	17.537	17.580	17.622
430	17.664	17.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.919	17.961	18.004	18.046
440	18.088	18.131	18.173	18.216	18.258	18.301	18.343	18.385	18.428	18.470
450	18.513	18.555	18.598	18.640	18.683	18.725	18.768	18.810	18.853	18.895
460	18.938	18.980	19.023	19.065	19.108	19.150	19.193	19.235	19.278	19.320
470	19.363	19.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
480	19.788	19.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
490	20.214	20.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
500	20.640	20.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
510	21.066	21.109	21.152	21.194	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
520	21.493	21.535	21.578	21.621	21.663	21.706	21.749	21.791	21.834	21.876
530	21.919	21.962	22.004	22.047	22.090	22.132	22.175	22.218	22.260	22.303
540	22.346	22.388	22.431	22.473	22.516	22.559	22.601	22.644	22.687	22.729
550	22.772	22.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
560	23.198	23.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
570	23.624	23.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
580	24.050	24.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
590	24.476	24.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.859
600	24.902	24.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284
610	25.327	25.369	25.412	25.454	25.497	25.539	25.582	25.624	25.666	25.709
620	25.751	25.794	25.836	25.879	25.921	25.964	26.006	26.048	26.091	26.133
630	26.176	26.218	26.260	26.303	26.345	26.387	26.430	26.472	26.515	26.557
640	26.599	26.642	26.684	26.726	26.769	26.811	26.853	26.896	26.938	26.980
650	27.022	27.065	27.107	27.149	27.192	27.234	27.276	27.318	27.361	27.403
660	27.445	27.487	27.529	27.572	27.614	27.656	27.698	27.740	27.783	27.825
670	27.867	27.909	27.951	27.993	28.035	28.078	28.120	28.162	28.204	28.246
680	28.288	28.330	28.372	28.414	28.456	28.498	28.540	28.583	28.625	28.667
690	28.709	28.751	28.793	28.835	28.877	28.919	28.961	29.002	29.044	29.086
700	29.128	29.170	29.212	29.254	29.296	29.338	29.380	29.422	29.464	29.505
710	29.547	29.589	29.631	29.673	29.715	29.756	29.798	29.840	29.882	29.924
720	29.965	30.007	30.049	30.091	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341
730	30.383	30.424	30.466	30.508	30.549	30.591	30.632	30.674	30.716	30.757
740	30.799	30.840	30.882	30.924	30.965	31.007	31.048	31.090	31.131	31.173
750	31.214	31.256	31.297	31.339	31.380	31.422	31.463	31.504	31.546	31.587
760	31.629	31.670	31.712	31.753	31.794	31.836	31.877	31.918	31.960	32.001
770	32.042	32.084	32.125	32.166	32.207	32.249	32.290	32.331	32.372	32.414
780	32.455	32.496	32.537	32.578	32.619	32.661	32.702	32.743	32.784	32.825
790	32.866	32.907	32.948	32.990	33.031	33.072	33.113	33.154	33.195	33.236
800	33.277	33.318	33.359	33.400	33.441	33.482	33.523	33.564	33.604	33.645
810	33.686	33.727	33.768	33.809	33.850	33.891	33.931	33.972	34.013	34.054
820	34.095	34.136	34.176	34.217	34.258	34.299	34.339	34.380	34.421	34.461

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
830	34.502	34.543	34.583	34.624	34.665	34.705	34.746	34.787	34.827	34.868
840	34.909	34.949	34.990	35.030	35.071	35.111	35.152	35.192	35.233	35.273
850	35.314	35.354	35.395	35.435	35.476	35.516	35.557	35.597	35.637	35.678
860	35.718	35.758	35.799	35.839	35.880	35.920	35.960	36.000	36.041	36.081
870	36.121	36.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.443	36.483
880	36.524	36.564	36.604	36.644	36.684	36.724	36.764	36.804	36.844	36.885
890	36.925	36.965	37.005	37.045	37.085	37.125	37.165	37.205	37.245	37.285
900	37.325	37.365	37.405	37.445	37.484	37.524	37.564	37.604	37.644	37.684
910	37.724	37.764	37.803	37.843	37.883	37.923	37.963	38.002	38.042	38.082
920	38.122	38.162	38.201	38.241	38.281	38.320	38.360	38.400	38.439	38.479
930	38.519	38.558	38.598	38.638	38.677	38.717	38.756	38.796	38.836	38.875
940	38.915	38.954	38.994	39.033	39.073	39.112	39.152	39.191	39.231	39.270
950	39.310	39.349	39.388	39.428	39.467	39.507	39.546	39.585	39.625	39.664
960	39.703	39.743	39.782	39.821	39.861	39.900	39.939	39.979	40.018	40.057
970	40.096	40.136	40.175	40.214	40.253	40.292	40.332	40.371	40.410	40.449
980	40.488	40.527	40.566	40.605	40.645	40.684	40.723	40.762	40.801	40.840
990	40.879	40.918	40.957	40.996	41.035	41.074	41.113	41.152	41.191	41.230
1000	41.269	41.308	41.347	41.385	41.424	41.463	41.502	41.541	41.580	41.619
1010	41.657	41.696	41.735	41.774	41.813	41.851	41.890	41.929	41.968	42.006
1020	42.045	42.084	42.123	42.161	42.200	42.239	42.277	42.316	42.355	42.393
1030	42.432	42.470	42.509	42.548	42.586	42.625	42.663	42.702	42.740	42.779
1040	42.817	42.856	42.894	42.933	42.971	43.010	43.048	43.087	43.125	43.164
1050	43.202	43.240	43.279	43.317	43.356	43.394	43.432	43.471	43.509	43.547
1060	43.585	43.624	43.662	43.700	43.739	43.777	43.815	43.853	43.891	43.930
1070	43.968	44.006	44.044	44.082	44.121	44.159	44.197	44.235	44.273	44.311
1080	44.349	44.387	44.425	44.463	44.501	44.539	44.577	44.615	44.653	44.691
1090	44.729	44.767	44.805	44.843	44.881	44.919	44.957	44.995	45.033	45.070
1100	45.108	45.146	45.184	45.222	45.260	45.297	45.335	45.373	45.411	45.448
1110	45.486	45.524	45.561	45.599	45.637	45.675	45.712	45.750	45.787	45.825
1120	45.863	45.900	45.938	45.975	46.013	46.050	46.088	46.126	46.163	46.201
1130	46.238	46.275	46.313	46.350	46.388	46.425	46.463	46.500	46.537	46.575
1140	46.612	46.649	46.687	46.724	46.761	46.799	46.836	46.873	46.910	46.948
1150	46.985	47.022	47.059	47.096	47.134	47.171	47.208	47.245	47.282	47.319
1160	47.356	47.393	47.430	47.468	47.505	47.542	47.579	47.616	47.652	47.689
1170	47.726	47.763	47.800	47.837	47.874	47.911	47.948	47.985	48.021	48.058
1180	48.095	48.132	48.169	48.205	48.242	48.279	48.316	48.352	48.389	48.426
1190	48.462	48.499	48.536	48.572	48.609	48.645	48.682	48.718	48.755	48.792
1200	48.828	48.864	48.901	48.937	48.974	49.010	49.047	49.083	49.120	49.156
1210	49.192	49.229	49.265	49.301	49.338	49.374	49.410	49.446	49.483	49.519
1220	49.555	49.591	49.627	49.663	49.700	49.736	49.772	49.808	49.844	49.880
1230	49.916	49.952	49.988	50.024	50.060	50.096	50.132	50.168	50.204	50.240
1240	50.276	50.311	50.347	50.383	50.419	50.455	50.491	50.526	50.562	50.598
1250	50.633	50.669	50.705	50.741	50.776	50.812	50.847	50.883	50.919	50.954
1260	50.990	51.025	51.061	51.096	51.132	51.167	51.203	51.238	51.274	51.309
1270	51.344	51.380	51.415	51.450	51.486	51.521	51.556	51.592	51.627	51.662
1280	51.697	51.733	51.768	51.803	51.838	51.873	51.908	51.943	51.979	52.014
1290	52.049	52.084	52.119	52.154	52.189	52.224	52.259	52.294	52.329	52.364
1300	52.398	52.433	52.468	52.503	52.538	52.573	52.608	52.642	52.677	52.712
1310	52.747	52.781	52.816	52.851	52.886	52.920	52.955	52.989	53.024	53.059
1320	53.093	53.128	53.162	53.197	53.232	53.266	53.301	53.335	53.370	53.404
1330	53.439	53.473	53.507	53.542	53.576	53.611	53.645	53.679	53.714	53.748
1340	53.782	53.817	53.851	53.885	53.920	53.954	53.988	54.022	54.057	54.091
1350	54.125	54.159	54.193	54.228	54.262	54.296	54.330	54.364	54.398	54.432
1360	54.466	54.500	54.535	54.569	54.603	54.637	54.671	54.705	54.739	54.773
1370	54.807	54.841	54.875							
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

CONCLUSIONES

El proceso de moldeo rotacional brinda muchas ventajas para la elaboración de grandes piezas plásticas con relativa simpleza y bajo costo.

El sistema SCADA Lookout 5.0 de National Instruments brinda una increíble facilidad de programación ya que es orientada a objetos y no a líneas de programación (scripts), es muy versátil gracias a la gran cantidad de drivers de los que dispone, a los objetos Active X con los que puede interactuar en el mismo software y la simpleza para establecer una red de comunicación industrial.

El diseño de la tarjeta de adquisición de datos necesitó bastante investigación y trabajo duro. Sirvió bastante las ventajas que ofrece el PIC 16F877A y la gran cantidad de información que existe para ella.

Con respecto al software LabVIEW, se puede decir que es otro programa de gran potencial para facilidad de programación y diseño de instrumentos virtuales. A pesar que la tarjeta de adquisición de datos es de fabricación artesanal, la comunicación fue relativamente fácil de implementar.

Luego de analizar una fuente de conmutación de PC se puede advertir de la especial ventaja que posee con respecto a una fuente convencional en cuanto al peso ya que elimina el transformador reductor en la entrada y muy especialmente a la realimentación que tiene con las salidas gracias al integrado TL494 para estabilizar el voltaje debido a disminuciones o aumentos de carga.

RECOMENDACIONES

Se debe impulsar más el desarrollo del área de Ingeniería Eléctrica Industrial por parte de la ESPOL, para estar al día en los conocimientos y la nueva tecnología. Para esto es necesario equipar los laboratorios especialmente los de automatización además de capacitar a los profesores, así como una revisión del programa de estudios que comprende las materias involucradas.

Es importante que la Universidad este en contacto permanente con la empresa privada, gestionando visitas técnicas a los campos de trabajo por parte de los alumnos. Gestionar también charlas de capacitación por parte de personas con gran experiencia en el medio, brindando a los estudiantes la oportunidad de conocer la realidad del trabajo Industrial. De esta manera los estudiantes pongan en práctica sus conocimientos y habilidades.

BIBLIOGRAFÍA

1. JORGE GUSTAVO PERERA. Control Automático del Proceso de Extracción en la Industria Cítrica (C.A.P.E.I.C.), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina, 1991.

<http://www.utn.edu.ar/scyt/revista/revistaA%C3%B1o1N2/Control.pdf>

2. NATIONAL INSTRUMENTS. Lookout Developer's Manual, United States, November 2001.

3. JOSE M. ANGULO USATEGUI E IGNACIO ANGULO MARTINEZ – UNIVERSIDAD DE DEUSTO (CAMPUS VICTORIA). Microcontroladores PIC Diseño Práctico de Aplicaciones Primera Parte PIC 16F84 Lenguajes PBASIC y Ensamblador, España, 2003.

4. JOSE M. ANGULO USATEGUI, SUSANA ROMERO YESA E IGNACIO ANGULO MARTINEZ – UNIVERSIDAD DE DEUSTO (CAMPUS VICTORIA). Microcontroladores PIC Diseño Práctico de Aplicaciones Segunda Parte PIC 16F87X Lenguajes PBASIC y Ensamblador, España, 2003.

5. EMILIO FIGUERES, J. MANUEL BENAVENT GARCIA GABRIEL GARCERA SANFELIU – UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, Simulación de circuitos Electrónicos de Potencia con PSPICE, España, 2000.

6. ROBERT H. BISHOP – UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN. Learning with Labview7 Express, United States, 2004.

7. J. MICHAEL JACOB – PURDUE UNIVERSITY, Analog Integrated Circuit Applications, United States, 2000

8. MARK F. RUSSO Y MARTIN M. ECHOLS. Automating Science and Engineering Laboratories with Visual Basic, Canada, 1999.