



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación**

**“AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE MANEJO DE GRANO  
DE LA INDUSTRIA CERVECERA PARA LA OBTENCION DE  
MALTA”**

**TOPICO DE GRADUACION**

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**  
**ESPECIALIZACION ELECTRÓNICA Y**  
**AUTOMATIZACION INDUSTRIAL**

**Presentado por:**

**Marcos Ricardo Cevallos Jácome.**  
**Gustavo Adolfo Estrella Fréré.**  
**Luis Alberto Moreno Ríos.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**  
**2005**

## **AGRADECIMIENTO**

Gratitud infinita a DIOS y a nuestra Familia que en todo momento depositaron su confianza y apoyo al desarrollo de nuestras carreras.

Un agradecimiento especial para los Ingenieros Alberto Larco y Holger Cevallos quienes de forma desinteresada nos ayudaron a la formación profesional, para incrementar con vuestros consejos la confianza y fe de persistir al cumplimiento de nuestras metas.

# DEDICATORIA

Mis padres

A mis hermanos

## TRIBUNAL DE GRADUACION



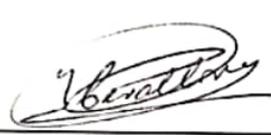
---

Ing. Miguel Yapur  
Subdecano de la FIEC



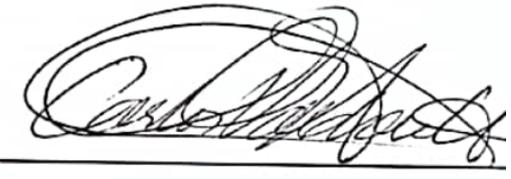
---

Ing. Alberto Larco G.  
Director de TOPICO



---

Ing. Holger Cevallos  
Miembro del Tribunal



---

Ing. Carlos Valdiviezo  
Miembro del Tribunal



## **RESUMEN**

Este trabajo tiene como enfoque principal tener un amplio conocimiento de nuevas herramientas para una automatización más eficiente y eficaz utilizando como ejemplo de aplicación el sistema de manejo de granos de la COMPAÑÍA DE CERVEZAS NACIONALES C.A para la obtención de malta. Entre las herramientas que se utilizarán en este trabajo están LOOKOUT 5.1 y LABVIEW 7.0 EXPRESS de NATIONAL INSTRUMENTS como sistemas de monitoreo y control. Teniendo en consideración también que los microcontroladores están siendo introducidos en todos los campos de la industria, como se puede diseñar elementos de automatización basados en herramientas de uso sencillo como un entorno de programación en VISUAL BASIC 6.0 y MICROCONTROLADORES. Finalmente se estudiará una fuente comercial conmutada a alta frecuencia como un dispositivo indispensable para el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos que están presentes en todos los procesos de automatización.

El informe será redactado en cinco capítulos, en las que se detallan las diferentes etapas del proceso para la obtención de malta para luego dar paso a las soluciones que se darían, usando LOOKOUT 5.1 y LABVIEW 7.0 EXPRESS y finalmente el diseño de la tarjeta de adquisición de datos y el estudio de la fuente comercial conmutada de alta frecuencia.

En el capítulo 1 se desarrollará una descripción del proceso de malteado, que es una transformación de la cebada en malta en cuatro etapas que son: remojo, germinación, secado y tostado y eliminación de gérmenes. En el remojo los granos de cebada se sumergen en agua por algún tiempo, cambiando el agua para eliminar polvo, agentes contaminantes, etc. También se debe airear el grano para su oxigenación, repitiéndose el proceso algunas veces.

En la germinación, la cebada en grano húmedo es llevada a unos tanques rectangulares con falso fondo perforado llamados saladines en los que se los deja aproximadamente de 4 a 5 días con temperaturas de 15 °C y 18-20 °C. en esta etapa los gérmenes van a provocar el estallido del almidón, lo que va a liberar los azúcares fermentables, y así liberaría las enzimas que se necesitarán en la maceración y fermentación.

El secado y tostado es un recalentamiento brusco que permite parar la germinación y que determina el color de la cerveza (dorada, ambarina, negra, etc). Finalmente para utilizar la malta es necesario quitar antes el germen a los granos frotándolos entre ellos por acción mecánica para eliminar las raicillas. El proceso concluye con el almacenamiento de la malta en su respectivo silo.

En el capítulo 2 se desarrollará el sistema de monitoreo y control para del proceso mencionado utilizando LOOKOUT 5.1 de NATIONAL INSTRUMENTS como software de aplicación, ya que es el software de

interacción hombre máquina y de supervisión, control y adquisición de datos (HMI/SCADA) que es fácil de usar y permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos. Con LOOKOUT 5.1, el desarrollo de la interface hombre-máquina toma menos tiempo permitiendo ahorrar sustancialmente en el costo total del proyecto. Estas son algunas de las características que lo hacen especial:

- Arquitectura basada en objetos, lo que elimina completamente la programación, scripts o compilación separada, lo único que se hará es configurar y conectar objetos para crear la aplicación.
- Conexiones a Red, conectar múltiples servidores y clientes dentro de una planta o en locaciones remotas es sencillo con LOOKOUT 5.1 ya que solo habrá que hacer una búsqueda y seleccionar la computadora a la que queramos conectarnos en la red.
- Listo para Internet, con LOOKOUT 5.1 podemos monitorear y controlar un proceso usando un buscador Web (como Internet Explorer o Netscape) sin necesidad de programar en HTML o XML, solo se tiene que exportar el proceso como una página web y listo.
- Manejo de base de datos histórico, con una base de datos propia llamada CITADEL, en los que se guardarán las variables del proceso, podremos exportar datos a cualquier otra base de datos como EXCEL o SQL Server para manejarlos de la forma más conveniente.

- Puerto de comunicación Serial para comunicación con otros equipos, también posee Soporte DDE para intercambio de datos entre aplicaciones, es también totalmente dócil como cliente o servidor OPC.

En el capítulo 3 se desarrollará parte del proceso con LABVIEW 7.0 EXPRESS, este software ofrece un ambiente de desarrollo gráfico con una metodología muy fácil de dominar por ingenieros y científicos. Con esta herramienta se puede crear fácilmente interfases de usuario para la instrumentación virtual sin necesidad de elaborar código de programación. Para especificar las funciones sólo se requiere construir diagramas de bloque. Se tiene acceso a una paleta de controles de la cual se pueden escoger desplegados numéricos, medidores, termómetros, tanques, gráficas e incluirlas en cualquiera de los proyectos de control que se este diseñando. 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. Aunque en un principio fue creado 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.

En el capítulo 4 se encuentra el diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos basado en el microcontrolador 16F877A, aquí se establece las consideraciones del diseño de la tarjeta, que tendrá 4 entradas analógicas con una resolución de 10 bits, 8 entradas digitales y 8 salidas digitales, el criterio de selección del microcontrolador, las principales características de los recursos con los que debe contar nuestro dispositivo como por ejemplo el conversor analógico/digital, la interfase de comunicación serial (USART), interrupciones, etc. Se establece la mejor solución al problema y se presentan los diagramas de bloques que nos permitirán desarrollar nuestro proyecto, y todos los detalles se resumen en un diagrama esquemático del hardware.

Se encontrará también el desarrollo del software necesario para el monitoreo, control y la comunicación con nuestro dispositivo, para este caso se utilizará VISUAL BASIC 6.0 como lenguaje de programación, en la que se usará el Active X MScComm para nuestra comunicación serial, una vez desarrollado nuestro hardware y software, a través de KEPSERVER como cliente/servidor OPC se realizará la interfase con LOOKOUT 5.1 Y LABVIEW 7.0 EXPRESS.

Cabe señalar que el desarrollo de la tarjeta será simulado con el programa PROTEUS 6 PROFESIONAL, que es un potente simulador de microcontroladores y además consta de un puerto RS232 y un Terminal VIRTUAL que nos servirá para la simulación de la comunicación serial.

Finalmente se tendrán fotografías que muestren el resultado final del mismo, así como también se realizará una lista de los materiales usados y el costo de los mismos.

En el capítulo 5, se escogerá una fuente de 100 W conmutada en alta frecuencia con una etapa de salida transistorizada con una configuración de medio puente, con voltajes de salida de: +5Vdc/15Amp -5Vdc/2.5Amp y 12Vdc/1Amp con una alimentación seleccionable de 110 o 220 Vac. Se desarrollará técnicas de ingeniería inversa para lo cual se obtendrá el diagrama completo de la fuente y se desarrollarán los cálculos que corroboren la selección realizada sobre los elementos de la fuente. Adicionalmente se realizarán análisis mediante software de simulación CADENCE PSD 14.1. El diseño del circuito impreso de una sola pista será desarrollada usando el ruteador automático de PROTEL 99 SE TRIAL, basado en la disposición física de los elementos. Los oscilogramas de las señales reales de las partes más importantes del circuito serán obtenidas con el Osciloscopio Digital TEKTRONIX 2220 y con el Multímetro gráfico FLUKE 867B. Finalmente se realizará un análisis comparativo entre las señales reales y simuladas.

# INDICE GENERAL

## INTRODUCCION

## CAPITULO I

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.</b>         | <b>1</b> |
| 1.1 Detalles generales.....               | 4        |
| 1.2 Descripción de etapas.....            | 6        |
| 1.2.1 Transporte de cebada.....           | 6        |
| 1.2.2 Remojo.....                         | 8        |
| 1.2.3 Germinación.....                    | 10       |
| 1.2.4 Secado y Tostado.....               | 12       |
| 1.2.5 Transporte de malta.....            | 14       |
| 1.3 Servicios generales.....              | 15       |
| 1.3.1 Energía eléctrica.....              | 15       |
| 1.3.2 Agua para el proceso.....           | 16       |
| 1.3.3 Aire comprimido.....                | 16       |
| 1.4 Capacidades físicas existentes.....   | 17       |
| 1.4.1 Detalles de actuadores.....         | 17       |
| 1.4.2 Detalles de captadores.....         | 18       |
| 1.4.3 Detalles del elemento de mando..... | 19       |

## CAPÍTULO II

### 2 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL PROCES 20

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.1       | Criterios para la selección del Controlador Lógico Programable..... | 22 |
| 2.2       | Elemento de Mando .....   | 24 |
| 2.3       | Accionadores.....   | 25 |
| 2.4       | Captadores .....  | 26 |
| 2.5       | Implementación del Sistema SCADA con Lookout 5.1 .....              | 33 |
| 2.5.1     | Introducción.....   | 33 |
| 2.5.2     | Diseño de la interfase gráfica.....                                 | 34 |
| 2.5.2.1   | Diseño de gráficos en Corel Draw 10 .....                           | 36 |
| 2.5.2.2   | Gráficos Estáticos y Dinámicos.....                                 | 39 |
| 2.5.2.3   | Gráficos con extensión .BMP y .WMF .....                            | 43 |
| 2.5.3     | Diseño de interface hombre máquina (HMI) .....                      | 44 |
| 2.5.3.1   | Edición de conexiones entre objetos .....                           | 44 |
| 2.5.3.2   | Configuración de la comunicación con el PLC.....                    | 48 |
| 2.5.3.3   | Creación de Recetas .....   | 50 |
| 2.5.3.3.1 | Introducción.....   | 50 |
| 2.5.3.3.2 | Receta para el proceso de Remojo.....                               | 52 |
| 2.5.3.3.3 | Receta para la Germinación, Secado y Tostado ....                   | 54 |
| 2.5.3.4   | Creación de Tablas .....  | 56 |
| 2.5.3.4.1 | Introducción.....   | 56 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.5.3.4.2 | Tabla de variables de saladines.....        | 57 |
| 2.5.3.5   | Creación de secuenciadores.....             | 58 |
| 2.5.3.5.1 | Introducción.....                           | 58 |
| 2.5.3.5.2 | Principales secuenciadores utilizados ..... | 60 |
| 2.5.3.6   | Creación de base de datos histórica.....    | 61 |
| 2.5.3.6.1 | Introducción.....                           | 61 |
| 2.5.3.6.2 | Elección de variables del proceso.....      | 64 |
| 2.5.3.6.3 | Elaboración de gráficos históricos .....    | 65 |
| 2.6       | Descripción del funcionamiento .....        | 66 |

## **CAPÍTULO III**

### **CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE LABVIEW 7.1 DE NATIONAL INSTRUMENTS**

**67**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.1 | Sistemas de instrumentación virtual.....  | 67 |
| 3.2 | Creación, edición y programación de instrumentos virtuales (VIs)...   | 70 |
| 3.3 | Manejo de la interfase de adquisición de datos .....  | 88 |
| 3.4 | Instrumentación virtual en el proceso del sistema de manejo de granos de la industria Cervera para la obtención de malta..... | 89 |

## **CAPÍTULO IV**

### **4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN UN MICROCONTROLADOR. 97**

|  |     |
|--|-----|
| 4.1 Descripción del sistema .....                        | 97  |
| 4.1.1 Introducción .....                                 | 97  |
| 4.1.2 Diagrama de bloques .....                          | 98  |
| 4.2 Diseño del hardware .....                            | 100 |
| 4.2.1 Consideraciones para el diseño de la tarjeta ..... | 100 |
| 4.2.1.1 Características técnicas de la tarjeta .....     | 100 |
| 4.2.1.2 Entradas .....                                   | 101 |
| 4.2.1.3 Salidas .....                                    | 102 |
| 4.2.1.4 Alimentación .....                               | 103 |
| 4.2.2 Criterios para la selección del PIC .....          | 103 |
| 4.2.3 Diagrama de bloques .....                          | 105 |
| 4.2.4 Diagrama esquemático .....                         | 107 |
| 4.2.5 Recursos del PIC utilizados .....                  | 112 |
| 4.2.5.1 Puertos de entrada/salida .....                  | 112 |
| 4.2.5.2 Modulo de comunicación serial .....              | 113 |
| 4.2.5.3 Convertidor analógico – digital .....            | 117 |
| 4.3 Diseño del sistema operativo del PIC .....           | 120 |
| 4.3.1 Introducción .....                                 | 120 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.3.2 | Diagrama de flujo general .....                            | 124 |
| 4.3.3 | Principales rutinas .....                                  | 127 |
| 4.4   | Diseño del Software de la PC .....                         | 128 |
| 4.4.1 | Introducción .....   | 128 |
| 4.4.2 | Diagrama de flujo .....                                    | 129 |
| 4.4.3 | Selección del lenguaje de programación .....               | 131 |
| 4.4.4 | Descripción del programa .....                             | 132 |
| 4.5   | Implementación del sistema.....                            | 137 |
| 4.5.1 | Análisis del sistema con el software de simulación PROTEUS | 137 |
| 4.5.2 | Pruebas Realizadas .....                                   | 140 |
| 4.5.3 | Fotos de la tarjeta de adquisición de datos .....          | 143 |
| 4.5.4 | Costos .....   | 145 |

## **CAPÍTULO V**

|  |  |     |
|--|--|-----|
| <b>ESTUDIO DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN.</b> | <b>147</b>   |     |
| 5.1  | Introducción .....                                     | 147 |
| 5.2  | Diagrama de la fuente marca WEI-YA modelo WY-03C ..... | 150 |
| 5.3  | Análisis teórico de la fuente. ....                    | 151 |
| 5.3.1  | Etapa de rectificación .....                           | 151 |
| 5.3.2  | Etapa de doblador de voltaje.....                      | 157 |
| 5.3.3  | Etapa de Potencia .....                                | 159 |
| 5.3.4  | Rectificación y filtrado de la etapa de salida. ....   | 175 |
| 5.3.5  | Modulación PWM con el CI. TL494.....                   | 189 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.4 Simulación de la fuente de conmutación .....  | 193 |
| 5.4.1 Simulaciones parciales de cada uno de los bloques constitutivos<br>de la fuente ..... | 193 |
| 5.5 Datos reales obtenidos de la fuente de conmutación .....                                | 213 |
| 5.6 Análisis comparativo entre las señales reales y simuladas .....                         | 219 |
| 5.7 Diseño del circuito impreso de la fuente .....  | 220 |
| <br>  |     |
| Conclusiones y Recomendaciones.....   | 222 |
| Indice de Figuras.....  | 225 |
| Indice de Anexos.....   | 236 |
| Glosario.....   | 238 |
| Abreviaturas.....   | 241 |
| <br>  |     |
| <b><i>Bibliografía</i></b> .....  |     |
| <b><i>Anexos</i></b> .....  |     |

## INTRODUCCION

Con el avance de la tecnología, los procesos industriales han sufrido grandes cambios y quienes estamos involucrados de una u otra forma con el tema, debemos estar permanentemente informados acerca de los nuevos productos, métodos de proceso, sistemas de control, etc. Prácticamente todas las industrias alrededor del mundo poseen al menos un pequeño sistema automático, lo cual significa que la automatización es un área que esta permanentemente en contacto con nosotros. Por esta razón debemos estar preparados y conocer el funcionamiento de dichos sistemas, por insignificante que estos parezcan.

El uso de las computadoras no solamente se extiende a nivel hogareño y comercial. También esta incluido en el control y supervisión de procesos industriales. Con ellos se obtiene información completa de determinado proceso y a la vez se ejecutan labores automáticas que prescindan de la intervención del hombre. Este medio de automatización se ha extendido masivamente gracias a que reúne las características de control y de manejo de la información, llevando los datos a programas de procesamiento que suministran una estadística completamente actualizada del proceso que se lleva a cabo.

Los programas de control, supervisión y adquisición de datos, comúnmente llamado por sus siglas en inglés SCADA (*Supervisión, Control and Data Acquisition*) tienen como principal característica el manejo de gráficos para visualizar el estado de sensores, de actuadores, de una máquina o un proceso industrial, y a la vez, integrar la información resultante a los sistemas administrativos de la empresa. Estos sistemas gráficos permiten a los usuarios identificar de manera rápida cualquier evento puesto que en la pantalla se muestran tal como son realmente, adicionalmente las pantallas gráficas permiten la operación de actuadores de una manera muy sencilla, con un simple clic con el ratón, podemos energizar una máquina, un motor, una motobomba, etc. De igual manera, todos los eventos, los tiempos de paro, las alarmas y la información de producción, son almacenados en el disco duro de la computadora en forma de base de datos.

Es por esta razón que en este proyecto de tesis en la que se escogió como proceso industrial, la obtención de malta a partir de la cebada para la elaboración de cerveza, se presentan principalmente dos potentes programas de control, supervisión y adquisición de datos para la industria como lo son LOOKOUT 5.1 y LABVIEW 7.0 EXPRESS de NATIONAL INSTRUMENTS, programas que están siendo bastante utilizados por su facilidad en la programación, ya que se la hace en un entorno gráfico,

eliminando completamente esa rigidez de las arquitecturas basadas en texto, y permitiéndonos crear aplicaciones complejas de una manera sencilla.

Siendo el microcontrolador quizás el componente más versátil que existe, y siendo sus aplicaciones limitadas solo por la imaginación, la automatización industrial no se podía quedar fuera de esta tecnología. Dispositivos como los PLC, los sensores y los controladores, cuentan en su estructura interna con un microcontrolador que se constituye como el elemento principal para su funcionamiento. Los microcontroladores nos ofrecen la posibilidad de desarrollar nuestros propios proyectos de automatización, sin tener que recurrir a dispositivos comerciales, la cual es una solución bastante interesante, ya que se pueden obtener resultados de muy buena calidad, con alto grado de personalización, según los requerimientos específicos de cada caso y con un costo reducido. Obviamente los microcontroladores nos ayudarán mucho en aplicaciones no tan complejas por los cuales un PLC o un sistema SCADA sería muy costoso y talvez innecesario.

Por este motivo también se incluye en este proyecto la realización de una tarjeta de adquisición de datos basado en un microcontrolador 16F877A correspondiente a la familia de la gama media, distribuidos por la empresa MICROCHIP, y se hará una interfase gráfica para la comunicación en VISUAL BASIC 6.0.

# Capítulo I

## 1. DESCRIPCION DEL PROCESO.

### 1.1. Detalles Generales.

Una de las materias primas fundamentales para la elaboración de cerveza es la malta de cebada, se da el nombre de malta de cebada a los granos germinados de cebada y cuya germinación ha sido detenida en su comienzo. La malta de cebada es la materia prima fundamental y preferida a otros cereales pues el grano está revestido por una cáscara que protege el germen durante el malteado y evita que el grano pierda su contenido de almidón, elemento esencial en la posterior transformación durante el braceado. Además durante la filtración del mosto, en la etapa de cocimiento, la cáscara sirve de lecho filtrante, facilitando de esta manera la separación del mosto de la parte sólida u orujo (para mayor información refiérase al glosario).

Botánicamente este cereal se encuentra dentro de la gramíneas, existiendo dos grandes especies:

- La cebada de dos hileras o HORDEUM DISTICUM
- La cebada de seis hileras o HORDEUM HEXASTICUM

Siendo, para la elaboración de cervezas, mejor la de dos hileras puesto que sus granos son más desarrollados. El grano de cebada que dará origen a la cebada es prácticamente nulo en lo que a poder enzimático se refiere, por lo que la finalidad del malteado es formar enzimas que permitan la solubilización de las materias de reserva del grano.

Los granos de cebada adquieren progresivamente su poder germinativo completo, en un tiempo necesario y que se llama dormancia. El malteo se lo realiza en cuatro etapas principales que son:

- El Remojo, es la primera fase del malteo y viene a consistir en el remojo del grano para que germine, pero conforme aumenta la humedad del grano este comienza a respirar siendo imperioso airearlo, pues caso contrario el grano se asfixiará, se logra la aireación mediante el cambio del agua de remojo e inyección de aire comprimido

Germinación, esta etapa viene enmarcada por cuatro fases: absorción del agua por el embrión, activación de enzimas, desarrollo de tejidos embrionarios y ruptura de la pared del embrión por el germen, siendo la activación enzimática la clave de la germinación (para mayor información refiérase al glosario).

- Secado y Tostado, es el recalentamiento brusco que permite detener la germinación.
- Eliminación del germen, para utilizar la malta es necesario quitar antes el germen a los granos, frotando por acción mecánica los granos entre ellos para eliminar las raicillas. Estos deben ser eliminados por soplado o por aspiración antes de poder utilizar la malta para la mezcla.

## **1.2. Descripción de Etapas.**

### **1.2.1. Transporte de cebada.**

La cebada llega a la maltería en grandes camiones o en vagones, para los cuales es necesario controlar su calidad. Para este control el malteador inspecciona visualmente el grano, la cebada con una carga microbiana alta emite un olor característico que el malteador detecta con facilidad. En las grandes malterías la humedad se mide por conductividad

eléctrica o por espectrometría, las proteínas por reflectancia en el infrarrojo y finalmente la viabilidad de los embriones se calcula seccionando longitudinalmente los granos y sumergiéndolos en una disolución de una sal de tetrazolio (para mayor información refiérase al glosario).

La cebada es más estable seca y mantenida a baja temperatura. Si ha sido recolectada con un contenido de humedad superior a 15% suele secarse. El proceso de secado debe llevarse a cabo de tal manera que permanezca viable la planta embrionaria contenida en cada grano, por lo tanto es necesario evitar el uso de temperaturas demasiado altas y para aumentar la desecación se debe recurrir a aumentar la velocidad de flujo del aire y a un calentamiento gradual del mismo. Si la cebada esta húmeda es fácilmente atacada por insectos y los hongos causantes de su deterioro. El metabolismo de los insectos y el de los hongos, cuando se incrementan produce agua y eleva localmente la temperatura, lo que favorece la extensión de la infestación (para mayor información refiérase al glosario).

### **1.2.2. Remojo**

Típicamente las partidas de cebada limpia se dejan caer del silo a un tanque de remojo que se lo llenara parcialmente de agua con una temperatura de 15 °C. Muchos tanques de remojo son simples cilindros verticales con base cónica. El contenido del tanque se airea intensamente insuflando aire a través del agua de remojo mediante el uso de tuberías perforadas o por succión. La mayor parte de los tanques de remojo son tanques verticales de poca altura y de fondo plano, permiten condiciones más aeróbicas (para mayor información refiérase al glosario) en el agua de remojo.

El contenido de agua de los granos aumenta rápidamente a partir de la inmersión, pero la velocidad del incremento del contenido de agua desciende luego de un modo progresivo. La velocidad de la re-humidificación es función de las condiciones en que haya crecido la cebada, de la variedad de esta, del tamaño de los granos y de la temperatura del agua. Está también considerablemente influida por el daño

mecánico que hayan podido sufrir los granos durante el remojo.

El remojo se interrumpe por drenaje a las 12 – 24 horas. Cada grano de cebada permanece recubierto de una película de agua a través de la cual puede disolverse el oxígeno del aire del entorno. A esta condición se le conoce como descanso de aire. Cuando la cebada se ha remojado el agua penetra a través de la cascarilla y la cubierta del fruto y entra en el grano a través del micrópilo (para mayor información refiérase al glosario). El embrión toma rápidamente agua, en cambio el endospermo se hidrata más lentamente, cualquier fractura sufrida por la cascarilla o las cubiertas del fruto y la semilla facilita el humedecimiento del endospermo o el embrión y, desde luego la fuga de sustancias solubles del endospermo. Este constituye uno de los sumandos que dan cuenta de las pérdidas sufridas durante el malteado; otro es el representado por la respiración del embrión, que consume reservas de nutrientes, liberando energía, dióxido de carbono y agua.

La respiración aumenta significativamente cuando el embrión se activa, lo que crea una demanda de oxígeno en el agua de

remojo. En ausencia de oxígeno el embrión puede metabolizar anaeróbicamente (para mayor información refiérase al glosario) las reservas, pero de un modo energéticamente poco eficaz, convirtiéndolas en dióxido de carbono y alcohol. A medida que la concentración de alcohol aumenta su toxicidad va creciendo.

### **1.2.3. Germinación**

El remojo suele completarse en un par de días, en las modernas técnicas del malteado los granos den al termino del mismo, muestras claras de que han comenzado a germinar, se transfieren entonces al equipo de germinación. En la mayor parte de los casos el contenido de humedad se halla en torno al 42% y permanece constante durante la etapa de germinación. Los modernos equipos permiten la germinación en tres o cuatro días.

El tipo de germinador más común es una caja de base rectangular o circular provista de un falso fondo perforado. Sobre el falso fondo se deposita un lecho de malta con una profundidad de 1 a 1,5 mt. A través del lecho y habitualmente de abajo hacia arriba se hace pasar una corriente de aire

saturado de agua a unos 15°C, con lo que se asegura la disponibilidad de oxígeno por parte de los embriones, la eliminación del dióxido de carbono y el mantenimiento de una temperatura constante en todo el lecho.

A objeto de evitar un enraizamiento, un volteador mecánico separa los granos en germinación lo que ayuda también a airear y mantener una temperatura uniforme. A veces se emplea un recipiente único para el remojo y la germinación, evitando así la transferencia del grano, sin embargo con frecuencia los tanques de remojo se sitúan encima de los de germinación. Desde el punto de vista fisiológico existe una continuidad entre el remojo y la germinación.

El crecimiento embrionario se inicia durante el remojo y como las reservas de nutrientes inmediatamente disponibles son limitadas, resulta necesario movilizar las del endospermo. Por si sólo todo esto resultaría insuficiente para satisfacer las necesidades del embrión en crecimiento rápido. Se subviene estas mediante la movilización de la capa de aleurona (para mayor información refiérase al glosario) que produce enzimas a partir bien de precursores complejos o bien de aminoácidos.

Desencadenan esta movilización una o más hormonas vegetales llamadas giberelinas que son segregadas por el embrión y difunden a la aleurona. La degradación enzimática del endospermo avanza, tanto del extremo embrionario del grano al extremo distal del mismo y de las capas externas a la interna. El debilitamiento físico de la estructura del endospermo y las degradaciones bioquímicas son conocidos en su conjunto con el término de Desagregación. Los granos malteados pueden por tanto clasificarse en sub-desagregados, desagregados o sobre-desagregados, según hasta donde haya avanzado esta desagregación enzimática.

#### **1.2.4. Secado y Tostado**

Es un recalentamiento brusco que permite parar la germinación y que determina el color de la cerveza (dorada, ambarina, negra, etc.). Es necesario mezclar bien los granos para obtener una temperatura y un secado homogéneos. El secado de la malta permite también conservar la cebada y su duración determina las características de la malta.

El malteador puede elegir distintos procesos de secado; la deshidratación prolongada y a bajas temperaturas conduce a

una malta clara, con gran contenido enzimático intacto, en tanto que una deshidratación rápida y a temperaturas altas rinde maltas oscuras, deficitarias en actividad enzimática.

Son numerosos los factores que afectan, la deshidratación del grano; cabe citar entre ellos:

- El volumen de aire que pasa a través del lecho del grano.
- La profundidad del lecho.
- La temperatura del aire utilizado para la deshidratación.
- La humedad relativa del aire.
- El carácter higroscópico (para mayor información refiérase al glosario) de la malta.

La deshidratación se comienza con temperaturas de 50-60 °C, que inicialmente calientan el secadero y el lecho del grano. Más adelante las capas superiores comienzan a deshidratarse y el contenido de agua en la cebada empieza a descender progresivamente. En esta etapa de deshidratación libre se extrae sin restricciones el agua de la cebada. Cuando se ha eliminado aproximadamente el 60% del agua, la deshidratación subsiguiente se ve dificultada por la naturaleza, ligada, del agua residual. Llegado este punto de ruptura se sube la temperatura del aire de entrada. La estabilidad térmica de las enzimas es ahora mayor que

cuando la malta contenía un 45% de agua. Cuando el contenido de agua llegue a ser 12% toda el agua que permanece en el grano esta ligada, por lo que se sube la temperatura del aire de entrada a 65 – 75°C. La extracción del agua es lenta y por razones económicas se recircula gran parte del aire. Finalmente a una humedad de 5 – 8%, dependiendo de la variedad de cebada, la temperatura del aire de entrada se eleva a 80 – 100°C, hasta que se alcanza el color y la humedad requeridos.

### **1.2.5. Transporte de malta**

Luego del secado y tostado, el proceso siguiente es el transporte de la malta hacia los respectivos silos, para lo cual primero se debe eliminar el germen. Este germen es eliminado frotando los granos entre si por acción mecánica, luego las raicillas son eliminadas por soplado o por aspiración y son depositadas en una tolva de raicillas y la malta es llevada al silo respectivo.

### **1.3. Servicios Generales.**

Cabe señalar que el proceso antes mencionado se encuentra implementado ya en la COMPAÑÍA DE CERVEZAS NACIONALES CA., pero con el programa INTOUCH 8.0, lo que vamos a realizar nosotros es llevarlo a LOOKOUT 5.1, es por eso que es importante señalar los servicios con los que cuenta la planta y las capacidades físicas existentes.

#### **1.3.1. Energía eléctrica.**

El suministro de Energía Eléctrica de la Planta, es realizado desde un banco de transformadores de 13,2 KV / 440 KV (estrella en alta / delta aterrizado en baja tensión), el cual constituye la subestación de este sector.

En los tableros actuales, el voltaje de 440 Vac es transformado y distribuido a un nivel de 110 Vac a 60 Hz para cada sección. La tensión de control es 110 Vac a 60 Hz. La tensión de 24 Vdc para instrumentación es suministrada a cada uno de los paneles.

Para los PLC y computadoras, el voltaje de control de 110 Vac es regulado y protegido mediante una unidad de respaldo o UPS de 6000 KVA, con un tiempo de respaldo aproximado de dos horas.

### **1.3.2. Agua para el proceso.**

El agua para las diferentes etapas del proceso es entregada desde el área de servicios, es una agua blanda sin minerales, previamente tratada en ablandadores. Esta característica es importante en el proceso, para evitar la formación de sólidos e incrustaciones en tuberías.

### **1.3.3. Aire Comprimido.**

Servicio utilizado para la aireación de la cebada en las tinajas de remojo y para el sistema neumático presente en el proceso, como algunas válvulas neumáticas o compuertas neumáticas.

El aire comprimido es obtenido de un conjunto de compresores alternativos, que almacenan el aire en tanques pulmones a una presión de trabajo de 75 PSI, la distribución

del aire comprimido se realiza mediante tuberías hasta la planta y por mangueras neumáticas a los elementos finales de control, sean estas válvulas, cilindros, reguladores neumáticos, etc.

## **1.4. Capacidades físicas Existentes**

### **1.4.1. Detalle de Actuadores.**

#### **ACCIONADORES ELECTRICOS**

El transporte y manejo de grano dispone de motores de los elevadores de canguilones para el transporte de la cebada hacia los silos, bombas de agua para el remojo del grano en las tinas, compresores de aire para la aireación del grano en las tinas, bomba centrífuga de transporte grano hacia los saladines, motor removedor de helicoidales, motor que da movimiento al carro en cada saladin en la etapa de germinación, motores de movimiento de compuerta de recirculación de aire en la etapa de tostación de los saladines ,motores de los ciclones de polvo en el transporte de la cebada estos equipos constituyen los accionadores eléctricos en la instalación automática.

## **ACCIONADORES NEUMÁTICOS**

Otros actuadores presentes en el sistema son las electroválvulas ubicadas en cada una de las etapas del proceso de manejo de grano y utilizan como fuente de energía aire comprimido para realizar el cierre y apertura de las válvulas neumáticas que se utilizan en las entradas de los silos y salidas de los silos, en la descarga de las tinas de remojo y las demás válvulas que constituyen la instalación automática.

### **1.4.2. Detalle de Captadores.**

Los elementos que componen el grupo de los captadores en esta instalación son los detectores inductivos y capacitivos que tienen como objetivo informar al órgano de mando el estado del sistema o de los eventos que sucedan en él. Los captadores registran las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir las acciones a ejecutar.

En este sistema se detectan las posiciones de válvulas para saber como es el estado de la compuerta, el nivel de sólidos en la tolva y silos, el movimiento de los motores eléctricos como confirmación hacia el elemento de mando.

### **1.4.3. Detalle del Elemento de Mando.**

El autómata programable que constituye la plataforma de control para el proceso de manejo de grano que realiza la transferencia de información con el protocolo RS 232 con una velocidad de transmisión de 9600 Bd (para mayor información refiérase al glosario).

# Capítulo II

## 1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL PROCESO

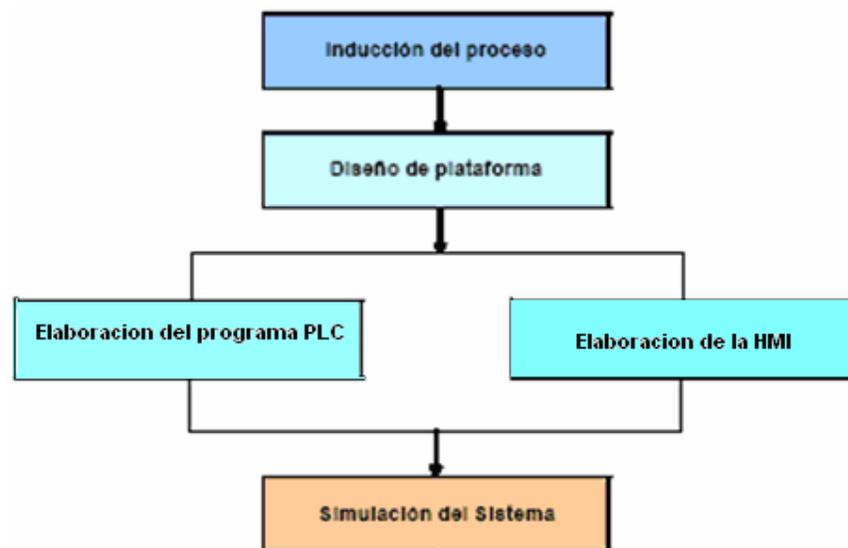
Una forma clásica del estudio de los sistemas automatizados control, es la división de la parte de control y parte operativa.

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la maquina, son los elementos que hacen que se muevan los motores, válvulas y todo dispositivo que necesite ser energizado. Formando parte de ella los accionadores de las maquinas como son los motores de corriente continua, alterna, cilindros neumáticos, accionadores hidráulicos, compresores, válvulas, etc.

La parte de mando suele ser un autómatas programable, este es el centro del sistema y debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos que constituyen el sistema automatizado. El autómatas elabora las acciones a realizar sobre el sistema de fabricación en base al programa que se le ha cargado en el PLC (refiérase al glosario y abreviatura para mayor información), las señales de los captadores y las órdenes que provengan del operador.

Para que el control del proceso sea efectivo, la información de los captadores y accionadores deben ser confiables. Los captadores son finales de carrera, detectores de proximidad inductivos, que informan al órgano de mando las acciones que se deben realizar. Los accionadores son de naturaleza eléctrica, neumática e hidráulica.

El siguiente gráfico nos muestra los pasos a seguir para la realización de nuestro proyecto:



**FIGURA 2.1** Diagrama de flujo para la realización del proyecto de automatización

## 2.1. Criterios para la selección del controlador lógico programable.

El autómata programable debe de realizar multitud de funciones y muchas ella de manera simultánea razón por la cual el criterio para la elección del PLC debe cumplir con todos los requerimientos seleccionados.

Las funciones más clásicas que debe desempeñar un autómata son:

**Detección.** La lectura de las señales de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación o planta.

**Mando.** Elaboración y envío de las acciones al sistema mediante los accionadores.

**Dialogo hombre maquina.** Mantener un dialogo con los operadores de producción, obedeciendo sus consignas e informándoles el estado de proceso.

**Programación.** Para elaborar y cambiar el programa de la aplicación automática.

En los últimos años, en el campo de la automatización se ha incorporado una amplia gama de funcionalidades como:

**Redes de comunicación.** Permiten establecer con otras partes de control, en tiempo real e intercambiar información en pocos minutos.

**Sistemas de supervisión.** También los autómatas programables pueden comunicarse con computadoras provistas con un programa de control y visualización del proceso. Ésta comunicación se realiza por medio de una red industrial o simplemente por medio del puerto serie de la computadora.

**Entrada y salidas.** Los módulos de entradas y salidas están distribuidos en el campo y se comunican con el autómata principal (Master) por medio de un cable de red a los demás autómatas secundarios (Esclavos).

De acuerdo a la característica de servicio, que presta el equipo los criterios más importantes para la selección de un PLC son:

- ✓ Consideraciones de costo.
- ✓ Configuraron y arquitectura.
- ✓ Entradas/salidas.

- ✓ Herramientas y lenguaje de programación.
- ✓ Comunicación
- ✓ Diagnostico.

## **2.2. Elemento de Mando.**

El nivel intermedio de la plataforma de automatización, para el proceso del transporte del grano esta compuesto por:

- ✓ Hardware de control
- ✓ Software para la programación del PLC
- ✓ Programa de control.

### **Hardware de control.**

El PLC central principal con unidad de procesamiento y procesador matemático para el sistema de manejo de grano consta de:

Numero de entradas: 13 digitales y 2 analógicas

Numero de salidas: 9 de relé, 1 analógica, 1 de 24 Vdc

Fuente de poder: 120/240 Vac

### **Software de programación del PLC**

La herramienta de ingeniería para programar el PLC FANUC VERSAMAX de GENERAL ELECTRIC es el software

CIMPLICITY MACHINE EDITION, que trabaja bajo ambiente WINDOWS.

Para esta aplicación, se ha programado en el lenguaje de diagrama de contacto para el control lógico de la secuencia del proceso.

### **Programa de control**

El programa de control esta cargado en el PLC y esta diseñado para con el número de entradas y salida que se especifican en el **Anexo A 1.1** controla toda la secuencia de transporte de manejo de grano utilizando directamente todas las señales de campo que corresponden a las válvulas neumáticas, sensores, finales de carrera etc.

## **2.3. Accionadores.**

Entre los accionadores que se encuentran en el proceso de obtención de malta están:

- Motores eléctricos que accionan ventiladores centrífugos de entrada a los saladines, que proveen aire frío en la etapa de germinación.
- Motobombas de agua helada de los saladines que se provee a los saladines en la etapa de germinación.

- Motores reductores principales de los saladines que mueven los granos de cebada durante la germinación.
- Motores reductores de las helicoidales de los saladines.
- Motores reductores que accionan las compuertas de recirculación de los saladines en la etapa de secado y tostado.
- Ventiladores de extracción de CO<sub>2</sub> (refiérase al glosario y abreviatura para mayor información) de las tinas de remojo.
- Motores reductores para transportes de cebada y de malta.
- Bombas de agua que envían agua fresca a las tinas de remojo.

Refiérase al **Anexo A 1.3** para información acerca de características de los motores y al **Anexo A 1.4** los tipos de arranque de los mismos.

Los accionadores tienen por finalidad cumplir o ejecutar las señales de salida del autómeta, lo conforman los motores y válvulas neumáticas en un número de 196 salidas de tipo discretas. Todos los equipos de campo constituyen el hardware del sistema SCADA (refiérase al glosario y abreviatura para mayor información).

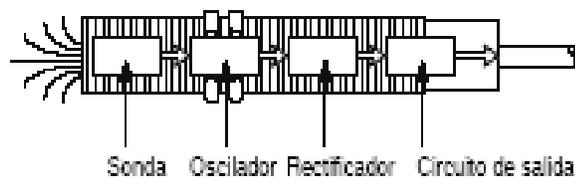
## **2.4. Captadores.**

En el sistema de transporte de grano existen sensores que tienen la función principal de salvaguardar al sistema de posibles fallos.

**Principios de Operación de los sensores capacitivos de proximidad.** Los sensores de proximidad capacitivos han sido diseñados para generar un campo electroestático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección. Los elementos del trabajo del sensor son :

1. una sonda capacitiva de detección
2. un oscilador.
3. un rectificador de señal.
4. un circuitote filtraje.
5. circuito de salida.

Como se puede ver en la **FIGURA 2.2**

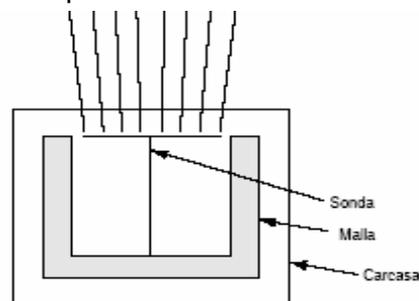


**FIGURA 2.2** Sistema capacitivo de medición de nivel.

En ausencia de objetos, el oscilador se encuentra inactivo. Cuando se aproxima un objeto este aumenta la capacitancia de la sonda de detección. Al superar la capacitancia un umbral determinado se activa el oscilador el cual dispara el circuito de salida para que cambie entre “ON” (encendido) y “OFF” (apagado).

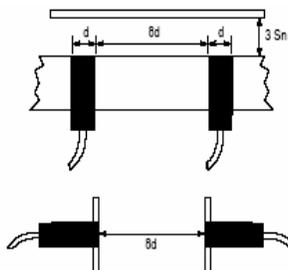
En este caso se ha utilizado sensores capacitivos de proximidad blindados que son mas adecuados para detectar materiales de baja constante dieléctrica (difíciles de detectar) debido a la alta concentración de campos electrostáticas. Esto les permite detectar objetos que con sensores no blindados seria imposible.

**Sonda con blindaje.** Los sensores blindados tienen una banda metálica alrededor de la sonda, esto ayuda a dirigir al campo electrostático al frente del sensor y resulta en un campo mas concentrado como se puede ver en la **FIGURA 2.3**.



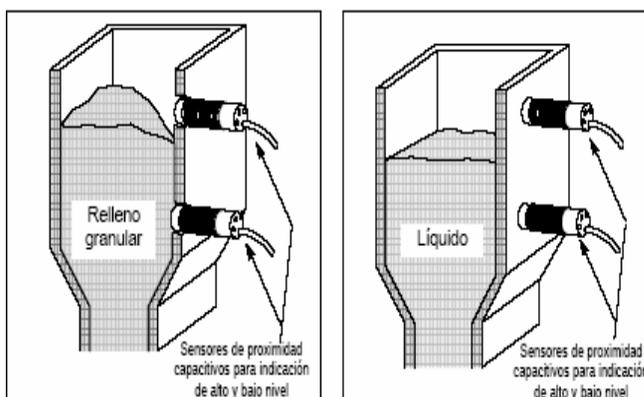
**FIGURA 2.3** sonda blindada.

La construcción blindada permite la posibilidad de que el montaje del sensor este al ras del recipiente donde se almacena el material a sensor como se puede ver en la **FIGURA 2.3**.



**FIGURA 2.4** montaje de sensores.

Como se puede ver en la **FIGURA 2.5** esta es la forma correcta de montar los sensores.



**FIGURA 2.5** forma correcta de montaje de sensores.

Para mayor información del sensor seleccionado refiérase al **Anexo A 1.2.1**

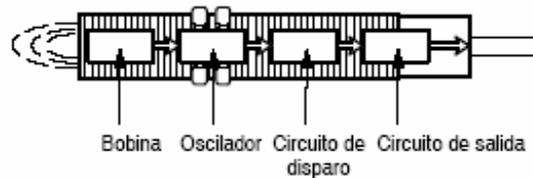
### **Principios de Operación de los sensores inductivos de proximidad.**

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente en dicho campo generadas al introducirse en el los

objetos de detección férricos. Los elementos de trabajo del sensor son:

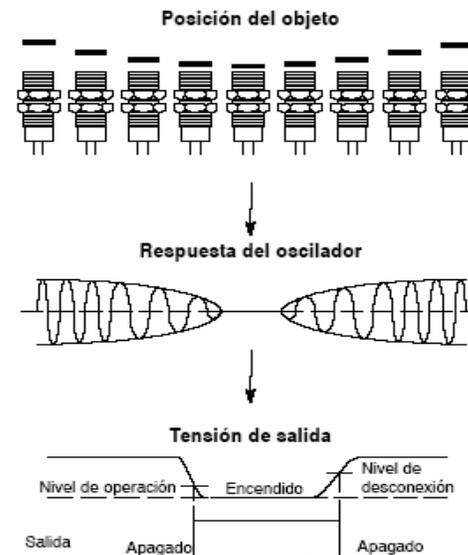
1. bobina con núcleo de ferrita.
2. oscilador.
3. sensor de nivel de disparo de señal.
4. circuito de salida.

Como se puede ver en la **FIGURA 2.6**.



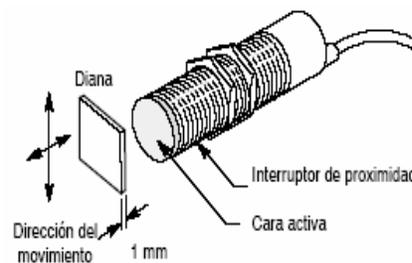
**FIGURA 2.6** sistema inductivo de medición de nivel.

Al introducir un objeto metálico en el campo se inducen corrientes de histéresis en el objeto, debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito específico reconoce un cambio de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido a la posición "ON" (encendido) y "OFF" (apagado). Como se puede ver en la **FIGURA 2.7**.



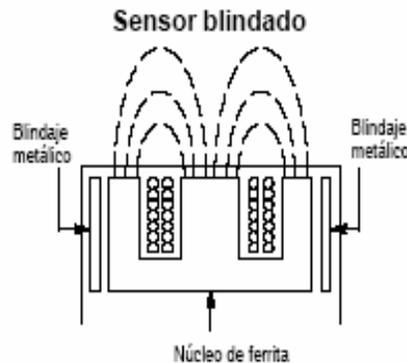
**FIGURA 2.7** sistema inductivo de medición de nivel.

Forma de detección de un objeto metálico sobre el sensor inductivo de proximidad.



**FIGURA 2.8** Objeto a detectar.

En este caso se ha utilizado sensores inductivos de proximidad blindados. Esto les permite detectar objetos que con sensores no blindados sería imposible.



**FIGURA 2.9** Sensor blindado.

La construcción blindada incluye una hoja metálica que rodea el conjunto del núcleo de ferrita mas la bobina como se ve en la

**FIGURA 2.9.**

Para mayor información del sensor seleccionado

refiérase al **Anexo A 1.2.2** .

**Nivel de silos y tolva de cebada y malta** . Existen 2 sensores de nivel tipo capacitivos de proximidad blindados que detectan nivel bajo y nivel alto en cada silo.

**Presencia y posición de válvulas (abierto y cerrado)**.son sensores inductivos de proximidad de 12mm. de diámetro, distancia de detección 2mm y contacto de salida normalmente abierto.

Cada uno de estos captadores, es detallado en la lista de entradas digitales de **Anexo A 1.5**

## **2.5. Implementación del Sistema SCADA con LookOut 5.1 de National Instruments.**

### **2.5.1. Introducción.**

LOOKOUT 5.1 es un software utilizado para crear y desarrollar una interfase gráfica hombre máquina con el operador basado en una PC. Es una herramienta potente y flexible, diseñada para automatizar, monitorear, supervisar y controlar procesos.

LOOKOUT 5.1 consiste principalmente en objetos, conexiones y servicios. Desarrollar una aplicación en este programa es cuestión de crear, configurar y conectar objetos. LOOKOUT 5.1 y los servicios que ofrece mantienen conexiones entre la computadora y varios PLC u otros controladores; entre la computadora y varios sensores; entre una y otra computadora, y entre la computadora y la base de datos propia de LOOKOUT 5.1 , Citadel.

## 2.5.2. Diseño de la Interfase gráfica

Esta parte del capítulo nos explica como usar los gráficos en LOOKOUT 5.1. LOOKOUT 5.1 provee una extensa librería de gráficos 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.

Los gráficos para las pantallas de nuestro proyecto, debido a que el programa LOOKOUT 5.1 no tiene gráficos muy buenos para nuestro proceso y tampoco nos ofrece una herramienta tan poderosa para la realización de buenos dibujos, recurrimos a programas especializados para estos, y que nos permiten exportarlos a cualquier extensión que necesitemos. LOOKOUT 5.1 nos permite utilizar gráficos con extensión BMP o WMF por lo que podemos utilizar

cualquier programa que nos permita realizar estos gráficos.

Para nuestro caso teníamos dos opciones que son Paint que viene en WINDOWS y COREL DRAW 10, Paint es fácil de usar pero no nos facilita gráficos de buena calidad, por lo que nuestra elección fue COREL DRAW 10 debido a su calidad en la resolución de los dibujos y su facilidad a la hora del manejo de las herramientas del programa.

Cabe señalar que los gráficos que realicemos deberán estar guardados en la carpeta gráficos que se encuentra en donde se instaló el programa, generalmente en la dirección:

C:\Archivos de programa\National Instruments\LOOKOUT 5.1 \Graphics.

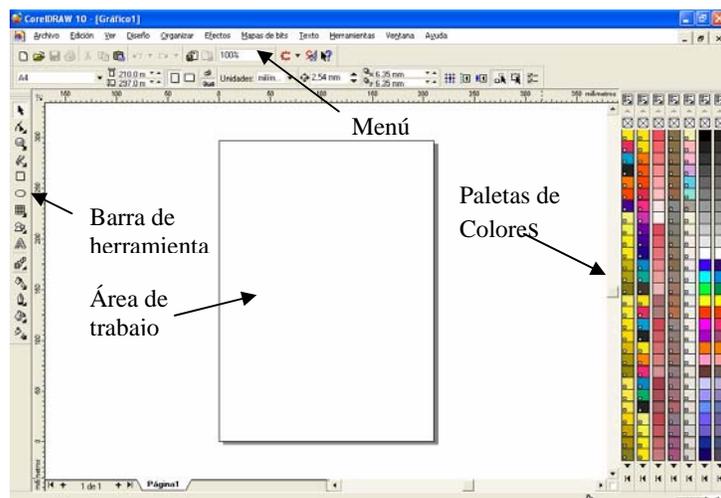
Todos los gráficos que se creen en LOOKOUT 5.1 pueden ser estáticos o dinámicos, los gráficos estáticos no cambian de estado nunca en nuestro proceso pero los dinámicos pueden cambiar de estado para representar variaciones en el proceso.

## 2.5.2.1. Diseño de gráficos en COREL DRAW

### 10.

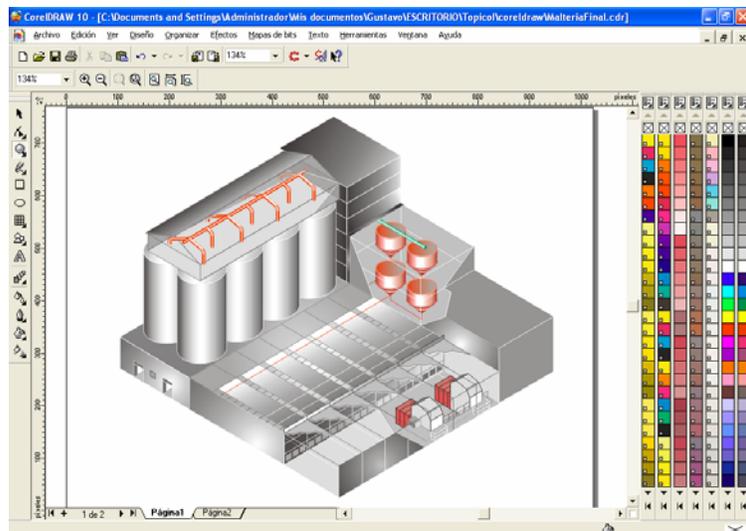
Diseñar gráficos en COREL DRAW 10 es bastante sencillo, ya que cuenta con muchas facilidades gráficas como formas básicas, rellenos personalizados, se pueden añadir perspectivas fácilmente, una amplia gama de colores, etc.

La **FIGURA 2.10** nos muestra en el entorno de este programa, podemos observar que es muy amigable, tiene varias paletas de colores que podemos elegir y una organización muy buena.



**FIGURA 2.10** Entorno de COREL DRAW 10

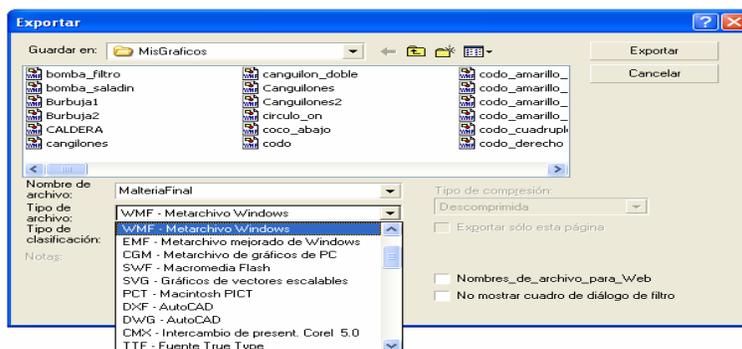
La **FIGURA 2.11** es uno de los gráficos que realizamos para nuestro proyecto, es el gráfico de nuestra pantalla principal donde se encuentran los tanques de almacenamiento, las tinas de remojo y los saladines, nos da una visión bastante buena de cómo están situados los objetos físicamente en la planta. En la figura podemos ver que el gráfico fue realizado con formas básicas como círculos, rectángulos, etc. y se aplico una perspectiva para poder tener una imagen en 3D, vemos también la calidad de los rellenos utilizados, lo que hace que nuestra aplicación sea muy atractiva al operador



**FIGURA 2.11** Dibujo de la malteria COREL DRAW 10

Para exportar los gráficos desde Corel se deben de realizar los siguientes pasos:

1. Una vez realizado el gráfico que deseamos elegimos la opción Exportar en el Menú Archivo. La siguiente figura nos muestra el cuadro de diálogo que aparece en ese momento:



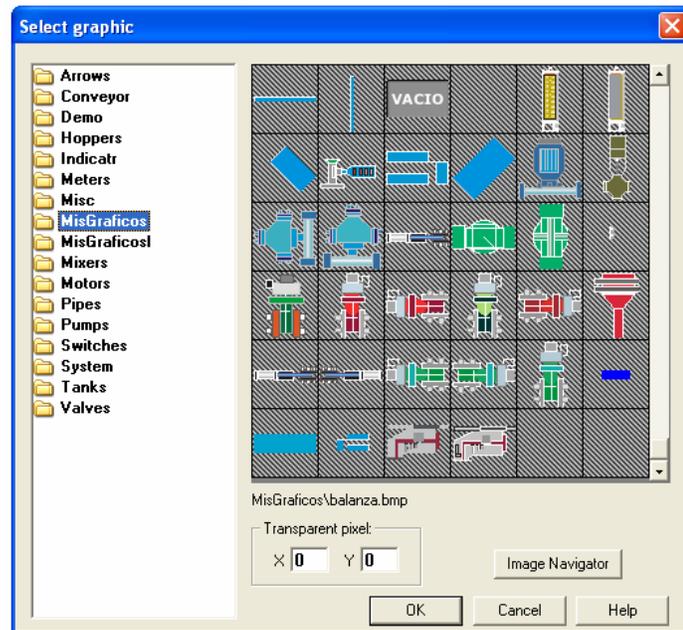
**FIGURA 2.12** Cuadro de diálogo exportar de COREL

2. El siguiente paso es elegir el tipo de archivo al que queremos exportar nuestro gráfico, para nosotros nos sirve exportarlo ya sea a WMF o a BMP que son las extensiones aceptadas por LOOKOUT 5.1.

### 2.5.2.2. Gráficos Estáticos y Dinámicos.

Los gráficos estáticos son aquellos que se encontrarán en nuestro panel de control y que nunca van a cambiar o mover. Los pasos para mostrar un gráfico estático en el panel de control son los siguientes:

3. Elija **insert >> Graphic**, y se abrirá un cuadro de diálogo donde mostrará todos los archivos gráficos ya sean bitmaps (bmp) o Meta File (wmf) situados en el subdirectorio LOOKOUT 5.1. / Graphics.



**FIGURA 2.13** Cuadro de diálogo para insertar gráficos en LOOKOUT 5.1.

4. Luego seleccionamos el gráfico que queremos y presionamos OK o presionamos el botón *Image Navigator* en el que también nos aparece un cuadro de diálogo similar en el que seleccionamos el gráfico deseado.

Los archivos con extensión .wmf son normalmente más fáciles de manipular que los archivos con extensión .bmp. Refiérase a la sección *Gráficos con extensión .BMP y .WMF* de este capítulo para más

información acerca de las diferencias entre estos diferentes tipos de archivos.

Muchos de los procesos que se realizan y especialmente el nuestro requieren algún tipo de animación, como por ejemplo el cambio de color de una bomba para representar el encendido o apagado. Estos gráficos son los que se conocen como dinámicos y nos permiten observar el cambio de alguna variable en el proceso de una manera gráfica en la pantalla de nuestro ordenador.

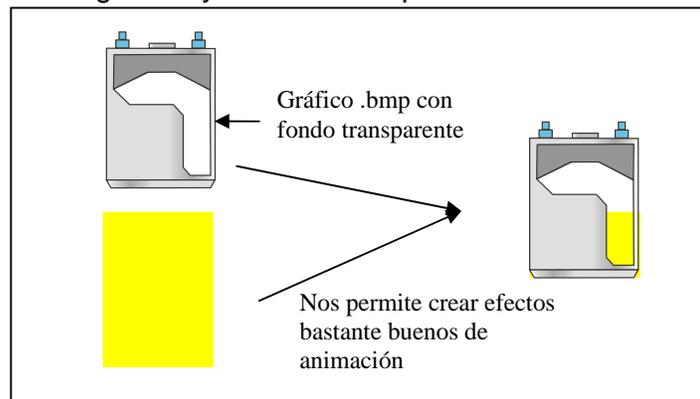
La **TABLA 2.1** lista los elementos de LOOKOUT 5.1 que hacen uso de animación o cambio de estados, en esta tabla se muestra el componente y una breve descripción del mismo que nos permitieron crear el entorno gráfico de nuestro proceso de obtención de malta.

**TABLA 2.1.** Componentes de LOOKOUT 5.1 usados para gráficos dinámicos.

| COMPONENTE DE LOOKOUT | DESCRIPCIÓN   |
|-----------------------|---|
| Animator Object       | Este objeto provee una completa animación gráfica, incluyendo movimientos verticales y horizontales, cambio de tamaño dinámico y visibilidad, secuencias dinámicas y cambios de colores.            |
| Multi-state Object    | Un objeto multiestado nos permite mostrar seis diferente gráficos personalizados para una sentencia lógica if-then-else.  |
| Spinner Object        | Este objeto es un pequeño disco de rotación, Puede ser encendido o apagado por una señal discreta, y su velocidad de rotación puede ser manejada por una expresión numérica, o una señal analógica. |
| Switch Object         | Este objeto nos puede representar dos posiciones dependiendo del estado lógico de nuestra variable, usando un símbolo de interruptor estándar o gráficos personalizados.                            |
| Pushbutton Object     | Este objeto es como un botón que cambia su apariencia cuando es presionado. Se puede usar transparente para usar gráficos personalizados.   |
| Pot object            | Este objeto puede ser mostrado como un deslizador vertical u horizontal, como botones de incremento o decremento o como un número digital.  |

### 2.5.2.3. Gráficos con extensión .BMP y .WMF.

Los archivos de bitmap de Windows típicamente tienen una extensión .bmp. Estos son siempre rectangulares y nunca se los pueden cambiar de



**FIGURA 2.14** Gráficos .bmp con fondo transparente.

tamaño. Las ventajas de estos gráficos es que nos permiten poner fondos transparente a las partes de los gráficos que no queremos que se muestren, un ejemplo de ello en nuestro proyecto son las tolvas mostradas en la **FIGURA 2.14**.

Los archivos de bitmap se muestran mucho más rápidos que los archivos .wmf. Un gráfico complejo puede mostrarse mucho más rápido que el correspondiente metafile. Si queremos mostrar

gráficos escaneados o con muchos colores, utilizar gráficos de mapa de bits es una excelente opción.

Los archivos de WINDOWS Meta File tienen típicamente una extensión .wmf. (refiérase al glosario y abreviatura para mayor información) Estos necesariamente no son rectangulares. Estos a diferencia de los bitmaps pueden ser cambiados de tamaño. La ventaja que tienen estos gráficos es que ocupan mucho menos espacio en el disco duro, por tanto nuestras aplicaciones no serán tan pesadas.

Refiérase al **Anexo A 1.6** para ver las pantallas realizadas para nuestro proyecto.

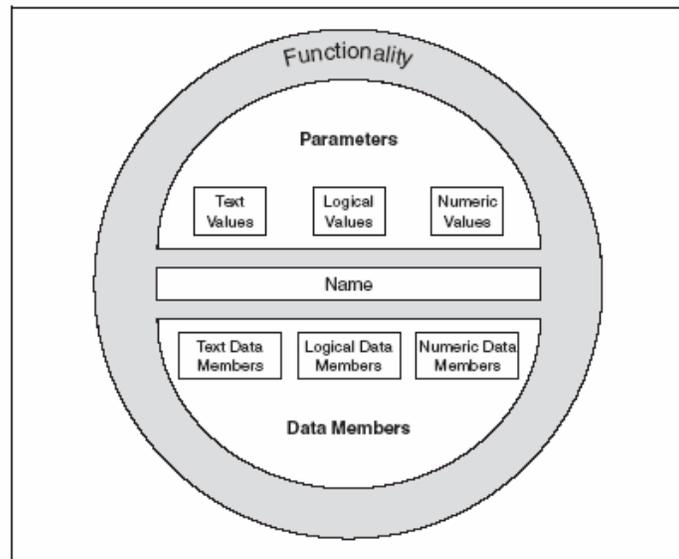
### **2.5.3. Diseño de la Interfase Hombre Máquina.**

#### **2.5.3.1. Edición de conexiones entre objetos**

La arquitectura de LOOKOUT 5.1 esta basada en objetos y conexiones entre objetos. Los objetos son representaciones de programas de algunos objetos

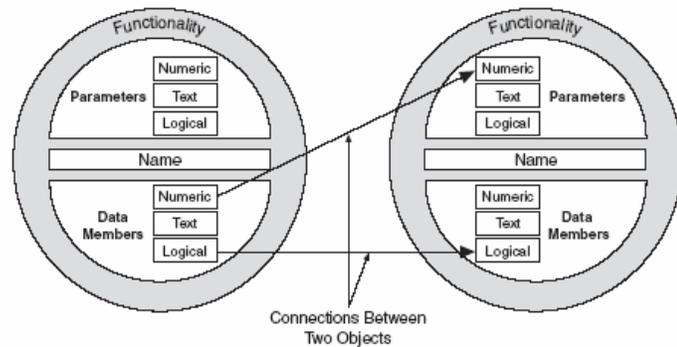
como interruptores, temporizadores o dispositivos externos.

Cada uno de los objetos encapsula una funcionalidad específica. Cada objeto también contiene un repertorio de parámetros, con los cuales básicamente se define y configura el objeto, y un repertorio de miembros de datos, los cuales pueden actuar como puntos de entrada o salida. La **FIGURA 2.15** muestra funcionalidad, miembros de datos y parámetros de un objeto.



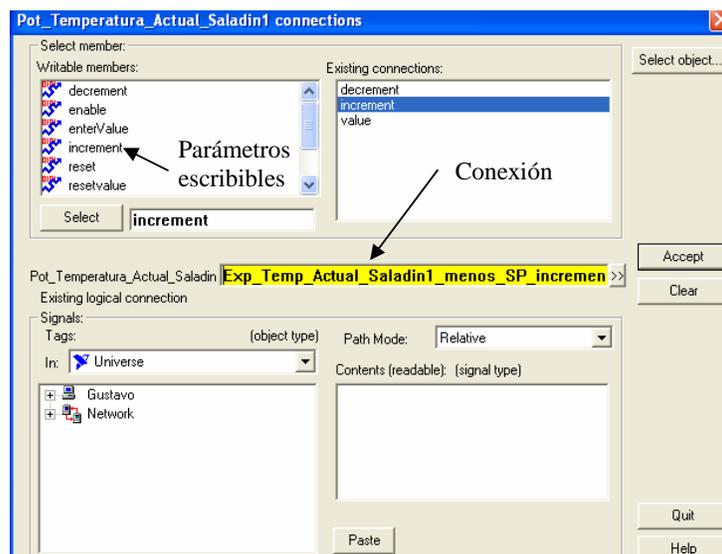
**FIGURA 2.15** Miembros de datos, parámetros y funcionalidad de un objeto

Podemos hacer conexiones entre miembros de datos y parámetros y entre miembros de datos como se muestra en la **FIGURA 2.16**.



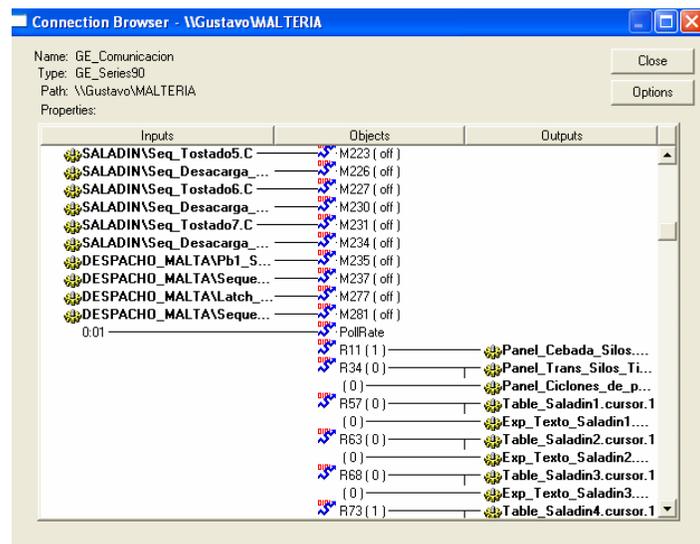
**FIGURA 2.16** Ejemplo de conexión entre dos objetos

Para editar conexiones entre objetos se debe seleccionar Objeto >> Editar conexiones y escogemos el objeto que queremos modificar. La figura siguiente muestra el cuadro de diálogo para editar conexiones:



**FIGURA 2.17** Cuadro de diálogo para editar conexiones

Para buscar conexiones que entre los objetos que ya hemos realizado existe la opción buscador de conexiones.



**FIGURA 2.18** Buscador de conexiones

Estas dos herramientas para crear y buscar conexiones son de gran importancia para la realización de cualquier proyecto, ya que todo diseño en este programa se basa únicamente en la conexión y configuración de objetos que cumplan con los requerimientos de nuestro proceso.

Para nuestro proceso de obtención de malta existen algunos objetos muy importantes como los son las recetas, tablas, secuenciadores, históricos, etc. que serán descritos en secciones posteriores.

### **2.5.3.2. Configuración de la comunicación con el PLC.**

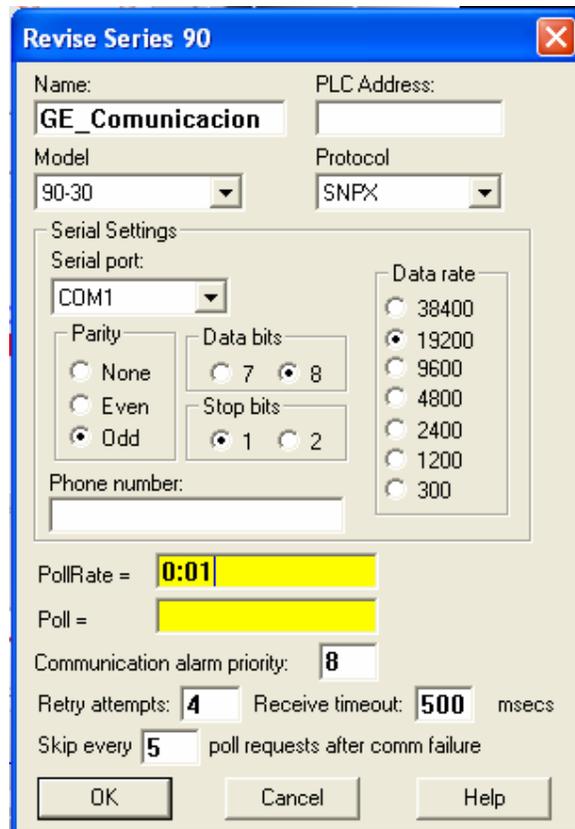
Para comunicar nuestro PLC, cualquiera que este sea con nuestra aplicación, lo que hay que hacer primero es crear un Objeto, con lo cual seguimos los pasos mostrados en la sección anterior para la creación de objetos.

LOOKOUT 5.1 contiene los manejadores de muchos PLC, para nuestro caso el que necesitamos crear es el de GENERAL ELECTRIC que es la marca del PLC que tenemos disponible en el laboratorio de automatización y es el que nos servirá para el control de nuestro proceso.

Para configurar el objeto debemos de seguir los siguientes pasos:

- a. Debemos de darle un nombre a nuestro objeto.
- b. Escogemos el modelo y el protocolo de comunicación con nuestro equipo que en este caso es el SNP.
- c. Configuramos la comunicación serial escogiendo el puerto por el que nos comunicaremos, la velocidad de transmisión, paridad, bits de parada y la cantidad de bits del dato.
- d. Existe también el parámetro Poll Rate que es el tiempo en el que el PLC nos va a estar muestreando las entradas o las salidas.

La **FIGURA 2.19** nos muestra como debe estar configurado nuestro objeto para una correcta comunicación con nuestro controlador lógico programable.



**FIGURA 2.19** Configuración de comunicación con el PLC

### 2.5.3.3. Creación de Recetas.

#### 2.5.3.3.1. Introducción.

El objeto Receta es una excelente vía para importar extensos arreglos de datos, como lo son Recetas con sus ingredientes usando una

hoja de trabajo de Excel (.xls). Una vez creada e implementada el operador puede fácil y rápidamente cambiar la receta con un solo clic y cambiando a la receta que queramos que se ejecute.

Existen dos pasos a seguir para crear e implementar el objeto receta, primero tenemos que definir nuestra receta con nuestros respectivos ingredientes en Excel y luego crear el objeto Receta de LOOKOUT 5.1.

En un mismo archivo de Excel podemos definir hasta 1000 recetas y cada una de las recetas puede contener hasta 255 ingredientes.

La figura 2.12 nos muestra el formato que debe seguir nuestra receta en la hoja de Excel para que no exista ningún problema a la hora de ejecutar la misma.



**FIGURA 2.20** Formato de hoja de Excel para la creación de recetas

Finalmente nos queda crear el objeto Receta y conectarla con nuestro archivo creado en Excel de nuestra receta.

### **2.5.3.3.2. Receta para el proceso de Remojo.**

El proceso de Remojo de la cebada depende de la cantidad de la cebada presente en las tinas y de las condiciones ambientales, es por esto que es necesario crear distintas recetas para que el operador pueda seleccionar la mejor opción para un procedimiento óptimo del proceso.

El remojo debe de darse de la siguiente manera: primero se debe de agregar un porcentaje de agua, luego dejarlo remojar por un tiempo, para finalmente airearlo u oxigenarlo algunas veces y agregarle un porcentaje de soda. Como estos valores no son fijos en el proceso sino que pueden ser cambiados durante el mismo, entonces es importante que se haga una receta.

La figura 2.13 muestra las recetas creadas para este proceso, como podemos observar se encuentran cuatro recetas enumeradas de la 1 a la 4 y los ingredientes son los que se encuentran en la fila 1. Lo importante de nuestra receta es que los tiempos de inyección de aire comprimido o de aireación de la cebada pueden ser cambiados solo abriendo el archivo de Excel y alterando el campo que queramos, sin olvidar actualizar el objeto receta a la hora de elegir la opción.

|   | A        | B          | C                | D               | E        | F                | G                | H               | I                | J               |
|---|----------|------------|------------------|-----------------|----------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1 |          | REMOJO (%) | TIEMPO DE REMOJO | PRIMER BURBUJEO | SODA (%) | SEGUNDO BURBUJEO | ENTRE BURBUJEO 1 | TERCER BURBUJEO | ENTRE BURBUJEO 2 | CUARTO BURBUJEO |
| 2 | RECETA 1 | 100        | 0:00:10          | 0:00:10         | 20       | 0:00:10          | 0:00:04          | 0:00:10         | 0:00:04          | 0:00:10         |
| 3 | RECETA 2 | 75         | 0:00:10          | 0:00:10         | 10       | 0:00:10          | 0:00:04          | 0:00:10         | 0:00:04          | 0:00:10         |
| 4 | RECETA 3 | 50         | 0:00:10          | 0:00:10         | 5        | 0:00:10          | 0:00:04          | 0:00:10         | 0:00:04          | 0:00:10         |
| 5 | RECETA 4 | 25         | 0:00:10          | 0:00:10         | 2        | 0:00:10          | 0:00:04          | 0:00:10         | 0:00:04          | 0:00:10         |

**FIGURA 2.21** Receta de la etapa de remojo de cebada

Usualmente estas recetas van acompañadas de un secuenciador que se verá en una sección posterior. Esta receta solo nos brinda datos de algunas variables en nuestro proceso.

### 2.5.3.3.3. Receta para la Germinación Secado y Tostado.

Según las etapas de este proceso leídas en el capítulo I de este proyecto, la temperatura durante la germinación debe de ser baja y durante un período aproximado de cuatro días, para luego pasar al secado y tostado en donde

la temperatura deberá subir y mantenerse durante dos días más donde la cebada ya estará convertida en malta.

Para esta parte del proceso también era importante realizar una receta de tal manera que el operador pueda cambiarla también de acuerdo a sus necesidades, ya que la planta cuenta con siete saladines diferentes, en los cuales cada uno debe de tener su propia secuencia de funcionamiento.

Se creó entonces solo una receta que contiene los tiempos y la temperatura a la que debe llegar, pero ésta puede ser cargada a cada uno de los diferentes saladines de la planta, esto se lo realizó con la ayuda de las tablas y de la edición de conexiones. Refiérase al manual del usuario para más información sobre el tema.

## **2.5.3.4. Creación de Tablas de Datos.**

### **2.5.3.4.1. Introducción.**

LA PLANTA DE CERVECERÍA NACIONAL C.A cuenta con siete saladines para la etapa de germinación secado y tostado, así que uno de los problemas que se presentaban para el monitoreo y control de este era como hacer para que se puedan observar las variables del saladin deseado sin tener que hacer una pantalla diferente para cada saladin.

La solución esta en un objeto muy importante y que es de gran ayuda a la hora de multiplexar variables o datos del PLC denominado Data Table. Este objeto contiene una matriz de filas y columnas, muy parecida a una hoja de Excel. Cada columna es representada por una letra y cada fila es representada por un número, la intersección entre ellas se denomina celda y cada una de ellas contendrá datos que pueden ser numéricos, textuales o lógicos.

Uno de los miembros de datos importantes de este objeto es el puntero, que lo podemos mover de una a otra fila, activando así los valores de esa celda.

### 2.5.3.4.2. Tabla de variables de saladines.

Para solucionar nuestro problema y solo hacer una pantalla, en la cual seleccionando el saladin que queremos, podamos ver las variables del saladin seleccionado se debe realizar la siguiente tabla.

|   | A         | B         | C         | D           | E          | F                     | G                     |
|---|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 |           | VALVULA 1 | CONTENIDO | TEMPERATURA | POS. CARRO | FINAL DE CARRERA DER. | FINAL DE CARRERA IZQ. |
| 2 | SALADIN 1 | FALSO     | 0         | 27          | 100        | FALSO                 | FALSO                 |
| 3 | SALADIN 2 | FALSO     | 1000      | 30          | 30         | VERDADERO             | FALSO                 |
| 4 | SALADIN 3 | FALSO     | 0         | 27          | 100        | FALSO                 | FALSO                 |
| 5 | SALADIN 4 | FALSO     | 200       | 25          | 20         | FALSO                 | VERDADERO             |
| 6 | SALADIN 5 | FALSO     | 500       | 18          | 100        | FALSO                 | FALSO                 |
| 7 | SALADIN 6 | FALSO     | 1000      | 50          | 100        | VERDADERO             | FALSO                 |
| 8 | SALADIN 7 | FALSO     | 0         | 27          | 100        | FALSO                 | FALSO                 |

**FIGURA 2.22** Tabla de Datos de variables de saladines

Las variables que queremos ver en la pantalla, como por ejemplo la temperatura deberá ser nombrada como Tabla.D, entonces el valor que se mostrará en dicha variable dependerá

de la posición donde se encuentre el cursor. Observando la figura 2.14 si el cursor se encuentra en la posición 3 en la variable Tabla.D se mostrará el valor de 30 °C, de igual forma si el cursor se encuentra en la posición 6 en la misma variable Tabla.D se mostrará el valor de 50°C. Entonces lo único que queda para solucionar el problema es controlar el cursor de tal manera que cuando lo cambiemos también nos cambien las variables del saladin, y esa es una propiedad que viene con el objeto por lo que queda solucionado el problema de una manera eficiente.

## **2.5.3.5. Creación de Secuenciadores.**

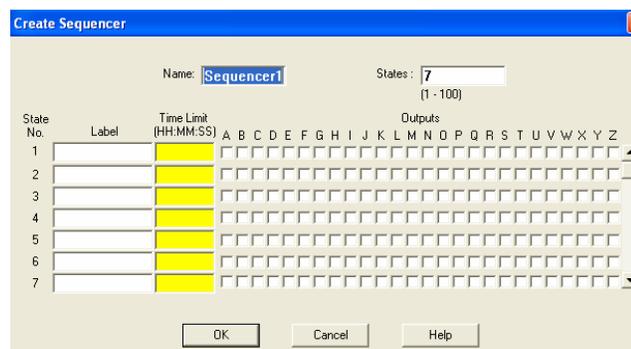
### **2.5.3.5.1. Introducción.**

Un objeto importante para el control del proceso es el secuenciador, este objeto nos permite crear hasta 100 diferentes estados y nos permite asociar salidas de tipo discretas con los respectivos estados. Es muy necesario

cuando se quieren encender motores o bombas con alguna secuencia definida.

El secuenciador pasa de un estado a otro ya sea por un intervalo de tiempo o hasta que alguna señal cause la transición a otro estado. Para crear este objeto se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se debe elegir crear nuevo objeto.
2. Luego nos sale el siguiente cuadro de diálogo donde debemos configurar nuestro objeto para que realice su tarea.



**FIGURA 2.23** Parámetros del Secuenciador

La figura 2.15 nos muestra el objeto secuenciador, en el debemos de poner el nombre del estado en el campo Label , en el

campo amarillo debemos poner un tiempo, que será el intervalo que durará el estado y los cuadros con letras de la A a la Z son las salidas discretas que debemos señalar para hacer uso de ellas cuando más sean convenientes.

### **2.5.3.5.2. Principales Secuenciadores.**

Estos objetos son creados en nuestro proyecto debido a la necesidad de encender motores con un orden determinado y de una manera sencilla, para comparar el nivel de dificultad se hizo primero la secuencia programándola en el PLC, en el cual se tuvo que dedicar más tiempo ya que se debía poner temporizadores y algunos contactos, lo cual nos tomó más tiempo que hacerlo con el objeto antes mencionado.

En nuestro proyecto se crearon muchos de estos objetos, se citarán algunos de ellos, si se quisieran ver todos se tendría que ir al buscador de conexiones para ver su configuración en más detalle.

Los principales secuenciadores que se utilizaron son para la limpieza de tinas de remojo, para la secuencia de operación de las tinas, para el transporte de malta de los saladines hasta los silos, para la secuencia de operación en los saladines y la secuencia de operación de los ciclones de polvo, entre otros.

## **2.5.3.6. Creación de base de datos histórica.**

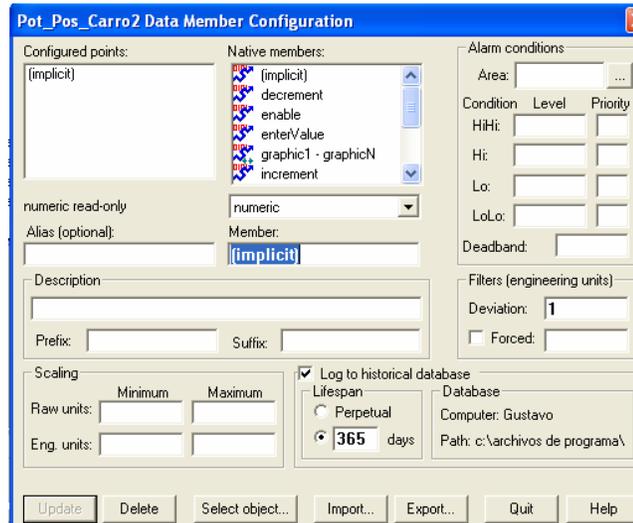
### **2.5.3.6.1. INTRODUCCIÓN.**

LOOKOUT 5.1 posee su propia base de datos Histórica llamada Citadel en el que podemos guardar nuestras variables del proceso, y

luego podemos con esos datos históricos realizar gráficos. LookOut guarda los datos en el histórico solamente cuando estos valores cambian y no por intervalos de tiempo. Esto refleja la conducta real del punto con precisión porque el mismo valor no se esta grabando encima una y otra vez.

Podemos guardar cualquier miembro de dato de cualquier objeto en esta base de datos. Por defecto los datos no son guardados. Para poder guardar un miembro de datos en la base de datos histórica se procede de la siguiente manera:

b. Seleccionamos Objeto>Configure data member, seleccionamos luego el miembro de datos que queremos guardar en la base de datos. La figura 2.16 nos muestra el cuadro de dialogo que aparece.



**FIGURA 2.24** Configuración de Miembros de Datos

- c. Seleccionamos la casilla de verificación de guardar en base de datos histórica.
- d. Escogemos el tiempo que queremos que se este guardando el dato en la base histórica.
- e. Finalmente ponemos el valor de la desviación, este valor nos va indicar en cuanto tiene que cambiar nuestra variable para guardarla en el histórico nuevamente.

### **2.5.3.6.2. Elección de Variables del Proceso.**

Las variables a guardar en la base de datos histórica de nuestro proceso son principalmente el contenido de cada uno de los once silos de almacenamiento, ya sea de malta o de cebada.

Para el proceso de Remojo se guardará el contenido de cebada de cada una de las tinas así como también es necesario ver el tiempo en el que se realiza la aireación u oxigenación del grano.

Por último otras de las variables importantes que necesitan ser monitoreadas en el proceso de germinación, secado y tostado son la temperatura de cada uno de los saladines, la posición del carro removedor de granos y el contenido de cebada de los saladines.

### 2.5.3.6.3. Elaboración de gráficos

#### Históricos.

Para la realización de gráficos históricos se debe usar el objeto Hyper Trend, este objeto crea un gráfico de tendencias histórica de las variables y también podemos ver el estado de nuestras variables en tiempo real.

Para obtener los gráficos debemos de crear el objeto Hyper Trend, en el que nos aparece el siguiente cuadro de diálogo:



**FIGURA 2.25** Configuración de Hyper Trend

En el debemos de insertar primero un grupo en el que van a estar organizados las diferentes

variables, luego insertamos la variable que deseamos guardar y le agregamos un color a cada una de ellas y aceptamos.

#### **2.5.3.7. Descripción del funcionamiento.**

La descripción del proceso comprende el manejo desde el momento que llega el grano de cebada y se almacena en la tolva subterránea para después ser llevada a las tolvas de almacenamiento de cebada para ser llevadas a las tinas de remojo en donde el grano es remojado y aireado por un tiempo determinado.

Después este grano es llevado hacia los saladines en donde se desarrollan tres procesos. El primer proceso se lo conoce como germinación que es donde el grano germina una vez terminada esta etapa comienza la etapa de secado y tostado del grano y por ultimo la etapa de descarga del grano.

Una vez terminada las etapas anteriores se lleva al grano a los silos de almacenamiento de malta para mayor información refiérase al **Anexo A 1.7.**

# Capítulo III

## CONTROL DE ADQUISICION DE DATOS POR MEDIO DE LABVIEW 7.0 EXPRESS DE NATIONAL INSTRUMENTS

### 3.1. Sistemas de Instrumentación Virtual

Con el rápido avance tecnológico de las computadoras en los últimos 20 años generó una revolución en la instrumentación de ensayos, mediciones y automatización. Un importante desarrollo en las computadoras es la instrumentación virtual.

Un instrumento virtual (IV), definido como, "un instrumento que no es real, se ejecuta en una computadora y tiene sus funciones definidas por software." (National Instruments, 2001). A este software le dieron el nombre de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, más comúnmente conocido por las siglas LabVIEW. A partir del concepto de instrumento virtual, se define la instrumentación virtual como un sistema de medición, análisis y

control de señales físicas con una computadora por medio de instrumentos virtuales. LabVIEW, el primer software empleado para diseñar instrumentos en la computadora personal (PC), es un software que emplea una metodología de programación gráfica, a diferencia de los lenguajes de programación tradicionales. Su código no se realiza mediante secuencias de texto, sino en forma gráfica, similar a un diagrama de flujo. Aunque la PC y la tecnología de los circuitos integrados han experimentado avances significativos en las últimas dos décadas, es el software que realmente provee la ventaja de construir sobre esta potente base de hardware para crear instrumentos virtuales, proporcionando mejores maneras de innovar y de reducir los costos significativamente. Con los instrumentos virtuales los ingenieros y científicos construyen sistemas de medición y automatización que se ajustan a sus necesidades (definidos por el usuario) en lugar de estar limitados por los instrumentos tradicionales tales como osciloscopios y generadores de onda, que son muy poderosos, caros y diseñados para llevar una o más tareas específicas definidas por el fabricante. Sin embargo el usuario no puede extender o personalizar estas tareas. Las perillas y botones del instrumento sus circuitos electrónicos y las funciones disponibles

para el usuario son todas específicas a la naturaleza del instrumento.

### **3.1.1. Hardware para la instrumentación.**

Existe una amplia variedad de hardware que se puede insertar en la computadora o acceder a través de una red. Estos dispositivos ofrecen un amplio rango de capacidades de adquisición de datos a un costo significativamente inferior que el correspondiente a dispositivos dedicados. Dependiendo de la aplicación en particular, el hardware que se utilice podría incluir entradas o salidas analógicas, entradas o salidas digitales, contadores, temporizadores, filtros, muestreo simultáneo y capacidades de generación de ondas. La amplia gama de placas y hardware podría incluir cualquiera de esas características o una combinación de ellas.

### **3.1.2. Software para la instrumentación.**

El software para la instrumentación es el componente más importante del instrumento virtual. Con la herramienta apropiada los ingenieros y científicos pueden

crear eficientemente sus propias aplicaciones, diseñando e integrando las rutinas que requiere un proceso particular. También puede crear las interfaces de usuario que mejor satisfagan el objetivo de la aplicación y de aquellos que van interactuar con ellas. Pueden definir como y cuando la aplicación adquiere datos desde el dispositivo, como los procesa, manipula y almacena los datos, como se presentan los datos y como se presentan los resultados.

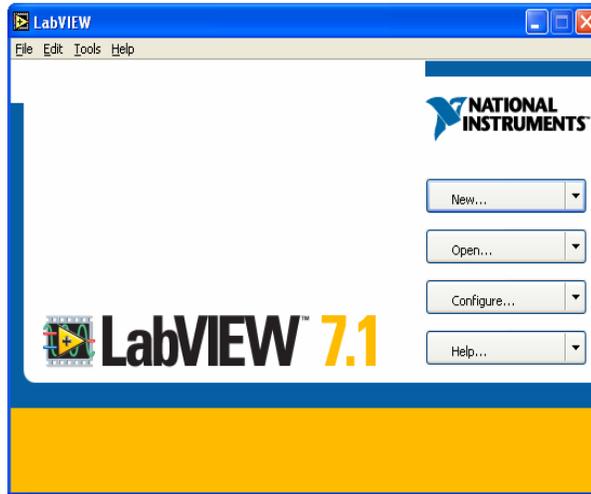
El software LabVIEW es una parte integral de la instrumentación virtual dada provee un ambiente de desarrollo de aplicaciones que es fácil de utilizar y está diseñado específicamente teniendo en cuenta las necesidades de ingenieros y científicos. LabVIEW ofrece poderosas características que facilitan la conexión a una gran variedad de hardware y otros.

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

### **3.2.1. Creación de Instrumentos Virtuales**

Para la creación de instrumentos virtuales en LabVIEW 7.1 se debe crear el panel frontal.

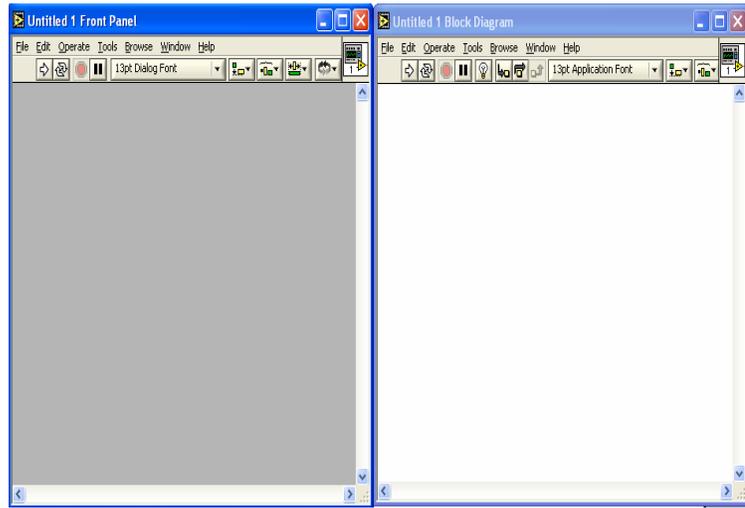
Primero se debe abrir LabVIEW y dar clic en crear un nuevo instrumento virtual como se muestra en la figura 3.1



**FIGURA 3.1** 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 y Diagrama de Bloques que se puede ver en la figura 3.2

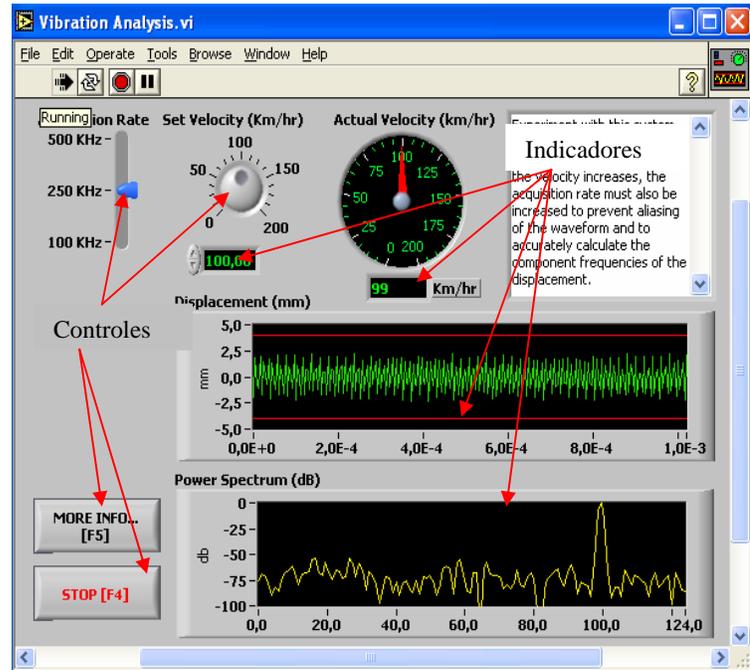


**FIGURA 3.2** Panel Frontal y Diagrama de Bloques

El panel frontal es la interfase del usuario con el VI. El panel frontal se debe construir con controles e indicadores, que son las entradas y salidas que interactúan con las terminales del VI, respectivamente. Los controles son botones, botones de empuje, marcadores y otros componentes de entradas. Los indicadores son las graficas, luces y otros dispositivos.

En la figura 3.3, los controles simulan instrumentos de entradas de equipos y suministra datos al diagrama de bloques del VI. Los indicadores

simulan salidas de instrumentos y suministra datos que el diagrama de bloques adquiere o genera.

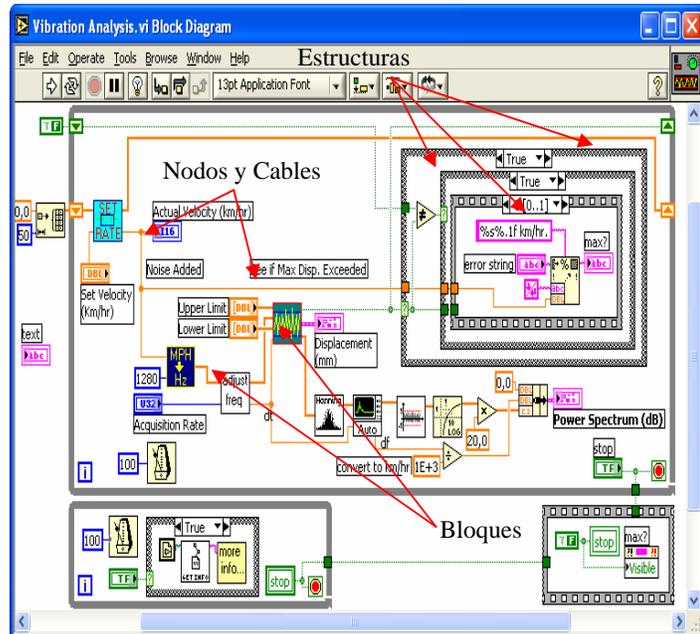


**FIGURA 3.3** Panel Frontal de un Análisis de Vibración

El panel frontal también contiene una barra de herramientas, y sus funciones.

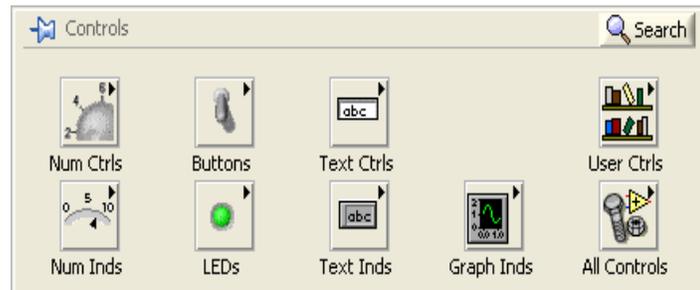
El diagrama de bloque contiene el código fuente gráfico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloque. Adicionalmente, el diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas de LabVIEW VI. Los cables conectan

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 3.4.



**FIGURA 3.4** Diagrama de Bloques de un Análisis de Vibración

En la creación del objeto virtual en el panel frontal, se escoge el objeto de la barra de herramientas que se observa en la figura 3.5.



**FIGURA 3.5** Barra de herramientas

En la figura 3.6 se muestra cuando el objeto es creado, una terminal es creada en el diagrama de bloques. Estas terminales le dan acceso a los objetos del panel frontal del código creado mediante el diagrama de bloque.

Cada terminal contiene información útil referente al objeto al cual corresponde en el panel frontal. 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. Las terminales booleanas son verdes y son representadas por las letras TF (Verdad y Falso).

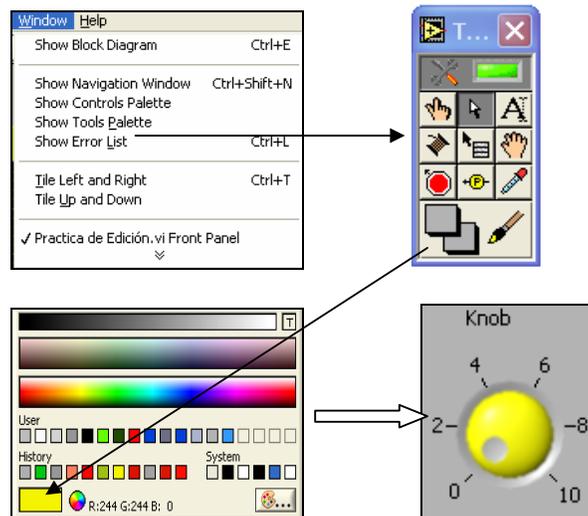


control, y cada cable puede tener varios destinos o indicadores.

### **3.2.2. Edición de Instrumentos Virtuales**

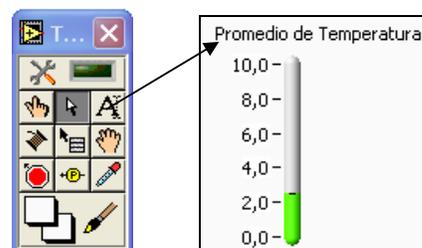
En la edición de instrumentos virtuales, LabVIEW tiene herramientas y menú para cambiar las propiedades por ejemplo el color, escala, texto, posición, alineación, tamaño, etc. Para cambiar el color del objeto y también el del panel frontal es de la siguiente manera:

En la figura 3.7 se muestra el submenú de Windows de la barra de herramientas del panel frontal, habilitar la opción de mostrar paletas de herramientas, escoger el color de preferencia y señalar con el pincel sobre el objeto a cambiar de color.



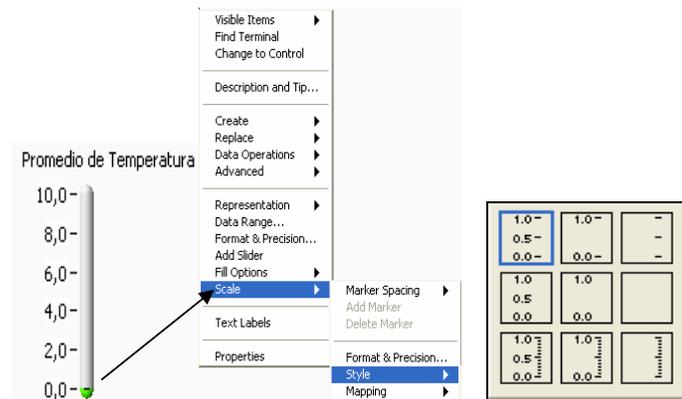
**FIGURA 3.7** Cambio de color de un objeto en LabVIEW

En el caso de insertar un texto, se señala la letra A de la paleta de herramientas y se escribe el texto del objeto, tal como se muestra en la figura 3.8.



**FIGURA 3.8** Texto para un objeto en LabVIEW

En el cambio 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 preferencia. La figura 3.9 muestra el procedimiento para cambiar la escala del objeto.



**FIGURA 3.9** Cambio de Escala para un objeto en LabVIEW

### 3.2.3. Programación de los objetos virtuales.

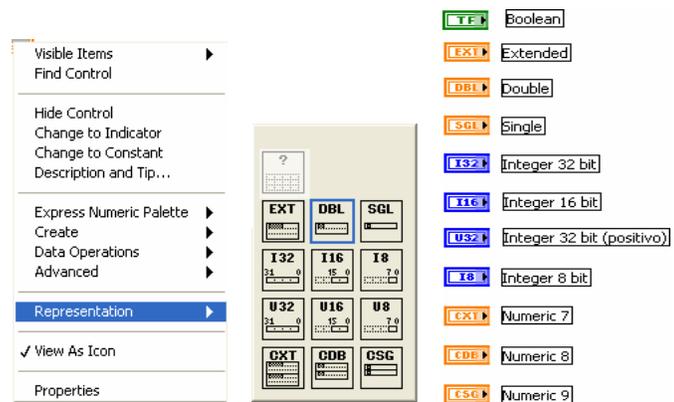
LabVIEW utiliza un lenguaje gráfico de programación para programar primero, se deben conocer los tipos de datos, la ejecución del flujo de datos, conocer los ciclos Mientras (While) y Para (For) y también estructuras de caso.

LabVIEW tiene una variada gama de tipos de datos que se muestran en la tabla 3.1 Cuando se pone un control o indicador en el panel frontal, LabView pone un terminal correspondiente a este control o indicador en el diagrama en bloque. Este terminal desaparece solo cuando se borra el control o indicador. Los enlaces o alambres son los caminos de los datos entre los terminales fuente y los terminales destino. No se permite enlazar dos terminales fuentes ni dos terminales destinos, y si se permite enlazar un terminal fuente a varios terminales destino.

**Tabla 3.1** Tipos de Datos en LabVIEW

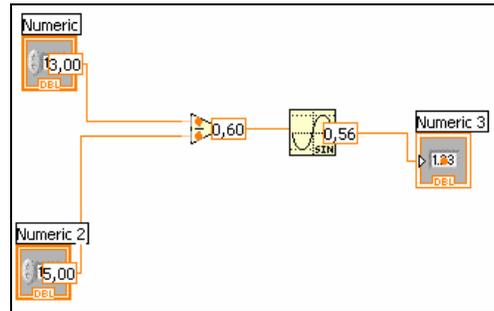
| TIPO DE DATO DE LabVIEW        | DESCRIPCIÓN                            |
|--------------------------------|--|
| Boolean                        | 1 Bit.                                 |
| Long (I32)                     | 32 (4 bytes).                          |
| Word (I16)                     | 16 (2 bytes).                          |
| Byte (I8)                      | 8 (1 bytes)                            |
| Long Unsigned (U32)            | 32 (4 bytes)                           |
| Word Unsigned (U16)            | 16 (2 bytes)                           |
| Byte Unsigned (U8)             | 8 (1 bytes)                            |
| Extended (EXT)                 | 96 (12 bytes)                          |
| Double(DBL)                    | 64 (8 bytes)                           |
| Single (SGL)                   | 32 (4 bytes)                           |
| Complex Extended (CXT)         | 192 (24 bytes)                         |
| Complex Double (CDB)           | 128 (16 bytes)                         |
| Complex Single (CSG)           | 64 (8 bytes)                           |
| Cadena(String)                 | abc                                    |
| Conjunto de caracteres en ASII | (1 byte/carácter)                      |
| Arreglos (Array) [...]         | Según el tipo de elementos del arreglo |
| Grupos (Cluster)               | Estructura                             |

En La figura 3.10 se muestra la representación de los tipos de datos en LabVIEW.



**FIGURA 3.10** Representación de los datos en LabVIEW

LabVIEW sigue un modelo de flujo de datos para ejecutar los VIs. 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 la figura 3.11 el flujo de control, es de orden secuencial de los elementos del programa determina el orden de ejecución de un programa.



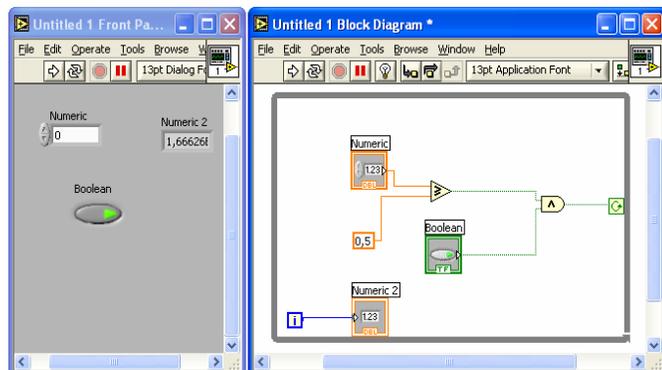
**FIGURA 3.11** Flujo de Control

En LabVIEW existen los ciclos Mientras (While) y Para (For) están localizados en Functions Structures. El ciclo Para difiere del ciclo Mientras en que el ciclo Para ejecuta una serie (set) de veces predeterminada. El ciclo Mientras deja de ejecutar el sub diagrama solo si el valor en la condición terminal existe.

**Ciclo Mientras.**-Similar al ciclo Haga (Do) o al ciclo Repita-hasta (Repeat-Until) en lenguajes de programación basados en texto, un ciclo Mientras, ejecuta un sub diagrama hasta que la condición sea cumplida.

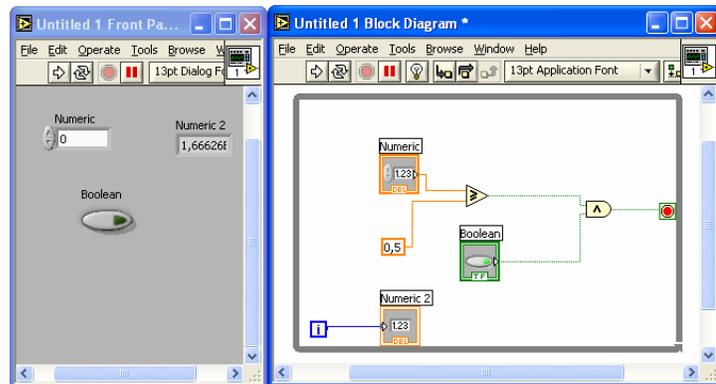
El ciclo Mientras ejecuta el sub diagrama hasta que la terminal dependiente, recibe un valor Booleano

específico. El comportamiento y la apariencia de la terminal dependiente es Continue if True (continúe si es Verdadero), mostrado a la derecha de la figura 3.12, 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 3.12** Ciclo Mientras (While) continua si verdadero

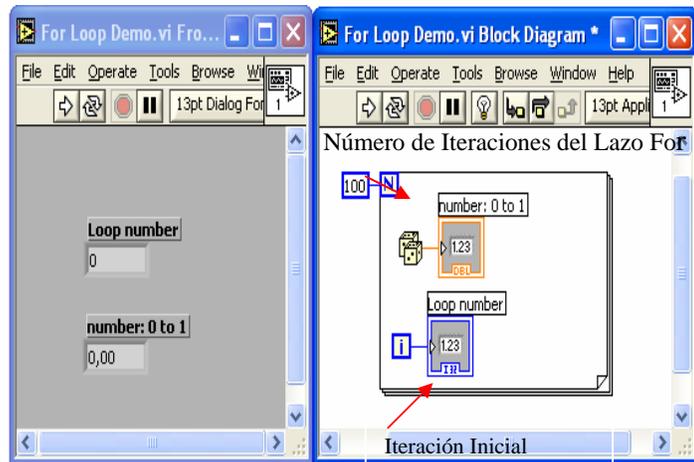
Si el ciclo es Stop if true (Detener si es verdadero) tiene la misma configuración del ciclo anterior, la única diferencia, es que el ciclo se detiene si la acción booleana es verdadero, como se muestra en la figura 3.13.



**FIGURA 3.13** Ciclo Mientras (While) se detiene si es verdadero

### Ciclo For (Para)

Un ciclo For (Para), mostrado en la figura 3.14, ejecuta una serie varias veces. El valor en la terminal de conteo (una terminal de entrada) representada por la N, indica cuantas veces repetir el sub diagrama y para el caso de la figura 3.13 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 3.14** Ciclo For (Para)

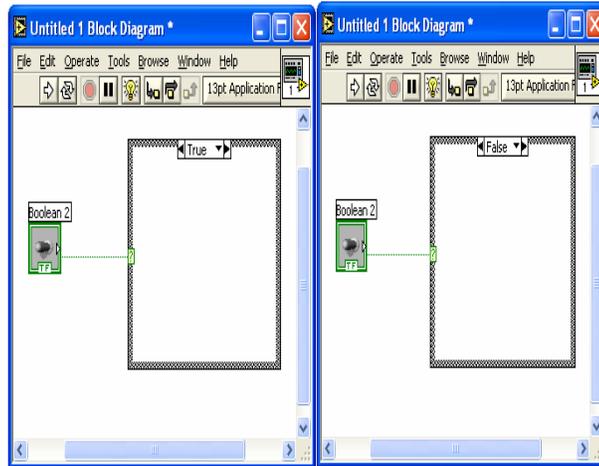
### Estructuras de Caso

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

En la subpaleta de Execution Control (control de ejecución) de la paleta de Functions (funciones).

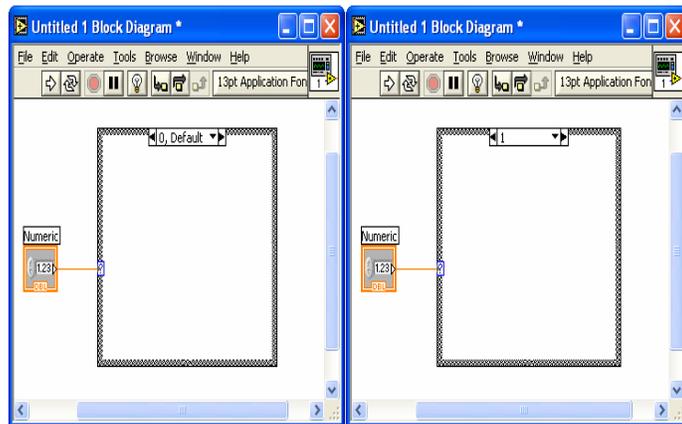
Es semejante a los enunciados if-then-else (si-entonces-de otro modo) en otros lenguajes, solo se puede ver un caso a la vez.

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.



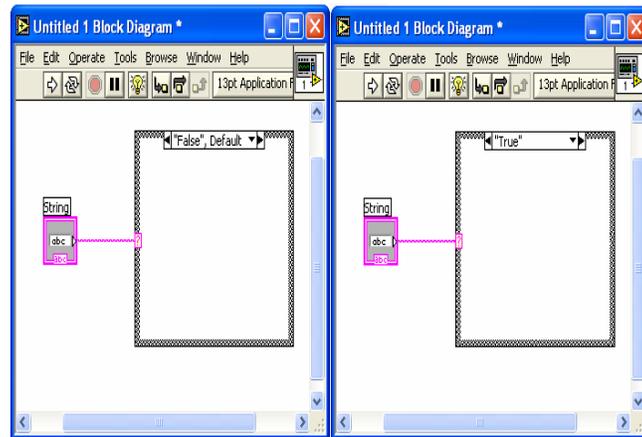
**FIGURA 3.15** Estructura caso de entrada booleana.

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 3.16.



**FIGURA 3.16** Estructura caso de entrada numérica.

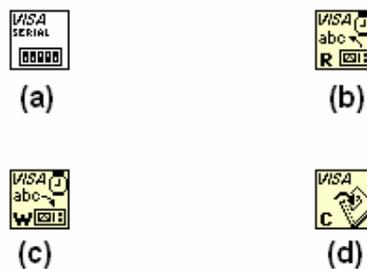
En una entrada de cadena de caracteres. Como el caso de los valores numéricos de entrada, el valor de la cadena de caracteres determina cual caso se ejecutara. El valor debe de ajustarse exactamente al de los casos o sino la estructura ejecutara el caso por omisión véase la figura 3.17.



**FIGURA 3.17** Estructura caso con entrada de cadena de caracteres.

### 3.3 Manejo de la interfase de adquisición de datos

Para el manejo de la interfase de adquisición de datos, LABVIEW cuenta con varias funciones para el uso del puerto serial que es el que necesitamos para la comunicación con nuestra tarjeta de comunicación basada en el microcontrolador 16F877A.

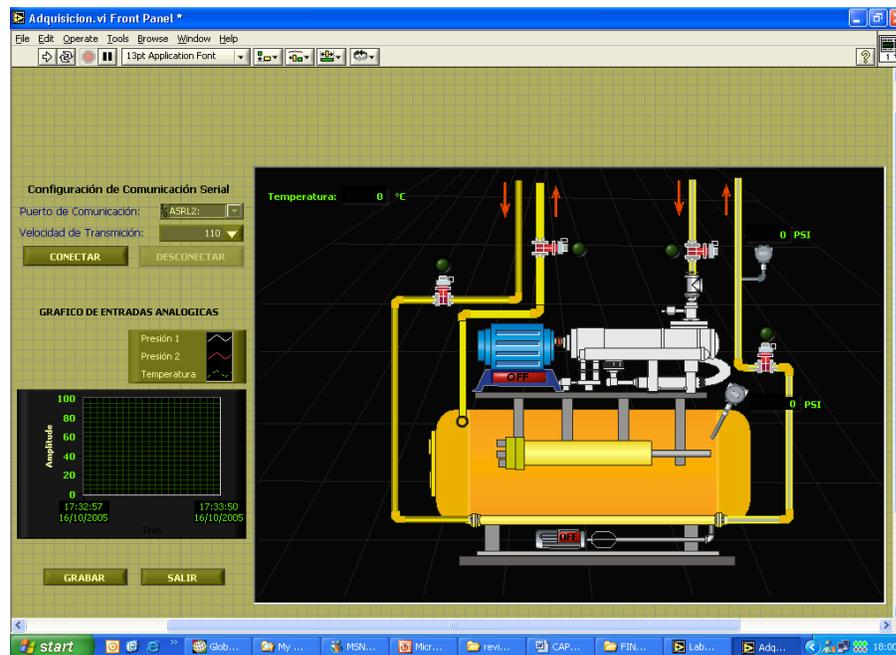


**FIGURA 3.18** Funciones utilizadas para el manejo del puerto serial (a)VISA Serial, (b)VISA Read, (c)VISA Write y (d)VISA Close

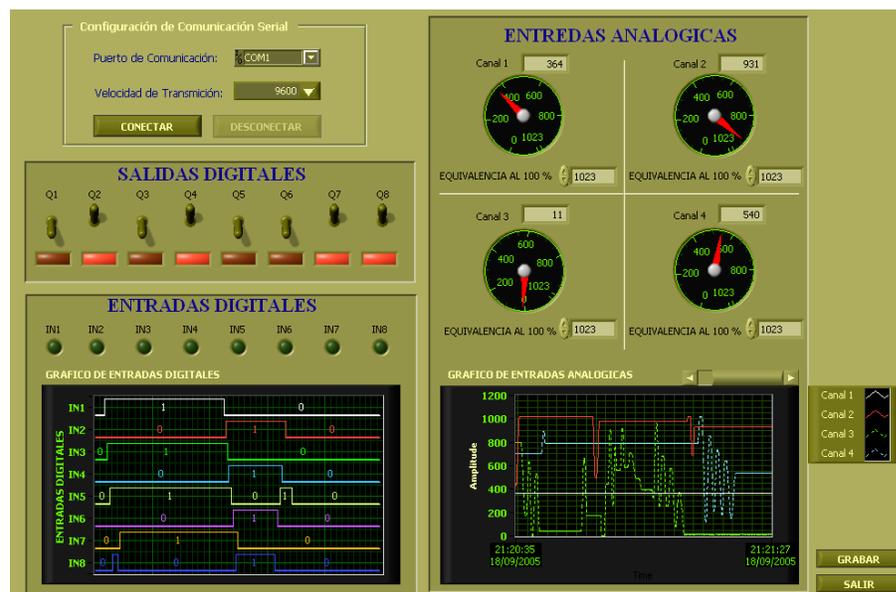
La figura 3.18(a) nos muestra la primera función usada principalmente para la configuración del puerto serie, en el se debe establecer la velocidad de transmisión, bits de datos, los bits de paridad, bits de paro y flujo de control. La figura 3.18(b) nos muestra la función que se utiliza para leer el los datos presentes en el puerto serie y la figura 3.18(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 3.18(d).

### **3.4 Instrumentación virtual en el proceso del sistema de manejo de granos de la Industria Cervecera para la obtención de Malta.**

La figura 3.19 nos muestra la aplicación desarrollada en LABVIEW para nuestro proceso del manejo de granos, podemos observar que consta de 4 entradas analógicas, 8 entradas digitales y 8 salidas digitales, también consta de dos gráficos tanto para las entradas digitales como para las entradas analógicas.



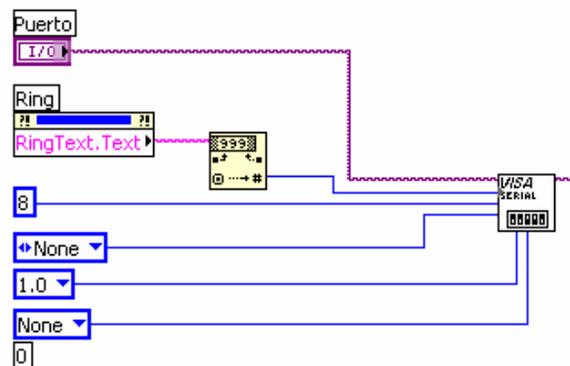
**FIGURA 3.19A** Pantalla de visualización de la Aplicación realizada en LABVIEW de la industria



t  
alla de visualización de la Aplicación realizada en LABVIEW

También existe una parte para la configuración de la comunicación serial, en el cual podemos establecer la velocidad de transmisión, y dos botones para conectarnos o desconectarnos de la tarjeta de adquisición de datos.

La figura 3.19 nos muestra solo el panel frontal, detrás de todo esto hay un diagrama de bloques que es el código de programación que hace que nuestra aplicación funcione correctamente. Este está formado principalmente por un ciclo While que se ejecuta hasta presionar el botón SALIR, este contiene una secuencia de tres estados que se empieza a ejecutar siempre y cuando se presiones el botón CONECTAR. El primer estado de esta secuencia sirve para configurar el puerto serial con la velocidad establecida en el panel de control, la figura 3.20 nos muestra el código realizado para la configuración del puerto serie.

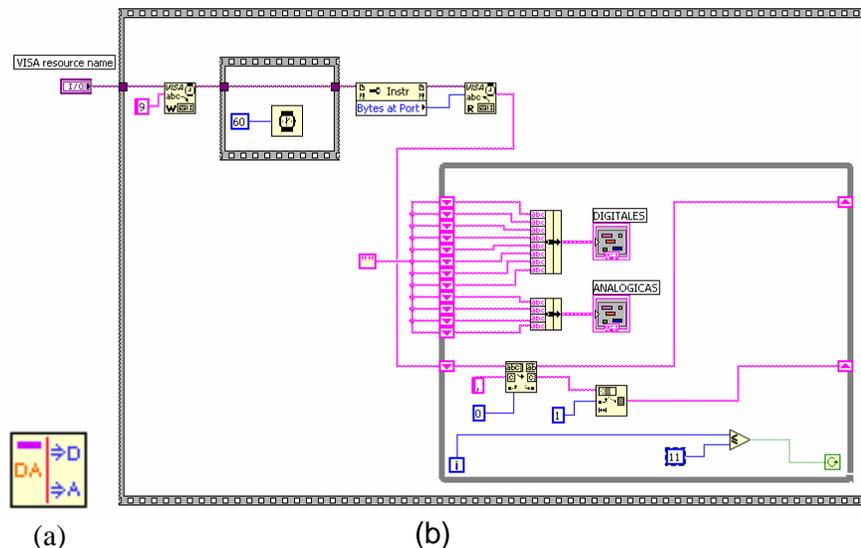


**FIGURA 3.20** Configuración del puerto serial

El segundo estado de la secuencia es la más importante de la programación de la aplicación porque en ella se realiza casi todo el funcionamiento de la aplicación, consta de varias partes importantes.

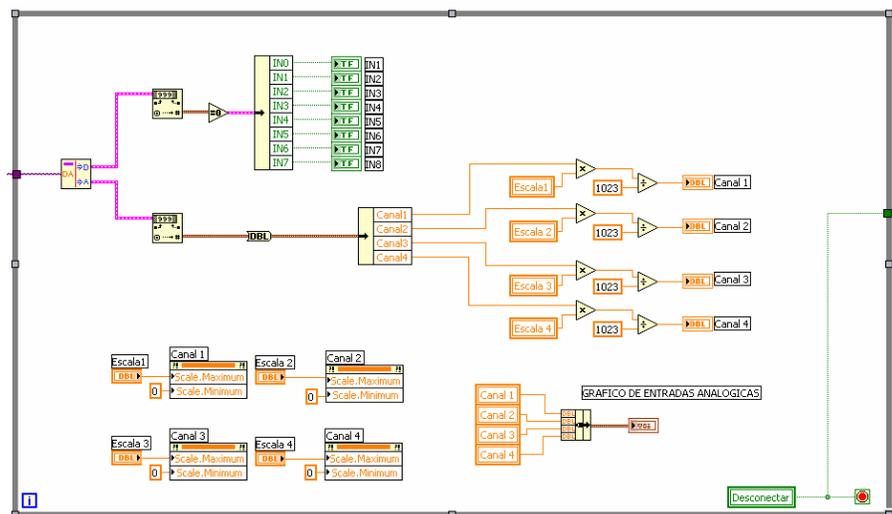
La primera parte importante es el desarrollo de un SUBVI para la adquisición de todos los datos del mundo externo, el código del SUBVI se muestra en la figura 3.21(b), el objetivo del mismo es que enviemos por el puerto el caracter '9' cada 60 ms, de tal manera que el PIC responda a nuestra petición de los datos con el envío de los mismos hacia la PC, una vez obtenidos los datos los leemos y entran a un ciclo While para que cada uno de los datos sean separados y guardados en dos clusters, uno para las entradas digitales y otras para las entradas analógicas.

Todo este código es empaquetado en un SUBVI que contiene una entrada que es el nombre del puerto de comunicación utilizado y dos salidas que constan de dos clusters. El icono de nuestro SUBVI se muestra en la figura 3.21(a), y se lo podrá utilizar en cualquier parte del programa.



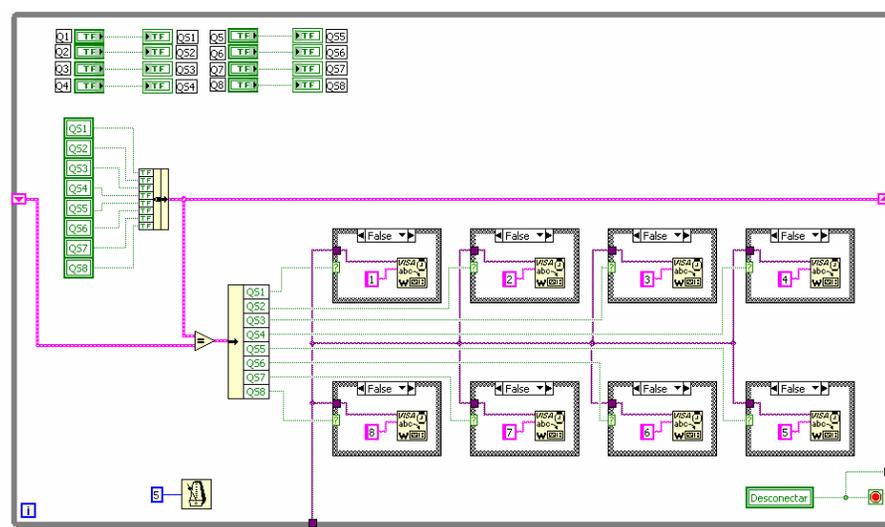
**FIGURA 3.21** SUBVI para la adquisición de datos

En la figura 3.22 vemos el uso del SUBVI mencionado anteriormente en el cual las salidas analógicas y digitales se convierten de caracteres a números y digitales respectivamente, para ser luego mostradas en el panel frontal.



**FIGURA 3.21** Programación para mostrar los datos adquiridos en el panel frontal.

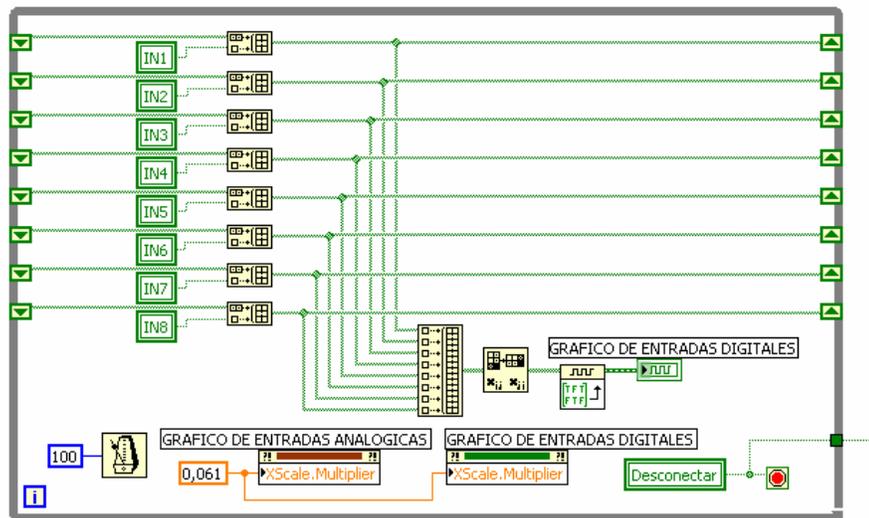
Para activar las salidas digitales de la tarjeta se realizó un procedimiento, mostrado en la figura 3.22, en el cual se está constantemente preguntando por algún cambio en los interruptores del panel frontal con la ayuda de los registros de desplazamiento del ciclo while, si se produce un cambio entonces se escribe en el puerto el comando para activar o desactivar la salida correspondiente, por ejemplo si hay un cambio en el interruptor uno que corresponde a la salida 1 se ejecuta el recuadro que escribe el carácter '1' en el puerto serie para el encendido del relé de la salida 1.



**FIGURA 3.22** Procedimiento de manejo de salidas digitales

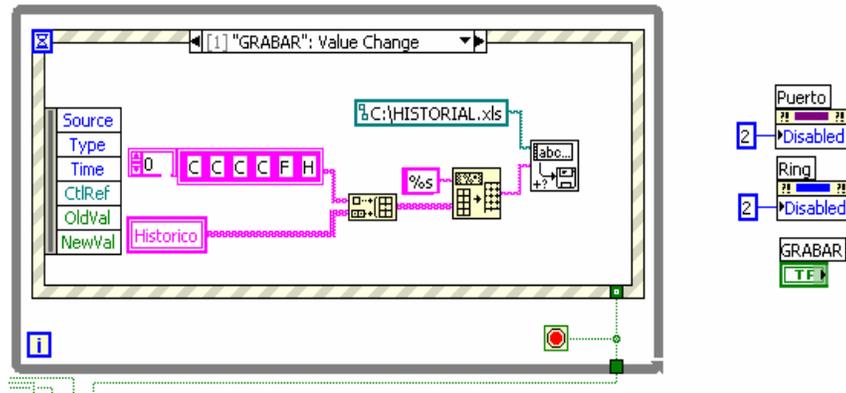
Una vez obtenidos los datos tanto digitales como analógicos, se procedió a realizar el gráfico de las entradas digitales, para lo cual

necesitamos crear un arreglo multidimensional de las entradas como se muestra en la figura 3.23.



**FIGURA 3.23** Procedimiento para crear el grafico de las entradas digitales

Finalmente se realizo un procedimiento que nos permite guardar el histórico de los datos analógicos en un archivo de EXCEL cuando se presione el botón grabar, como se muestra en la figura 3.24.



**FIGURA 3.24** Procedimiento para crear el grafico de las entradas digitales

En el secuenciador de eventos espera por la validación del botón Grabar, si es verdadero los datos anteriores y actuales del arreglo Histórico se almacenan en otro arreglo el cual es convertido en una tabla de formato de caracteres para luego ser enviado en un formato xls.de EXCEL.

## **Capítulo IV**

### **4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN EL MICROCONTROLADOR 16F877.**

#### **4.1 Descripción del Sistema.**

##### **4.1.1 Introducción.**

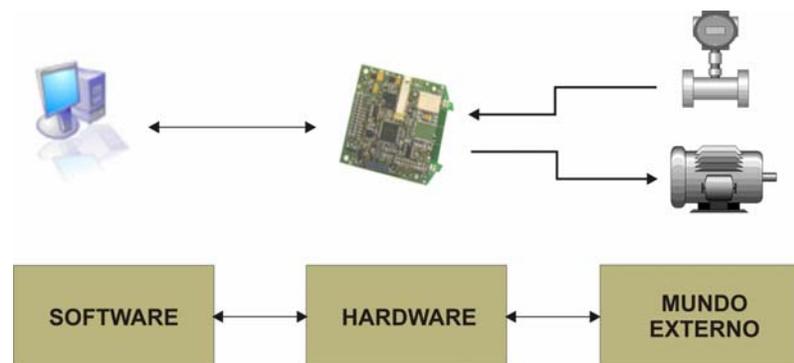
En esta sección se hace un bosquejo de la estructura que debe tener el proyecto, es decir aquí se dan las ideas y se establecen las condiciones de funcionamiento en la que se basa el prototipo presentado en este trabajo.

Básicamente lo que se quiere es un módulo que sea capaz de realizar una adquisición de datos analógicos y digitales de diferentes variables físicas de cualquier proceso en la industria, y comunicarlos a través del puerto

serie a la computadora, para ser procesados y visualizados y luego establecer algún tipo de control en las salidas.

Dentro de las posibles aplicaciones que se puede dar a este proyecto podría ser cualquier proceso de control que demande una cantidad de cuatro entradas analógicas, ocho entradas digitales aisladas por opto acopladores y ocho salidas digitales con relés, que pueden manejar una corriente nominal de 10 A a 28 Vdc o 12 A a 120 Vac.

#### 4.1.2 Diagrama de Bloques.



**FIGURA 4.1** Diagrama de bloques del sistema

La figura 4.1 nos muestra el diagrama de bloques de cada una de las etapas que comprenden el proyecto antes

mencionado, consta de tres bloques principales que se detallan a continuación:

El bloque del software lo constituye un programa que corre bajo el sistema operativo de Windows, este programa debe ser capaz de comunicarse con el hardware para transferir o recibir datos hasta o desde el microcontrolador.

En lo que tiene que ver al hardware debe implementarse el sistema operativo del PIC (para mayor información refiérase a abreviaturas) de tal manera que haya una rutina de comunicación con la computadora y también la rutina para la conversión de los datos analógicos en digitales, en el hardware deberá colocarse también la respectiva interfase para acoplar los niveles de voltaje TTL de 5 Vdc a RS232 y viceversa (refiérase a abreviaturas y al glosario).

Para que la tarjeta obtenga los datos del mundo externo tiene cuatro entradas analógicas y ocho entradas digitales que estarán aisladas con opto acopladores y las ocho

salidas digitales estarán implementadas con relés de 12 Vdc con una corriente nominal de 12 A.

## **4.2 Diseño del Hardware.**

### **4.2.1 Consideraciones para el diseño de la tarjeta.**

El objetivo de este proyecto es diseñar una tarjeta de adquisición de datos basada en un microcontrolador de cuatro entradas analógicas, ocho entradas y ocho salidas digitales.

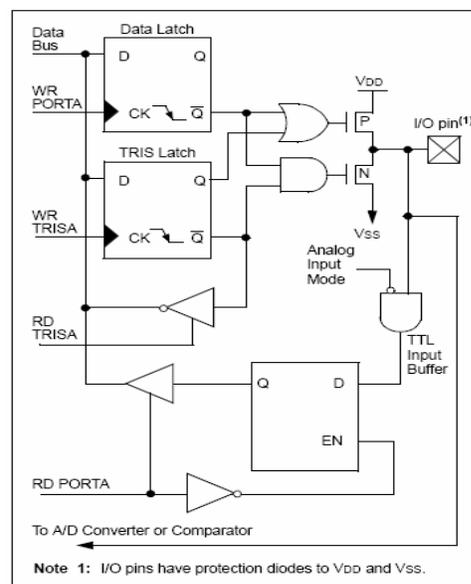
#### **4.2.1.1 Características técnicas de la tarjeta.**

Durante el diseño de este proyecto era necesario establecer las capacidades y los límites del mismo de acuerdo al objetivo planteado. En las siguientes secciones se

expondrán las características de cada una de las etapas concebidas.

#### 4.2.1.2 Entradas.

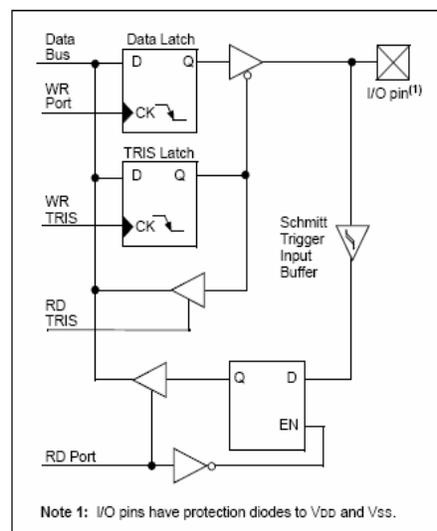
Son cuatro entradas analógicas de la tarjeta ubicadas en el puerto A, que corresponden a los pines 2 al 5 que tienen las funciones de RA0 a RA3 respectivamente. También consta de ocho entradas digitales que son del tipo todo o nada, que manejan 5 Vdc como máximo y 0 V como mínimo, que son manejadas por el Puerto B.



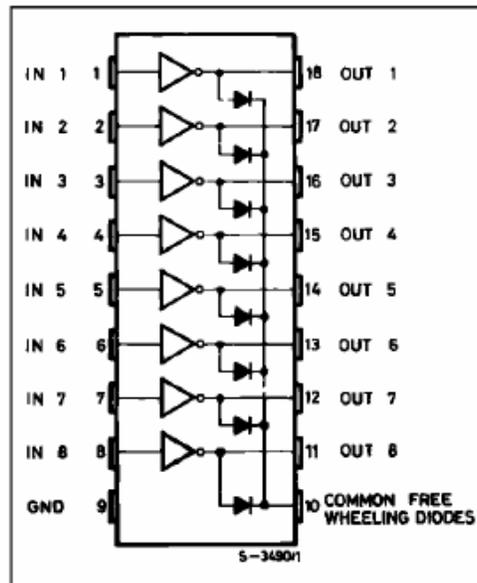
**FIGURA 4.2** Diagrama de bloques de las entradas analógicas del microcontrolador

### 4.2.1.3 Salidas.

Las salidas son manejadas por ocho relés de 12 Vdc y son controladas por el puerto D, como las salidas del PIC manejan una corriente relativamente baja en comparación con la corriente de polarización de la bobina de los relés, es necesario colocar algún tipo de circuito para manejar los mismos, en este caso se usará el integrado ULN2803 refiérase **Anexo B 1.1** para manejar los ocho relés que poseen una corriente nominal de 12 amperios en sus contactos.



**FIGURA 4.3** Diagrama de bloques de las salidas digitales del microcontrolador



**FIGURA 4.4** Diagrama de bloques del integrado ULN2803.

#### 4.2.1.4 Alimentación.

Para la alimentación podemos utilizar cualquier fuente de unos 15 o 18 Vdc a 1 A. Dentro de la tarjeta se utiliza un regulador de voltaje 7812 para obtener 12 Vdc para manejar las salidas de los relés y el regulador 7805 para la electrónica de control de la tarjeta.

#### 4.2.2 Criterios para la selección del PIC.

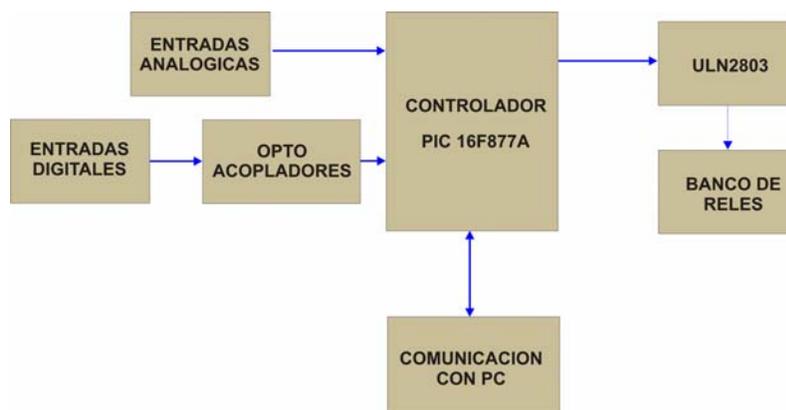
Para poder elegir el PIC que se iba a utilizar se debió tomar en cuenta varios aspectos, basados en los requerimientos de recursos, consideraciones de precios versus prestaciones, disponibilidad en el mercado y proyecciones para futuras ampliaciones.

Los requerimientos principales de nuestro sistema se mencionan a continuación:

- Se necesitan 20 pines de E/S, 4 entradas analógicas, 8 entradas y 8 salidas digitales.
- Se requiere que tenga un módulo de comunicación serial, para las señales Tx y Rx.
- Se requiere que tenga un módulo de conversión analógica – digital para la adquisición de variables analógicas.
- Debe poseer suficiente memoria para programas y datos.

Por los requerimientos antes mencionado se eligió trabajar con el PIC 16F877A refiérase **Anexo B 1.1** que cumple con todos los requisitos y existe en el mercado.

### 4.2.3 Diagrama de bloques.



**FIGURA 4.5** Diagrama de bloques de la tarjeta

La figura 4.5 podemos ver cada una de las partes de la tarjeta de adquisición de datos. Como bloque central está el controlador que ha sido implementado con el PIC16F877A, el bloque de entradas lo constituyen las 4 entradas analógicas y las 8 entradas digitales, el bloque de opto-acopladores es para aislar las señales de entradas digitales del circuito de control.

El bloque de comunicación con el computador se logra a través del USART integrado en el PIC y el integrado MAX232 refiérase **Anexo B 1.1** para convertir las señales TTL a niveles de voltaje para la comunicación con

protocolo RS232, que es una norma que transmite por voltajes referenciados a su terminal de tierra cuyo nivel 1 es un voltaje entre - 3 y -12VDC y cuyo nivel 0 es un voltaje entre 3 y 12 VDC.

Para manejar las salidas de la tarjeta se ha dispuesto de un circuito integrado EIGHT DARLINGTON ARRAYS ULN2803 que contiene ocho salidas para manejar el banco de relés.

#### 4.2.4 Diagrama Esquemático.

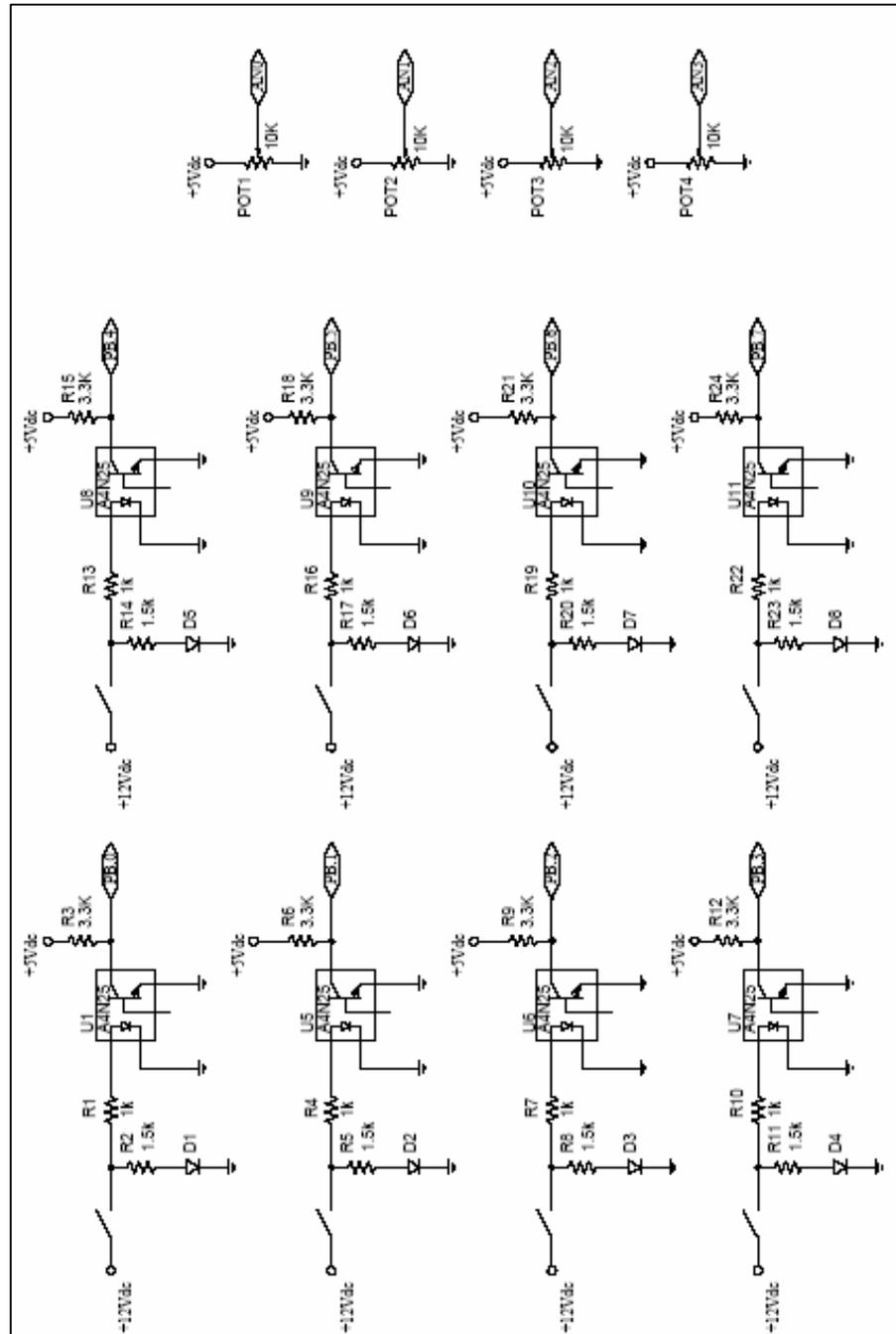


FIGURA 4.6 Diagrama Esquemático de las Entradas

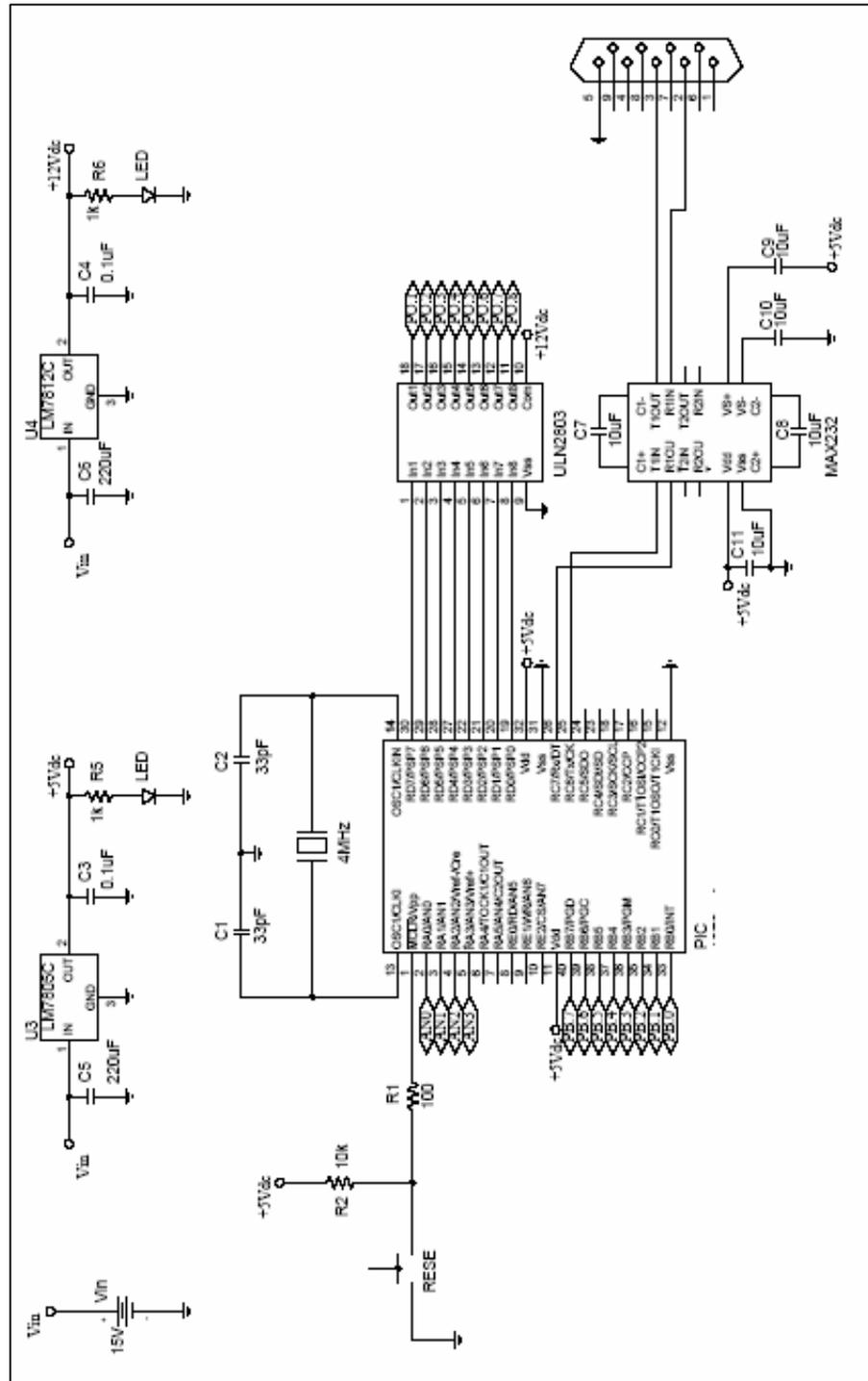


FIGURA 4.7 Diagrama Esquemático del controlador

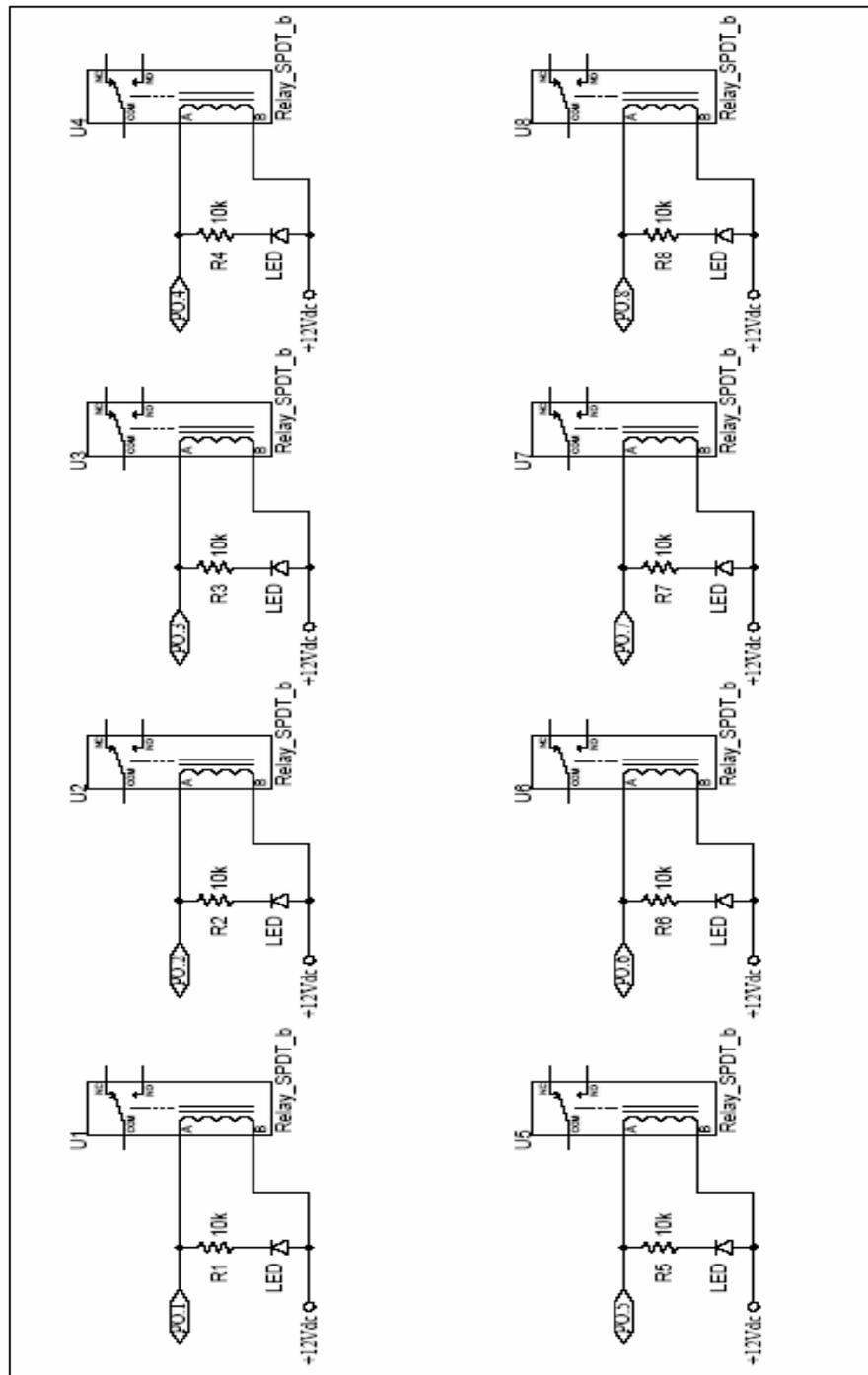
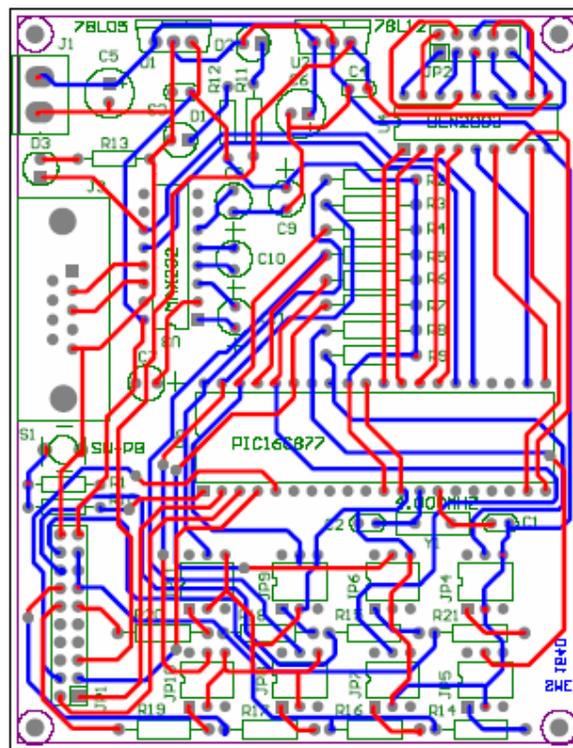
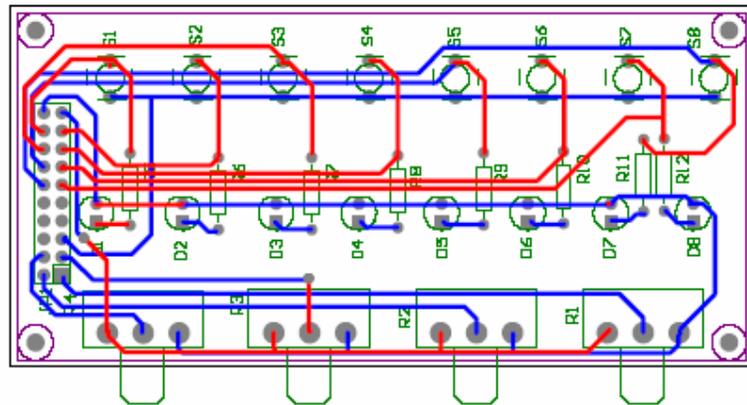


FIGURA 4.8 Diagrama Esquemático de las Salidas

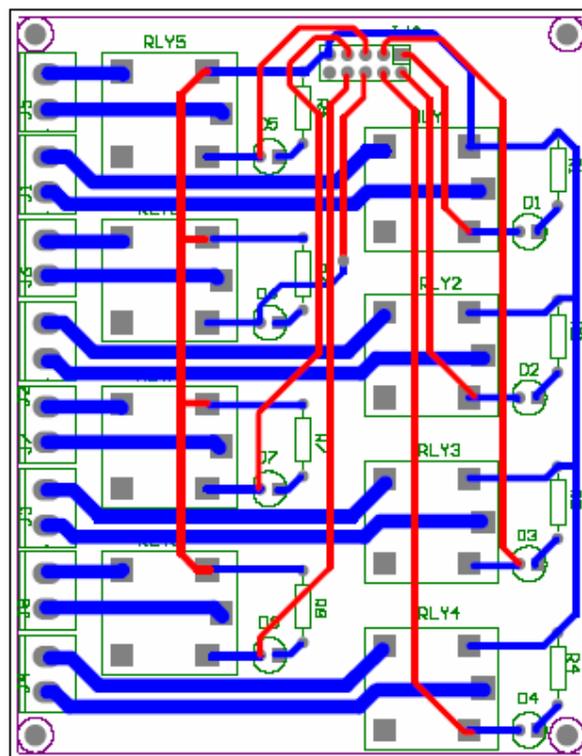
Una vez realizados los respectivos diagramas esquemáticos se procedió a realizar el diseño del cada uno de los circuitos impresos, estos diseños se realizaron en PROTEL y se los dividió en tres partes, una para el control, otra para las entradas y otra para las salidas. Los diseños obtenidos de cada una de las tarjetas se muestran a continuación.



**FIGURA 4.9** Circuito impreso del circuito de control



**FIGURA 4.10** Circuito impreso las 4 entradas analógicas y 8 entradas digitales presentes en el circuito.



**FIGURA 4.11** Circuito impreso las 8 salidas digitales por relés

## 4.2.5 Recursos del PIC utilizados.

### 4.2.5.1 Puertos de entrada/salida.

A continuación se mencionarán los puertos utilizados del PIC, la forma en que deben estar configurados cada uno de los puertos y para que se los utilizará:

#### **PUERTO A:**

**RA0, RA1, RA2, RA3:** Entradas Analógicas.

Por lo tanto el registro TRISA debe de ser configurado de tal manera que los pines mencionados anteriormente estén configurados como entradas, por lo que se puede guardar el valor h'FF' en TRISA.

#### **PUERTO B:** Entradas Digitales.

Todo el puerto B será usado para las 8 entradas digitales que necesitamos para la tarjeta de adquisición de datos por lo que deberá guardarse en el registro TRISB el valor de h'FF'

**PUERTO C:** Comunicación Serial.

Para el puerto C necesitamos que el pin Tx que será para la transmisión de los datos esté configurado como salida y el pin Rx que será utilizado para la recepción de los datos por el puerto serie esté configurado como entrada por lo que el registro TRISB deberá guardar el valor de h'FD'.

**PUERTO D:** Salidas Digitales.

Todo el puerto B será utilizado para las 8 salidas digitales que necesitamos en nuestro sistema por lo que todos los pines deben ser configurados como entradas guardando en el registro TRISD el valor de h'00'.

**4.2.5.2 Módulo de comunicación serial.**

El módulo Receptor Transmisor Sincrónico Asincrónico (USART) (refiérase a abreviaturas) es uno de los dos módulos de I/O seriales del PIC. El USART también es conocido como una interface de comunicación Serial o SCI.

Lo primero que se debe hacer para establecer una comunicación serial es establecer la velocidad de transmisión a la que queremos comunicar nuestra tarjeta, una vez definida la velocidad se procede a configurar los parámetros necesarios en el USART del PIC. Los baudios se establecen por el valor cargado en registro SPBRG y el bit BRGH del registro TXSTA, con el que se puede elegir la velocidad alta (1) o baja (0) en el modo asíncrono.

El valor con el que se debe cargar el registro SPBRG esta dado por la ecuación 4.1.

$$x = \left( \frac{F_{osc}}{n \cdot \text{baudios}} \right) - 1 \quad (4.1)$$

Donde:

x = valor cargado en el registro SPBRG

n = 4 en el modo síncrono

n = 16 en el modo asíncrono alta velocidad

n = 64 en el modo asíncrono baja velocidad

Para esta aplicación se quiere transmitir a una velocidad de 9600 baudios en modo asíncrono con una frecuencia de oscilación de 4 MHz, por

lo que reemplazando en la ecuación 4.1 tenemos:

Para alta velocidad BRGH = 1

$$x = \left( \frac{4MHz}{16 \cdot 9600} \right) - 1 = 25.04$$

Para baja velocidad BRGH = 0

$$x = \left( \frac{4MHz}{64 \cdot 9600} \right) - 1 = 5.51$$

Analizando los dos valores obtenidos para los dos diferentes valores de BRGH escogemos el valor que esté más próximo al entero, por consiguiente el valor que deberá estar guardado en el registro SPBRG al momento de configurar el USART deberá ser 25.

Existen dos registros más que son los del estado de los datos recibidos y el estado de los datos enviados. Cabe destacar que la comunicación que se establecerá en la tarjeta es una comunicación de transmisión de 8 bits, 1 bit de paro y sin bit de paridad, la configuración de los mismos se muestra a continuación:

**TXSTA: Dirección (98h)**

- bit 7 **CSRC =  $\phi$**  Modo asincrónico.
- bit 6 **TX9 = 0** 8-bits de transmisión.
- bit 5 **TXEN = 1** Habilitar transmisión.
- bit 4 **SYNC = 0** Modo asíncrono.
- bit 3 No implementado.
- bit 2 **BRGH = 1** Alta velocidad.
- bit 1 **TRMT = 0** Estado del registro TSR.
- bit 0 **TX9D = 0** noveno bit de transmisión.

Con los datos mencionados anteriormente en el registro TXSTA se deberá guardar el valor de h'A4' o b'10100100'.

**RCSTA: Dirección (18h)**

- bit 7 **SPEN = 1** Habilitar puerto serial.
- bit 6 **RX9 = 0** 8-bits de recepción.
- bit 5 **SREN =  $\phi$**  Modo asíncrono.
- bit 4 **CREN = 1** Bit de recibimiento continuo.
- bit 3 **ADDEN = 0** Detección de dirección
- bit 2 **FERR = 0** Indicador de error
- bit 1 **OERR = 0** Indicador de error
- bit 0 **RX9D = 0** noveno bit de recepción.

Por lo expuesto anteriormente en el registro RCSTA se deberá guardar el valor de h'90' o b'10010000' con lo cual el USART del PIC quedaría completamente configurado para iniciar la transmisión o recepción de los datos por el puerto serie; lo único que quedaría es escribir el dato que queramos enviar en el registro TXREG o leer el dato en el registro RCREG si lo que queremos es recibir datos por el puerto serie.

#### 4.2.5.3 Convertidor analógico-digital.

El módulo convertidor analógico – digital del PIC tiene ocho entradas analógicas y tiene una resolución de 10 bits. Los registros para configurar el módulo conversor son los siguientes:

##### **ADCON1: Dirección (9Fh)**

bit 7: **ADFM = 1** resultado de la conversión justificado a la derecha.

bit 6: **ADSC2 = 0** Para frecuencia de reloj de conversión de  $F_{osc}/8$ .

bit 5 – 4 **No implementado**

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0 = 0010**

Los bits 3 – 0 nos permiten configurar cual de los ocho canales se usarán como entradas analógicas y cuales como entradas o salidas digitales, en este caso el módulo está configurado para que tenga 5 canales analógicos desde AN4 a AN0 y tres digitales desde AN7 a AN5 y como voltaje de referencia el voltaje de alimentación.

#### **ADCON0: Dirección (9Fh)**

bit 7-6 **ADSC1:ADSC0 = 01**

Los bits 7-6 permiten escoger la frecuencia del reloj de conversión del módulo en este caso escogemos una frecuencia igual a  $F_{osc}/8$  y teniendo un reloj de 4 MHz tenemos que el período de conversión es de  $2\mu s$  que es mayor al mínimo período requerido de  $1.6\mu s$  establecido en la hoja de especificaciones del microcontrolador.

bit 5-3 **CHS2:CHS0** Selección del Canal de conversión.

bit 2 **GO/DONE**

Este bit permite iniciar una conversión poniéndolo en 1 cuando el ADON=1 y se pondrá en 0 cuando la conversión haya concluido.

bit 1 **No implementado**

bit 0 **ADON**

ADON permite habilitar el módulo de conversión si lo ponemos en 1 y lo deshabilitamos si lo ponemos en 0.

Los dos registros mencionados anteriormente son muy importantes a la hora de configurar el módulo conversor, pero una vez configurado existen otros parámetros que deben ser tomados en cuenta como lo es el tiempo de adquisición del dato analógico, una vez habilitado el módulo, deberá hacerse un retardo de 20 ms, especificada en la hoja de datos del microcontrolador, para cargar el capacitor que

muestrea la señal analógica y obtener una conversión óptima.

Luego de esperar por el tiempo de adquisición se procede a iniciar la conversión que se realiza por aproximaciones sucesivas con la activación del bit 0 del registro ADCON0 y se procede a esperar hasta que la conversión haya finalizado. Si todo se realiza de forma correcta luego de realizada la conversión el resultado de la misma que es un número de 10 bits se encontrará en los registros ADRESH (los 2 bits más significativos) y ADRESL(los 8 bits menos significativos), con lo que se podrán manipularlos normalmente en nuestro programa del PIC.

## **4.3 Diseño del Sistema Operativo del PIC.**

### **4.3.1 Introducción.**

De acuerdo a los planteamientos del proyecto expuestos anteriormente el primer problema a resolver es la comunicación entre la computadora y la tarjeta de

adquisición de datos. Para resolver el problema se procedió a establecer un protocolo, es decir se definieron varias reglas para establecer la comunicación entre el PIC y la computadora. El protocolo implementado entre el PIC y la computadora referente al mecanismo de recepción (Rx) y envío de datos (Tx) está basado en caracteres, para esta aplicación en particular. El objetivo del mismo es solicitarle al PIC, mediante comandos, algunos cambios de comportamiento como el encendido o apagado de alguna salida o la petición de la adquisición de datos de todas las entradas presentes en el circuito.

A continuación se detalla la interfaz que presenta el programa a través del puerto serie:

**Tabla 4.1** Comandos que puede recibir el PIC

| Cuando la PC envía | El micro responde               |
|--------------------|---------------------------------|
| 1                  | Enciende o apaga salida 1       |
| 2                  | Enciende o apaga salida 2       |
| 3                  | Enciende o apaga salida 3       |
| 4                  | Enciende o apaga salida 4       |
| 5                  | Enciende o apaga salida 5       |
| 6                  | Enciende o apaga salida 6       |
| 7                  | Enciende o apaga salida 7       |
| 8                  | Enciende o apaga salida 8       |
| 9                  | Envía el estado de las entradas |

Con los comandos del 1 al 8 no existe ningún problema, el único inconveniente es establecer el formato en el que se enviarán los datos del estado de todas las entradas cuando se envíe el comando "9", el formato establecido para el envío de los datos es el siguiente:

Ch1,Ch2,Ch3,Ch4,IN7,IN6,IN5,IN4,IN3,IN2,IN1,IN0

Siendo:

**Chn:** El estado del canal analógico.

**INn:** El estado de cada una de las entradas digitales.

**n:** Numero de canal o entrada digital deseada.

Como podemos observar en el formato establecido, cada uno de los datos enviados estará separado por un carácter especial, en este caso el caracter coma, que nos ayudará a la hora de realizar el software y separar cada uno de los datos y saber cual es el dato adquirido, por ejemplo sabremos que el primer dato es el estado del canal1, y el cuarto dato obtenido es el estado del canal 4, y así sucesivamente.

Un último inconveniente que se presenta es como enviar el dato de cada canal analógico, si bien es cierto hemos

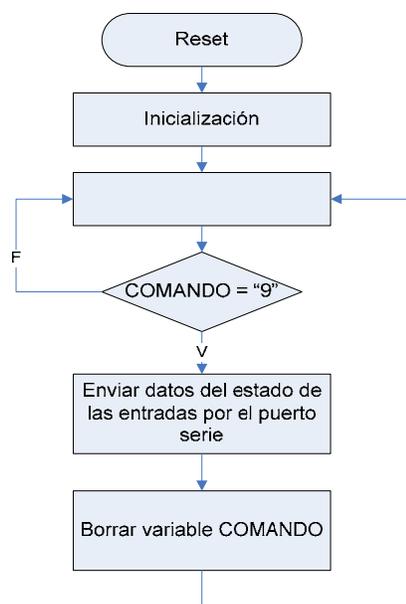
establecido que los datos se enviarían en código ASCII (refiérase a abreviaturas), el modulo convertidor analógico digital es de 10 bits de resolución, es decir que el dato estará en un rango de 0 a 1023 y el dato está en binario ocupando dos registros, por lo que para resolver este problema se puede realizar un procedimiento en el sistema operativo del PIC de tal manera que este dato que lo conforman dos registros sea convertido en BCD (refiérase a abreviaturas) y luego en código ASCII para ser enviados por el puerto serie.

Por último podemos establecer la frecuencia de adquisición de datos por software, lo único que se debe establecer es el intervalo de tiempo en el cual la computadora mande el comando "9" y logre separar los datos para guardarlos cada uno en una variable establecida en el software.

Con lo dicho anteriormente esta resuelto el problema, lo único necesario ahora es convertir estas ideas a código de programación para que el PIC lo entienda, estas rutinas serán explicadas en secciones posteriores.

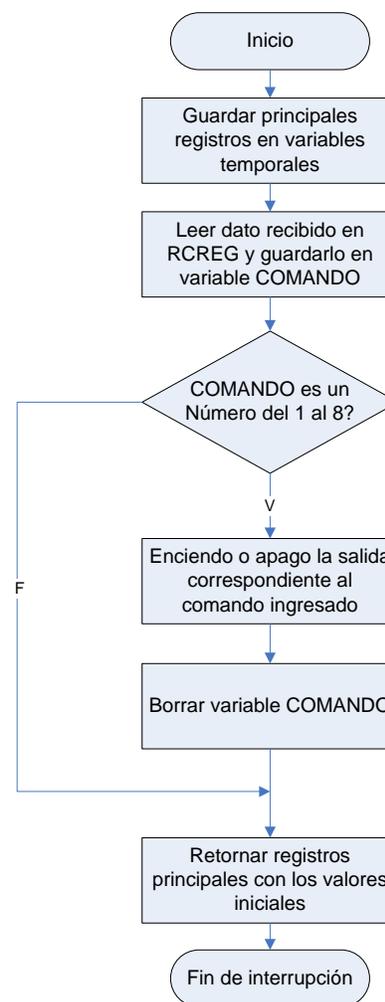
### 4.3.2 Diagrama de flujo general.

El diagrama de flujo del programa principal, mostrado en la figura 4.6, esta formado primero por la inicialización en el cual se configuran todos los recursos utilizados y se enceran o se inicializan las variables, seguido por un lazo en el que se pregunta si la variable COMANDO, que es el dato recibido por el puerto serie del PIC, es igual a "9", con el cual se enviaría por el puerto serie el estado de todas las entradas disponibles en el circuito hacia la computadora.



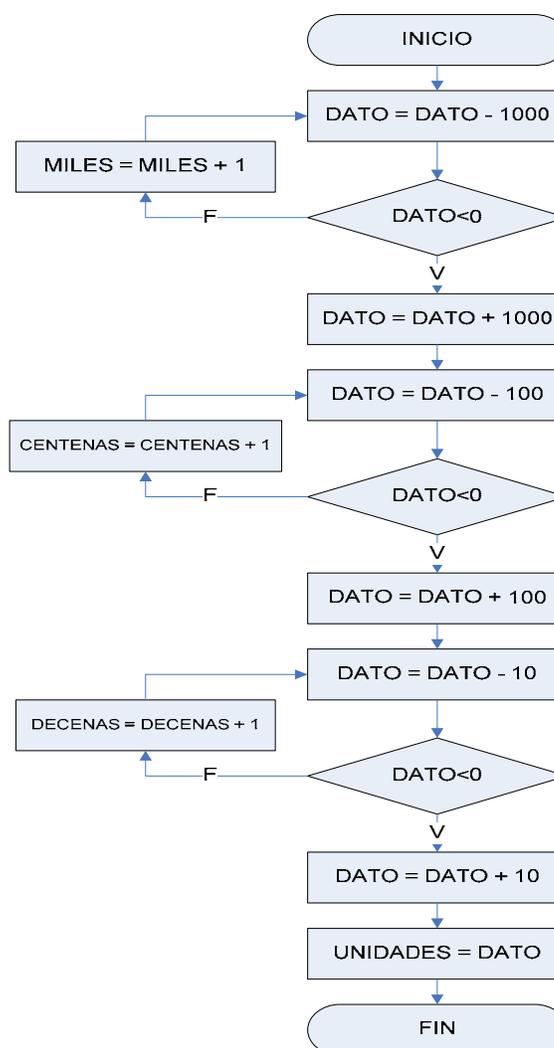
**FIGURA 4.12.** Diagrama de flujo del lazo principal del sistema operativo del PIC.

La forma en el que se guarda el dato enviado por la computadora por el puerto serie a la variable COMANDO se realiza en el servicio de interrupción, es decir cada vez que llegue un dato al PIC este interrumpirá lo que está haciendo y leerá el dato recibido en el registro RCREG y lo guardará en la variable COMANDO.



**FIGURA 4.13** Diagrama de flujo para el servicio de interrupción en el PIC

Como podemos observar en la figura 4.9 si la variable COMANDO es un dato del 1 al 8 encenderá o apagará la entrada correspondiente de acuerdo a la tabla 4.1 caso contrario regresara al programa principal con el valor recibido por el puerto serie guardado en la variable COMANDO sin importar el dato recibido.



**FIGURA 4.14** Diagrama de flujo para conversión de datos binarios de 10 bits a BCD

La solución para otro de los problemas que se tenía, que era la de convertir el dato binario de 10 bits en BCD se muestra en el diagrama de flujo de la figura 4.10, en la cual la variable DATO es el número en el rango de 0 a 1023, lo que realiza este flujo es separar cada uno de los dígitos que conforman la variable DATO y los guarda en la variable MILES, CENTENAS, DECENAS y UNIDADES, por ejemplo si tenemos el número 1010 entonces luego de realizada la rutina tendremos MILES = 1, CENTENAS = 0, DECENAS=1 y UNIDADES = 0.

Finalmente lo único que queda es sumarle h'30' a cada una de esas variables para convertirlas en código ASCII y enviarlas directamente por el puerto serie a la computadora.

### **4.3.3 Principales rutinas.**

Las principales rutinas del programa del PIC son el programa principal, el servicio de interrupción, la conversión de los datos analógicos en digitales, la conversión de los datos obtenidos de la conversión en

BCD y luego a código ASCII, el envío de los datos por el puerto serie y finalmente la rutina de retardo.

Cada una de las rutinas mencionadas anteriormente está realizada de una manera muy comprensible y detallada, refiérase al **anexo B1.2** en el cual se encuentra todo el programa en lenguaje ensamblador del sistema operativo del PIC.

## **4.4 Diseño del software de la PC.**

### **4.4.1 Introducción.**

Una vez realizado completamente el hardware lo único que queda es realizar el software en la computadora para establecer la comunicación entre la tarjeta de adquisición de datos y la computadora.

Lo que se desea es que el software utilice el puerto serie de la computadora y envíe el comando respectivo hacia el PIC de acuerdo a la tarea que se quiere que realice el microcontrolador.

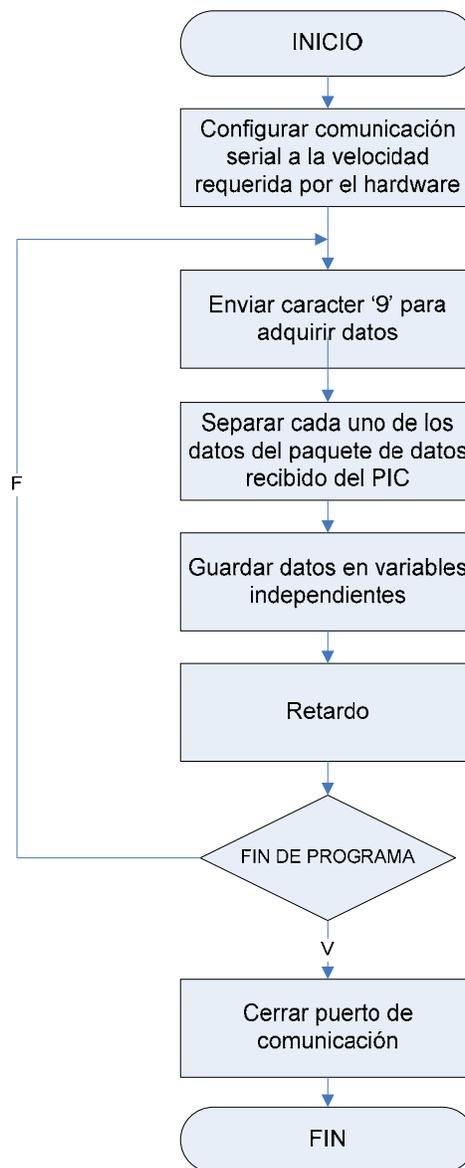
#### 4.4.2 Diagrama de flujo.

La figura 4.11 muestra el diagrama de flujo principal y el más importante del software que hace la adquisición de los datos enviados por el PIC, lo que indica el diagrama es que el caracter '9' va a ser enviado por intervalos cortos de tiempo hacia el PIC, recibiendo de ellos los datos de las entradas con el formato establecido en secciones anteriores.

Lo que se quiere que haga el software es que ese paquete de datos recibido en forma de cadena de caracteres se lo separe en datos independientes, es decir que el dato de la entrada analógica 1 este en una variable, la entrada digital 4 este en otra variable y así sucesivamente.

El intervalo de adquisición de datos lo establecerá el software y debe ser lo bastante corto como para que la adquisición se aproxime a tiempo real, es decir que el cambio en las entradas se lo pueda observar en la

computadora al mismo tiempo en que se establece el cambio en el hardware.



**FIGURA 4.15.** Diagrama de flujo para el software de adquisición de datos

#### **4.4.3 Selección del lenguaje de programación.**

Al plantear el desarrollo de un programa de computadora que sirva como interfaz entre la tarjeta y el usuario, lo primero que se pensó es que este debería ser amigable y fácil de usar, así que surgió la necesidad de hacerlo en un entorno gráfico compatible con la plataforma más aceptada en el mercado.

Por lo antes expuesto el lenguaje de programación escogido para la realización del proyecto es VISUAL BASIC 6.0, ya que es un lenguaje fácil de usar y es orientado a objetos, en el cual ya hay objetos diseñados por el fabricante en el que solo hay que darles algunas propiedades de acuerdo al gusto del programador y listo.

Aparte de esto este lenguaje de programación tiene una herramienta llamada MSCOM que nos ayuda con el uso del puerto serial de una forma muy sencilla.

#### 4.4.4 Descripción del programa.

Básicamente el programa esta formado por una pantalla dividida en 4 sectores, véase la figura 4.12 la primera que se muestra en la esquina superior izquierda es la parte para configurar la comunicación serial, ahí esta las información para escoger el puerto por la cual se desea comunicar, la velocidad de transmisión, el botón para conectar y el botón para desconectar la aplicación.

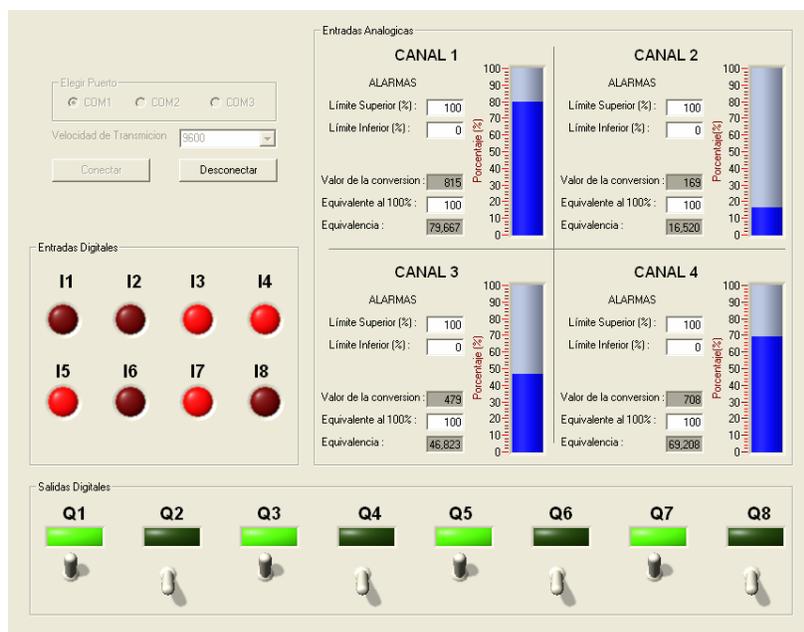


FIGURA 4.16. Pantalla principal del software de Adquisición.

Otro de los sectores son los indicadores de las señales de entrada digitales representadas por los círculos de color rojo. En la parte inferior se encuentran los controles para activar las salidas digitales de los relés, y los indicadores de los estados de los mismos representados por los cuadros verdes.

Finalmente se encuentra la última sección, en el cual se encuentran los indicadores de las cuatro entradas analógicas presentes en el circuito representadas por barras de color azul, el color puede cambiar a rojo si se configuran los niveles de alarma tanto superior como inferior. También las escalas de las barras pueden cambiar de acuerdo al valor puesto en el valor equivalente al 100% de la entrada analógica, si se cambia el valor predeterminado de 100 que es cuando la escala esta en porcentaje, la escala cambia inmediatamente al valor definido por el usuario.

Lo dicho anteriormente solo es la interfaz con el usuario es decir el formulario o la pantalla del programa, detrás de todo eso está el código de programa que es lo que hace

que el funcionamiento del mismo se haga de forma correcta, refiérase al **anexo B1.3** para ver el código del programa.

Lo que realiza el código es prácticamente lo que se muestra en el diagrama de flujo de la figura 4.11, al hacer clic en el botón ACEPTAR, este configura el puerto serie del COM y la velocidad escogida, para luego enviar el carácter '9' hacia la tarjeta cada 50 milisegundos, luego del cual recibe el paquete de datos de todas las entradas y con la ayuda de la función Split las separamos y las guardamos en variables independientes para luego mostrarlos en los diferentes indicadores mencionados anteriormente.

La función Split nos fue de gran ayuda para la resolución de nuestro problema de separar los datos y de manejarlos luego de forma independiente para saber cual es cual y no confundirlos. La función devuelve una matriz unidimensional, basada en cero, que contiene un número especificado de sub cadenas.

La sintaxis es la siguiente:

**Split**(expresión[, delimitador[, cuenta[, comparación]]])

Las partes de la función se muestran en la tabla 4.2, el siguiente ejemplo usa la función Split para devolver una matriz a partir de una cadena. La función realiza una comparación de texto del delimitador y devuelve todas las sub cadenas.

Dim MiCadena, MiMatriz

MiCadena = Split("VBScriptXesXfácil!", "x", -1, 1)

' MiCadena(0) contiene "VBScript".

' MiCadena(1) contiene "es".

' MiCadena(2) contiene "fácil!".

**Tabla 4.2** Partes que conforman la función Split.

| Parte              | Descripción   |
|--------------------|---|
| <i>expresión</i>   | Requerido. <a href="#">Expresión de cadena</a> que contiene las subcadenas y delimitadores. Si <i>expresión</i> es una cadena de longitud cero, <b>Split</b> devuelve una matriz vacía, es decir, una matriz sin elementos ni datos.  |
| <i>delimitador</i> | Opcional. Carácter de cadena que se usa para identificar los límites de las subcadenas. Si se omite, se asume que el carácter delimitador es el carácter de espacio (" "). Si <i>delimitador</i> es una cadena de longitud cero, se devuelve una matriz de un solo elemento que contiene toda la <i>expresión</i> . |
| <i>cuenta</i>      | Opcional. número de subcadenas que se va a devolver; -1 indica que se devuelven todas las subcadenas.   |
| <i>comparación</i> | Opcional. Valor numérico que indica el tipo de comparación que se va a usar al evaluar las subcadenas. Consulte la sección Valores para saber cuáles son los valores permitidos.  |

El programa también consta de una barra de estado que nos brindará información sobre cada uno de los elementos presentes en el programa y nos será de gran ayuda a la hora de usar el software en conjunto con nuestra tarjeta.

Finalmente el programa se lo realizó de tal manera que tenga comunicación DDE (refiérase a abreviaturas) con otras aplicaciones, es decir el programa de adquisición actúa como una fuente DDE cuyos elementos pueden ser consultados de cualquier programa que tenga este tipo de intercambio de datos, como EXCEL, LOOKOUT, LABVIEW, etc.

Lo único que hay que saber es que el nombre de la aplicación es **Adquisición**, el tópico es **Adquirir**, y el ítem puede ser desde **I1** hasta **I6** si son entradas digitales, desde **Channel1** hasta **Channel4** si son entradas analógicas y desde **Q1** hasta **Q8** si son salidas digitales, si lo que se quiere es activar las salidas desde otra aplicación que no sea el programa desarrollado por nosotros, lo que se haría es igual correr el programa y

activar la comunicación DDE que es el botón que está ubicado en la esquina inferior derecha.

Por ejemplo si lo que se quiere es ver en EXCEL, el estado de la entrada analógica 1 para graficarla lo que se debe escribir como fórmula en una celda es lo siguiente:

=Adquisicion|Adquirir!Channel1

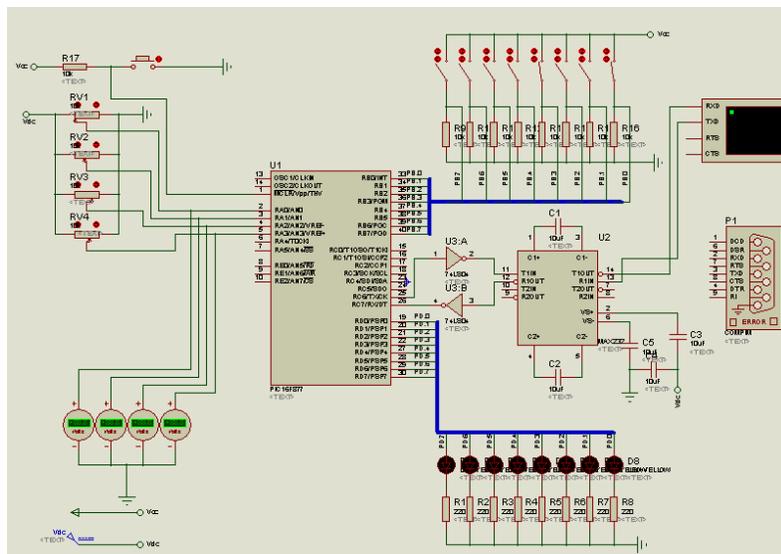
Y se obtendrá en dicha celda el valor analógico adquirido del canal 1, si se quiere otra variable lo que se tiene que cambiar es el texto que sigue del signo de admiración '!' por cualquiera de los ítems descritos anteriormente.

## **4.5 Implementación del sistema.**

### **4.5.1 Análisis del sistema con el software de simulación Proteus.**

Una vez resuelto ya los problemas de hardware y software se procede a la simulación del mismo, para lo cual se uso el programa PROTEUS.

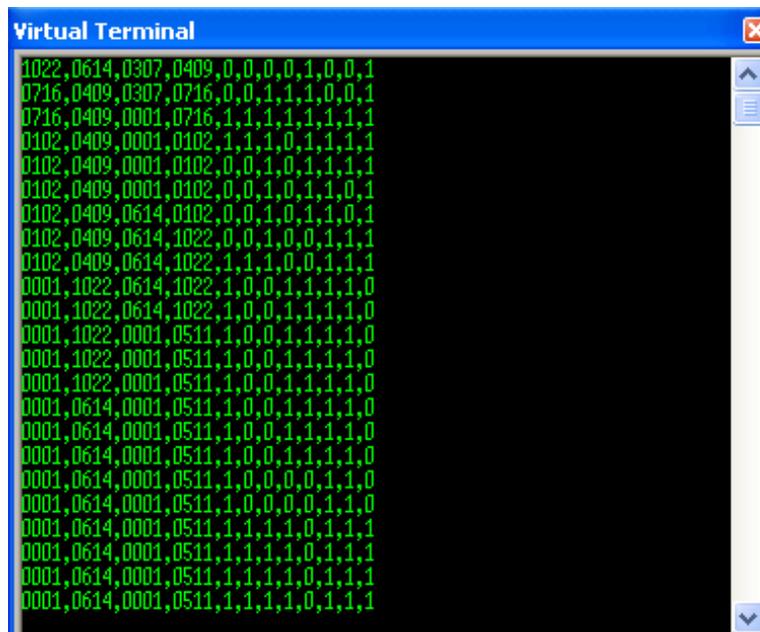
Para la simulación del hardware se procedió a armar el circuito mostrado en la figura 4.13 y con el uso del programa del PIC expuesto en el anexo correspondiente.



**FIGURA 4.17** Circuito simulado en PROTEUS

PROTEUS tiene dos herramientas bastante fuertes para simular nuestro proyecto como lo son el terminal virtual y el puerto serial virtual. El primero sirve para probar la comunicación serial con el PIC en la misma máquina y el segundo sirve para probar nuestro circuito ya en red con otra computadora para la simulación total con nuestro software.

La primera simulación que se hizo fue con el terminal virtual que es similar al HYPER TERMINAL de WINDOWS, obteniéndose los resultados deseados mostrados en la figura 4.14



**FIGURA 4.18** Simulación de la comunicación con el terminal virtual de PROTEUS

Al simular el circuito llegamos a la conclusión de que nuestro programa para el hardware funciona correctamente ya que si enviamos los comandos mostrados en la tabla 4.1 el PIC responde de acuerdo a los objetivos establecidos y la recepción de los datos cuando se envía el carácter '9' se hace con el formato deseado.

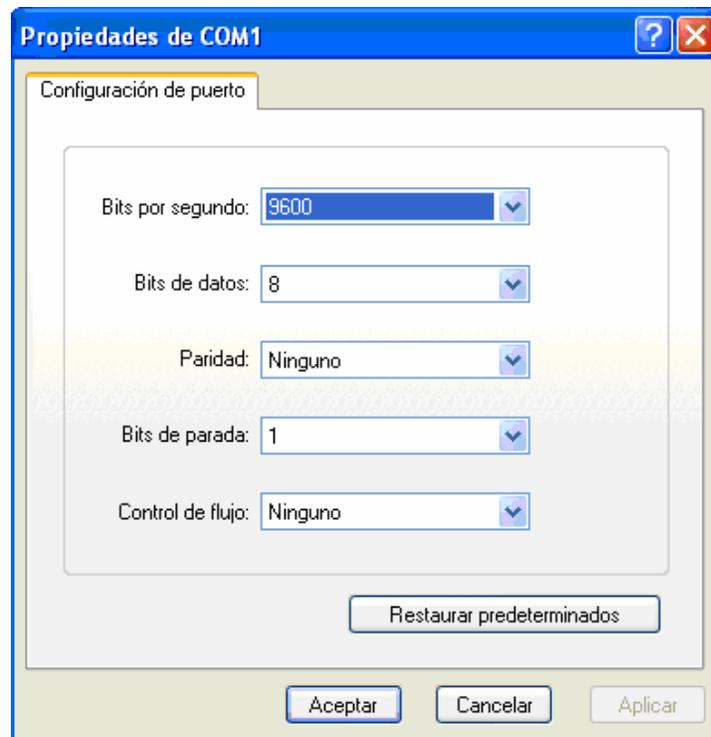
El siguiente paso que se hizo es usar la segunda herramienta que es el puerto virtual, en el cual fijamos la

velocidad deseada, y probamos con otra computadora conectada con el cable de comunicación, los resultados obtenidos fueron satisfactorios, se hizo la prueba primero con HYPER TERMINAL de WINDOWS, y luego con nuestro programa realizado en VISUAL BASIC.

Con los resultados obtenidos en las diferentes pruebas simuladas se puede ya tomar la decisión de implementar físicamente la tarjeta de adquisición de datos, ya que los resultados de la simulación fueron muy buenos.

#### **4.5.2 Pruebas Realizadas.**

Una vez implementada la tarjeta de adquisición de datos y una vez instalado el software de adquisición hecho en VISUAL BASIC, la primera prueba que se realizó fue con el HYPER TERMINAL de WINDOWS configurado con la velocidad con la cual funciona nuestra tarjeta de adquisición de datos, la configuración del HYPER TERMINAL se muestra en la figura 4.15



**FIGURA 4.18** Configuración del HYPER TERMINAL para prueba de comunicación con nuestra tarjeta.

Una vez conectado se procedió a enviar cada uno de los comandos hacia la tarjeta obteniéndose los resultados esperados y que concuerdan exactamente con los simulados en el programa PROTEUS.

La figura 4.16 nos muestra los datos obtenidos cuando se envía el comando para la adquisición de

datos de todas las entradas, como podemos observar cumplen con todos nuestros objetivos plantados y coincide con el simulado en el terminal virtual de PROTEUS aun cuando todavía no estaba implementado físicamente, lo cual nos permite concluir que el programa es de gran utilidad y de muy buena ayuda a la hora de simular circuitos con micro controladores.

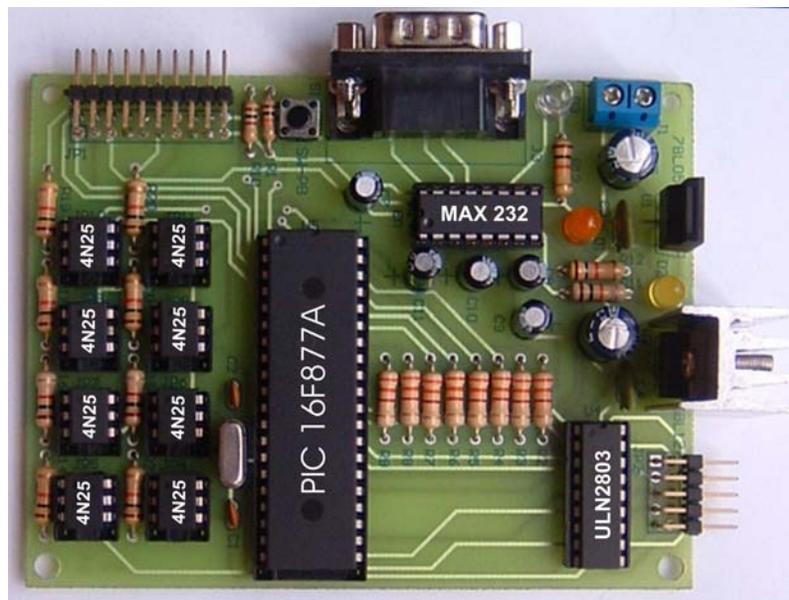
```
PRUEBA - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
0660,1019,1019,1019,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
0661,0927,1019,1019,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
0662,0928,0939,1019,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0
0661,0928,1019,1019,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0
0662,0928,1019,0825,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0
0662,0928,1019,0712,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0
0662,0928,0586,0713,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0
0286,0787,0700,0713,0,1,0,1,0,1,0,1,1,1,1,1
0288,0787,0795,0714,0,1,0,1,0,1,0,1,1,1,1,1
0287,0787,0795,0871,0,1,0,1,0,1,0,1,1,1,1,1
0288,0787,0795,0979,0,1,0,1,0,1,0,1,1,1,1,1
0092,0787,0795,0979,0,1,0,1,0,1,0,1,1,1,1,1
0064,0787,0795,0979,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0064,0787,0796,0467,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0064,0787,0706,0459,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0063,0787,0960,0459,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0063,0327,0960,0459,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0383,0328,0959,0459,0,1,0,0,1,0,0,1,0,0,1
0284,0057,1019,0572,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1
0284,0056,1019,0573,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,1
0285,0057,1019,0572,0,0,1,1,1,1,1,0,1,0,1
0285,0057,0820,0572,0,0,1,1,1,1,1,0,1,0,1
0285,0000,0821,0572,0,0,1,1,1,1,1,0,1,0,1
0:01:47 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NL
```

**FIGURA 4.19** Resultado de la prueba de comunicación con la tarjeta utilizando el HYPER TERMINAL de WINDOWS.

La última prueba que se realizó es la del software realizado en VISUAL BASIC, el cual respondió de la forma correcta por lo que el proyecto estuvo funcionando en su totalidad.

### 4.5.3 Fotos de la Tarjeta de Adquisición de Datos.

Las siguientes figuras nos muestran las tarjetas ya implementadas físicamente:



**FIGURA 4.20** Fotografía de la tarjeta controladora.

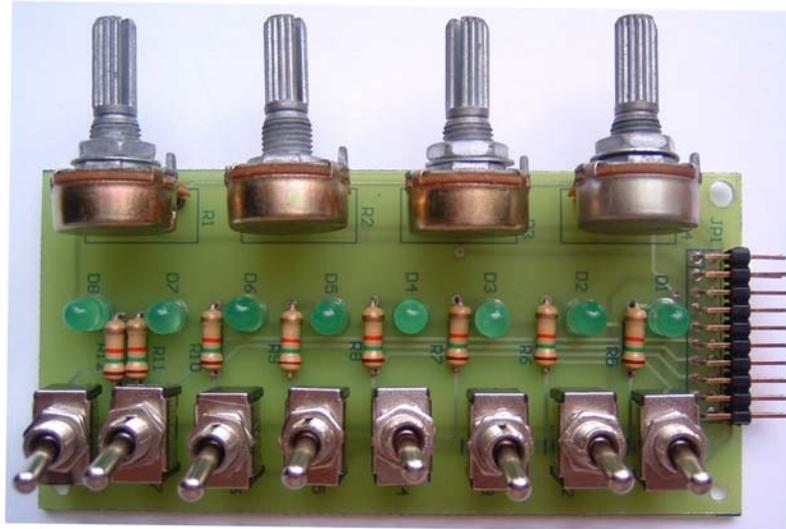


FIGURA 4.21 Fotografía de la tarjeta de las entradas

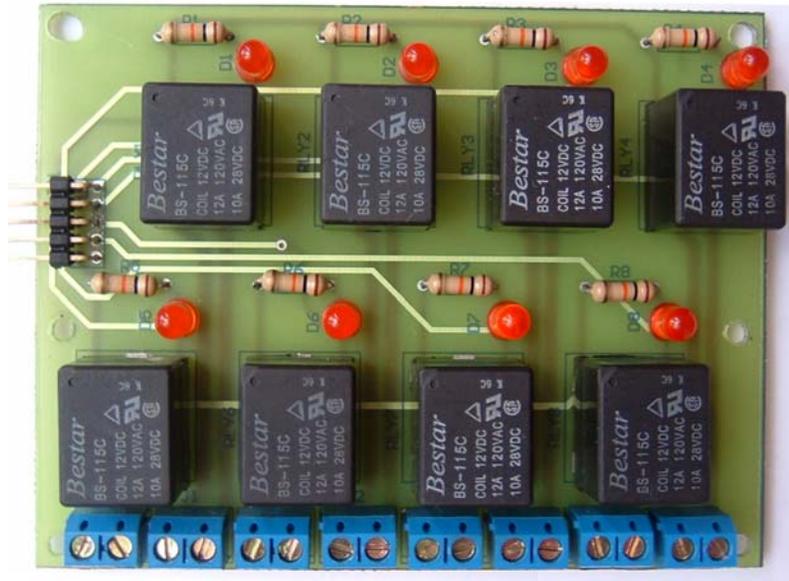
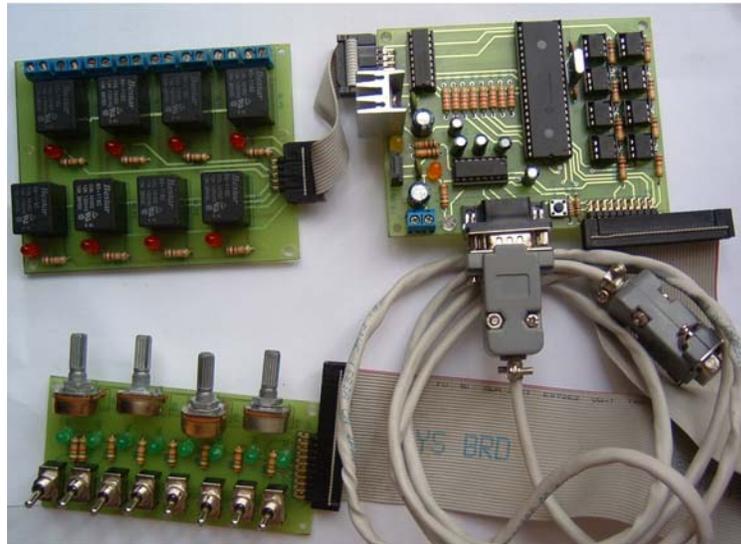


FIGURA 4.22 Fotografía de la tarjeta de las salidas



**FIGURA 4.23** Fotografía de conexión total de las tarjetas

#### 4.5.4 Costos.

Para terminar el capítulo se presenta una tabla con la lista de los materiales utilizados y sus respectivos precios en el mercado local.

**Tabla 4.3** Lista de Precios del proyecto

| N° | Componente                     | Valor/unidad | Valor Total |
|----|--------------------------------|--------------|-------------|
| 1  | PIC 16F877A                    | 9.00         | 9.00        |
| 1  | C.I. MAX232CN                  | 3.00         | 3.00        |
| 1  | C.I. ULN2803                   | 1.50         | 1.50        |
| 8  | C.I. 4N25                      | 0.70         | 5.60        |
| 1  | Regulador LM7805               | 0.75         | 0.75        |
| 1  | Regulador LM7812               | 0.75         | 0.75        |
| 8  | Resistencias de 3.3 K $\Omega$ | 0.05         | 0.40        |
| 8  | Resistencias de 1.5 K $\Omega$ | 0.05         | 0.40        |
| 11 | Resistencias de 1 K $\Omega$   | 0.05         | 0.55        |

|              |                               |       |                 |
|--------------|-------------------------------|-------|-----------------|
| 9            | Resistencias de 10 K $\Omega$ | 0.05  | 0.45            |
| 1            | Resistencia de 100 $\Omega$   | 0.05  | 0.05            |
| 4            | Potenciómetros 10 K $\Omega$  | 0.40  | 1.60            |
| 2            | Capacitores 220uF/16V         | 0.10  | 0.20            |
| 5            | Capacitores 10uF/16V          | 0.10  | 0.50            |
| 2            | Capacitores 0.1uF             | 0.15  | 0.30            |
| 2            | Capacitores 33pF              | 0.15  | 0.30            |
| 1            | Cristal de cuarzo 4MHz        | 0.80  | 0.80            |
| 1            | Pulsador                      | 0.10  | 0.10            |
| 19           | Diodo emisor de luz           | 0.10  | 1.90            |
| 1            | Peineta de 40 pines           | 3.00  | 3.00            |
| 1            | Puerto DB9 macho              | 0.75  | 0.75            |
| 1            | Cable para comunicar          | 1.50  | 1.50            |
| 9            | Borneras                      | 0.20  | 1.80            |
| 8            | Interruptores                 | 0.30  | 2.40            |
| 8            | Relay 12 VDC 12 A             | 1.50  | 12.00           |
| 1            | Adaptador 12Vdc fijo          | 4.25  | 4.25            |
| 3            | Circuitos impresos            | 20.00 | 60.00           |
| 1            | Zócalo de 40 pines            | 0.25  | 0.25            |
| 1            | Zócalo de 18 pines            | 0.10  | 0.10            |
| 1            | Zócalo de 16 pines            | 0.10  | 0.10            |
| 8            | Zócalo de 8 pines             | 0.08  | 0.64            |
| <b>TOTAL</b> |                               |       | <b>\$114.94</b> |

El costo total del proyecto como podemos observar en la tabla 4.3 ascendió a \$114.94, cabe destacar que este precio puede se debe mucho la construcción de la placa impresa que ascendió a \$60, es una placa de excelente calidad y muy buen acabado que le da una durabilidad muy buena al proyecto.

# Capítulo V

## 5. ESTUDIO DE UNA FUENTE DE CONMUTACION.

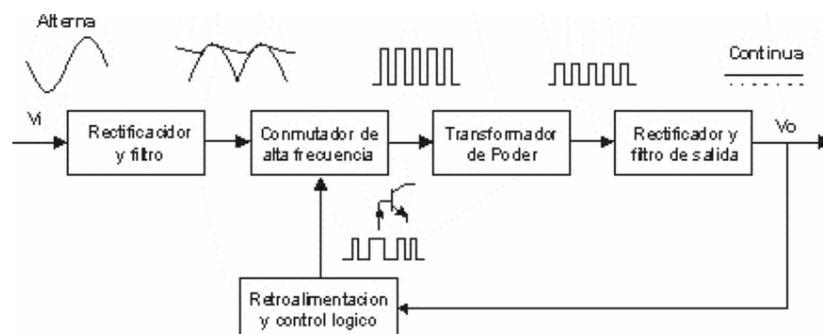
### 5.1 Introducción.

Todo dispositivo electrónico requiere de una fuente de alimentación para su funcionamiento, si bien bajos consumos pueden ser alimentados desde baterías, la mayoría de los equipos toman su alimentación de la red, convirtiendo la tensión alterna en adecuados valores de continua.

Prácticamente todas las fuentes de alimentación incluidas en equipos actuales, tanto en el uso industrial o de instrumentación, como en computadoras o en dispositivos de consumo masivo, cuentan con fuentes de tipo conmutado, conocidas también por las iniciales SMPS, derivadas de su denominación en inglés, *Switched Mode Power Supply*.

En este tipo de reguladores, la transferencia de energía de la entrada hasta la salida no se realiza en forma continua, sino en forma de paquetes mediante la inclusión de elementos reactivos que actúan como acumuladores de energía. Esto es posible gracias a las tecnologías desarrolladas para la fabricación de los elementos activos y pasivos requeridos en el diseño de las fuentes conmutadas. El advenimiento de transistores MOSFET de potencia con altas capacidades de conmutación, junto con la disponibilidad de diodos de alta velocidad y superiores materiales magnéticos han impulsado definitivamente la adopción de este tipo de circuitos convertidores como base de diseño de todo tipo de fuentes de alimentación.

Los bloques constitutivos de una fuente conmutada son los siguientes:



**FIGURA 5.1** Bloques constitutivos de una fuente de conmutación

El principio de funcionamiento de las fuentes conmutadas, permiten que las mismas presenten las siguientes ventajas:

- Tamaño y peso reducido. La operación a frecuencias elevadas permite la reducción del tamaño de los inductivos, transformadores e inductancias.
- Mayor frecuencia del rizado de salida, facilitando las tareas de filtrado y reduciendo el tamaño de los elementos requeridos.
- Alta eficiencia. El elemento activo de conmutación (transistor o MOSFET), opera entre corte y saturación, reduciendo su disipación de potencia. Rendimientos típicos del 70 al 90% pueden ser fácilmente obtenidos (en oposición del 30 al 40% ofrecido por las fuentes reguladas lineales). Amplio rango de tensión de entrada. Mediante la variación del ciclo de trabajo, estas variaciones pueden ser fácilmente compensadas.

Como desventajas pueden considerarse su mayor complejidad de diseño, emisión de señales de interferencia de radiofrecuencia y menor velocidad de respuesta ante bruscas variaciones de la carga. Las salidas de la fuente que se estudiará son: +5 Vdc /15 A, -5Vdc /1 A y +12Vdc/2.5 A.

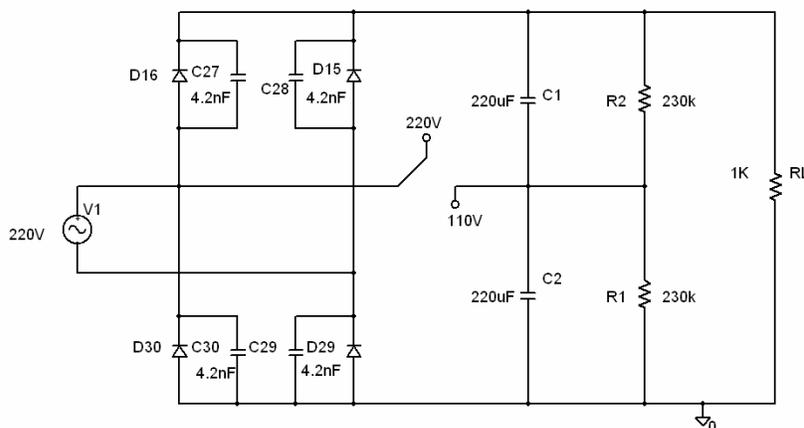
## **5.2 Diagrama de la fuente marca WEI-YA modelo WY-03C.**

Refiérase al **Anexo C1.1**

## 5.3 Análisis Teórico de la Fuente

### 5.3.1 Etapa de Rectificación

Generalmente se adopta la configuración tipo puente por presentar menor rizado, no reflejar componentes de continua en la red y ser suficiente un condensador más pequeño para mantener la tensión de salida constante ante el fallo por unos ciclos de la tensión de entrada. Estas consideraciones son comunes con todo tipo de fuente que opere conectada a la línea, por lo que no existen requerimientos especiales para los rectificadores y filtros de entrada utilizados en las fuentes conmutadas.



**FIGURA 5.2** Circuito Rectificador / Doblador de tensión

Como se indica en la figura 5.2 el rectificador tipo puente se conecta directamente a la red, evitando la inclusión de un transformador de baja frecuencia, que incrementaría considerablemente el volumen, peso y costo de la fuente.

La fuente viene con un conmutador para un uso indistinto en redes de corriente alterna de 220/240 o 110/120 V. Para la operación de 220/240 V el circuito funciona como rectificador de onda completa con un valor pico de continua dado por:

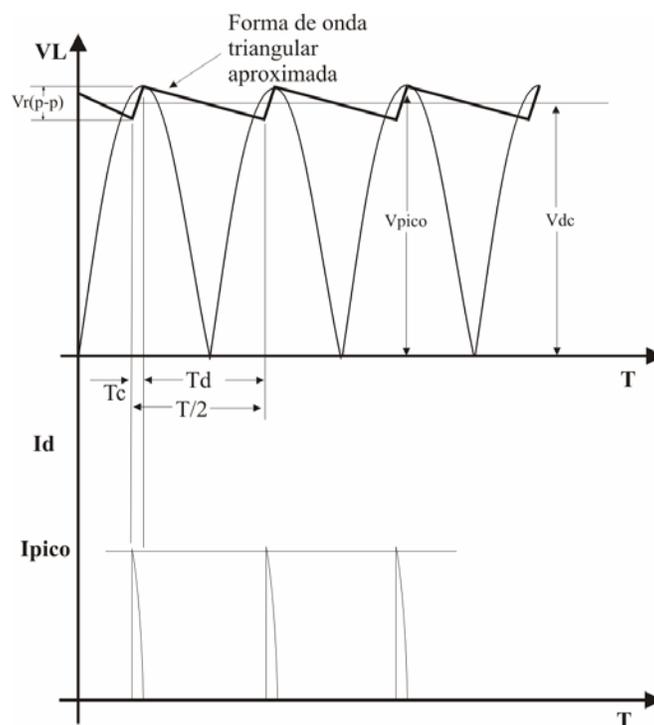
$$V_{pico} = 240 \times \sqrt{2} = 339.41V$$

Las resistencias R1 y R2 mostrados en la figura anterior sirven para descargar los capacitores C1 y C2 cuando la fuente de conmutación ha sido desconectada.

La figura 5.3 muestra la forma de onda a través del filtro condensador. El tiempo  $T_c$  es el tiempo durante el cual los diodos del rectificador de onda completa conducen, cargando el condensador hasta el voltaje pico del rectificador,  $V_m$ . El tiempo  $T_d$  es el intervalo de

tiempo durante el cual el voltaje del rectificador cae por debajo del voltaje pico y el condensador se descarga a través de la carga.

Debido a que el ciclo carga-descarga sucede cada medio ciclo para un rectificador de onda completa, período de la forma de onda rectificada es  $T/2$ .



**FIGURA 5.3** Voltaje de rizado del Filtro Condensador y Corriente pico del diodo rectificador

Durante la descarga del condensador el cambio de voltaje a través de  $C$  es:

$$Vr(p - p) = \frac{Idc \times Td}{C} \quad (5.1)$$

Donde:

Idc: Corriente dc entregada a la carga

Td: Tiempo de descarga del condensador.

C: Valor de la capacitancia

Con un valor de rizado de 20V, una corriente de 0.35A y un tiempo de descarga de 6.4ms obtenidos de mediciones reales de la fuente a plena carga y reemplazando en la ecuación 5.1 tenemos un valor del condensador de:

$$C = \frac{0.35 \times (6.4 \times 10^{-3})}{20} = 112 \mu F$$

Siendo C la capacitancia equivalente serie de los condensadores C1 y C2 entonces el valor de cada capacitor esta dado por:

$$C = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

$$C1 = C2$$

$$C = \frac{C1}{2}$$

$$C1 = C2 = 2C = 2(112 \mu F) = 224 \mu F$$

El capacitor debe seleccionarse de un valor de 220uF a 200 V cada uno, que es el que se encuentra en la fuente. Para valores mayores de capacitancia se

proporciona menor rizo y mayor voltaje promedio, de manera que se proporcionaría una mejor acción de filtrado, sin embargo, el condensador también afecta el consumo pico de corriente extraída a través de los diodos rectificadores, ya que entre mayor sea el valor del condensador, mayor es el consumo pico de la corriente a través de los diodos rectificadores.

Los diodos rectificadores conducen durante el período  $T_c$  (véase la figura 5.3); durante este período el diodo debe proporcionar la corriente promedio necesaria para cargar el capacitor. Entre más corto sea este intervalo, mayor será la cantidad de la corriente de carga.

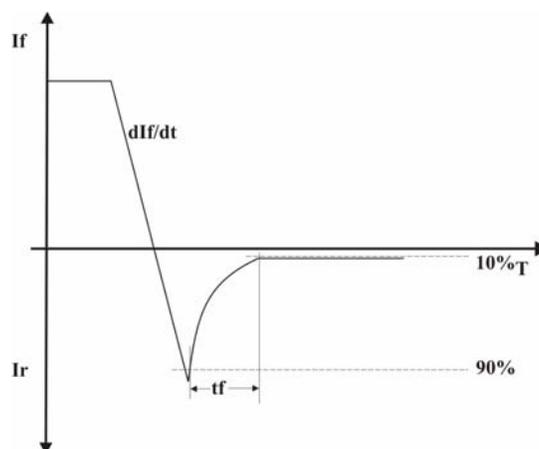
La corriente pico establecida para nuestra fuente es de 5A durante un período de 1.9ms.

En consecuencia para el dimensionamiento de los diodos rectificadores se debe escoger uno que tenga las siguientes características:

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| Voltaje pico inverso:       | 600V |
| Corriente directa continua: | 1A   |
| Pico de corriente:          | 10A  |

El diodo encontrado en la fuente de conmutación es el RL207 (refiérase al Anexo C1.1) que si cumplen con las características mínimas mencionadas anteriormente.

Uno de los problemas de los diodos rectificadores es el pico de recuperación inversa, en la figura 5.4 se puede observar como se producen estos picos y que forma tienen, la propia capacidad del diodo impide que éste pase a corte justo en el momento que cruza por cero. En su lugar vemos el pico generado.



**FIGURA 5.4** Corriente pico de recuperación inversa de diodos rectificadores

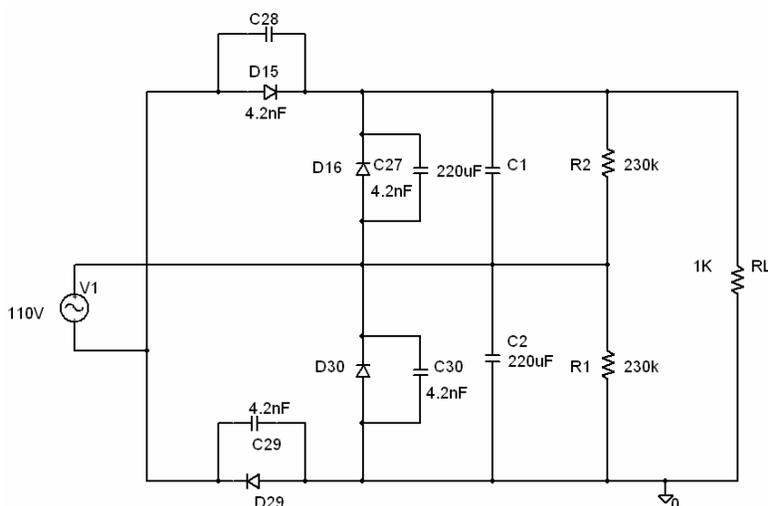
Para solucionar este problema se colocan en paralelo condensadores de unos pocos nF que absorben la

gran mayoría del pico de recuperación de los diodos.

Es por esta razón el uso de C27, C28, C29 y C30.

### 5.3.2 Etapa de doblador de voltaje.

Si la fuente es alimentada desde una red de 110/120 Vac, el conmutador de la fuente debe ser cambiado a la posición de 110/120 Vac. (Véase la figura 5.2) dando como resultado un circuito doblador de tensión que se muestra en la figura 5.5:



**FIGURA 5.5** Circuito doblador de tensión

En este caso ambos condensadores se cargan a la tensión pico, el C1 en el semiciclo positivo y el C2 en el semiciclo negativo, resultando una tensión pico igual a:

$$V_{pico} = 2 \times 120 \times \sqrt{2} = 339.41V$$

Idéntico valor al que se obtiene con el rectificador de onda completa con 240 V por consiguiente para la carga le es indiferente el nivel de voltaje que se tenga en la entrada.

La diferencia esta en el voltaje obtenido en los diodos rectificadores. El voltaje ánodo-cátodo del diodo D16 y D30 es igual al voltaje inverso del capacitor C1 y C2 respectivamente, el voltaje pico inverso de estos diodos es igual a:

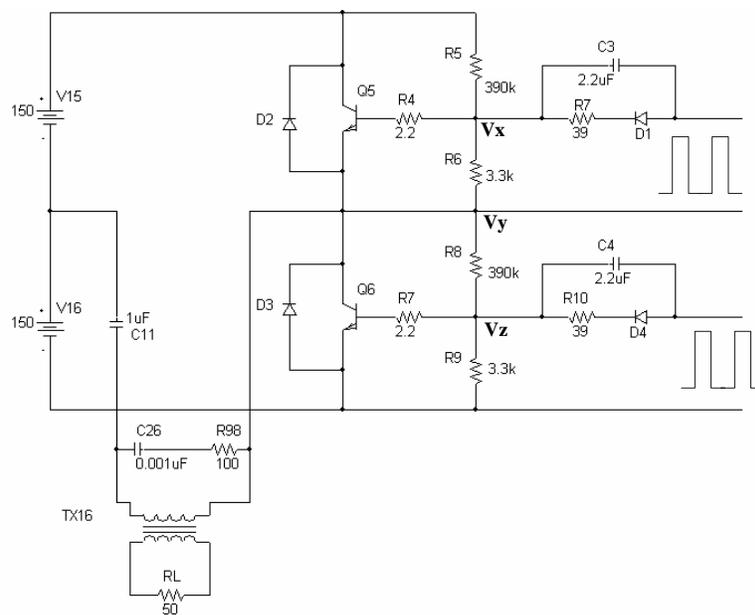
$$V_{ak} = 120 \times \sqrt{2} = 169.70V$$

Para el diodo D15 voltaje ánodo-cátodo cuando uno de ellos no conduce es igual al negativo del voltaje de la carga, de igual forma a lo que sucede con el diodo D29, por consiguiente el voltaje pico inverso de estos diodos es igual a:

$$V_{ak} = 2 \times 120 \times \sqrt{2} = 339.41V$$

### 5.3.3 Etapa de Potencia

La figura 5.6 muestra la etapa de potencia donde encontramos los elementos de conmutación, del diagrama esquemático podemos observar que los capacitores C1 y C2 forman un divisor de tensión de tal manera que para analizar esta etapa se procedió a reemplazar dichos capacitores por fuentes de voltaje de continua de 150V cada una.



**FIGURA 5.6** Etapa de conmutación

Para este convertidor, el ciclo de trabajo  $\delta$  de cada transistor no puede superar el 50% para evitar la conducción simultánea de ambos transistores y provocar el cortocircuito de la fuente de alimentación, debe tenerse especial cuidado en asegurar que los dos transistores conduzcan idénticos períodos, caso contrario la circulación de una corriente de continua produce la saturación del transformador. También puede llegarse a esta situación si el comportamiento de los transistores Q1 y Q2 es asimétrico. Para prevenir esto se coloca un capacitor de acoplamiento C11 que elimina ese valor de continua.

Al conducir de forma alternada los transistores Q5 y Q6 estos conmutan la tensión del primario del transformador entre +150V y -150V.

En consecuencia los transistores deben soportar una tensión máxima igual al voltaje entre C1 y C2.

$$V_{ce_{\max}} = 339.41V$$

Asumiendo que Q5 y Q6 no conducen los voltajes colector y emisor de cada transistor es igual a 150 V.

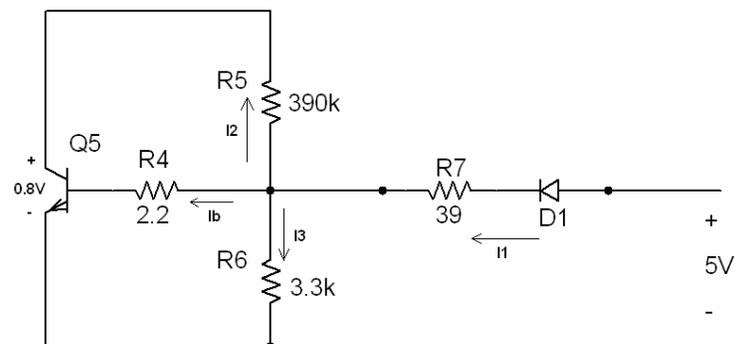
$$V_x = 151.25V$$

$$V_y = 150V$$

$$V_z = 1.25V$$

$$V_p = V_y - 150 = 150 - 150 = 0V$$

Asumiendo que Q5 conduce y Q6 no conduce tenemos el siguiente circuito y siendo el Voltaje colector-emisor de saturación igual a 0.8V tenemos las siguientes ecuaciones obtenidas (ver figura 5.7):



**FIGURA 5.7** Circuito de polarización del transistor

$$5 - V_d - I_1 R_7 - I_2 R_5 - V_{ce(sat)} = 0 \quad (5.2)$$

$$5 - V_d - I_1 R_7 - I_3 R_6 = 0 \quad (5.3)$$

$$I_b R_4 + V_{be} - I_3 R_6 = 0 \quad (5.4)$$

$$I_1 - I_2 - I_3 - I_b = 0 \quad (5.5)$$

Remplazando con los valores de resistencia tenemos lo siguiente:

$$3.5 = (39 \times 10^{-3})I_1 + 390I_2$$

$$4.3 = (39 \times 10^{-3})I_1 + (3.3)I_3$$

$$0.7 = (3.3)I_3 - (2.2 \times 10^{-3})I_b$$

$$0 = I_1 - I_2 - I_3 - I_b$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones hallamos cada una de las corrientes:

$$I_1 = 97.817mA$$

$$I_2 = -807\mu A$$

$$I_3 = 147\mu A$$

$$I_b = 97.671mA$$

El voltaje  $V_y$  es igual a:

$$V_y = 300 - 0.8 = 299.2V$$

El voltaje en el primario del transformador es:

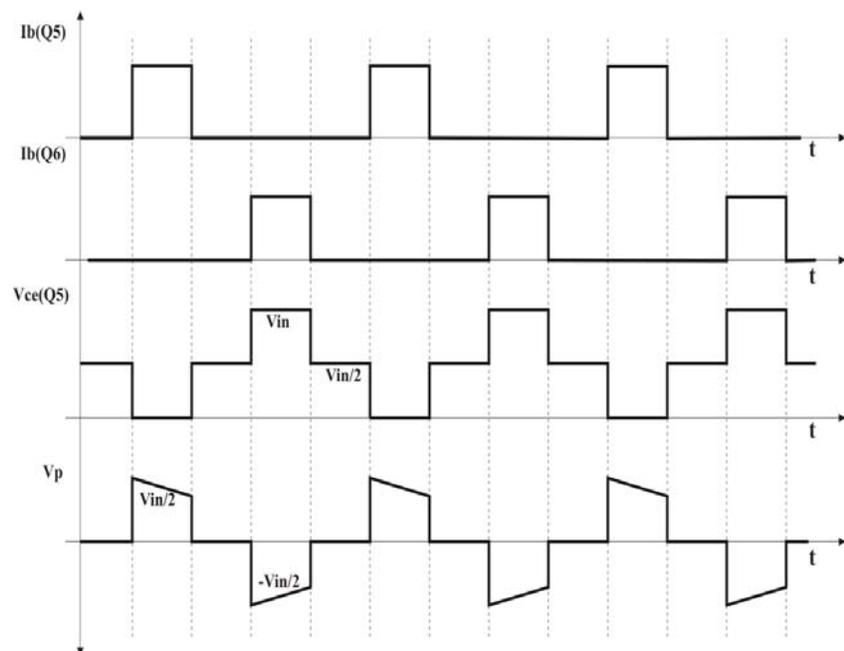
$$V_p = V_y - 150 = 299.2 - 150 = 149.2V$$

La corriente del colector es igual a la corriente del primario por lo que el transistor Q5 si se satura lo cual era lo que queríamos demostrar con la asunción realizada anteriormente.

Para el otro caso en el que Q6 conduce y Q5 conduce ocurre lo mismo solo que para valores de Q6, la única diferencia es que el voltaje en el primario del transformador es:

$$V_p = V_y - 150 = 0.8 - 150 = -149.2V$$

La figura 5.8 nos muestra los gráficos esperados de esta etapa de potencia que se demostraron anteriormente.



**FIGURA 5.8** Señales en la etapa de conmutación

Por trabajar a frecuencias superiores a los 20 KHz, los dispositivos utilizados en fuentes conmutadas deben ser de alta velocidad de conmutación. Para mantener las pérdidas durante su transición de corte a saturación y viceversa dentro de los límites aceptables, los tiempos de  $t_{on}$  y de  $t_{off}$  no deben superar el 2% del tiempo de un ciclo del convertidor. Para fijar la máxima frecuencia de operación, también debe tomarse en cuenta el tiempo de almacenamiento.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente y viendo las especificaciones de los transistores de conmutación 2SC4106 (Refiérase al Anexo C1.1), tenemos que:

Tiempo de encendido =  $0.5 \mu s$

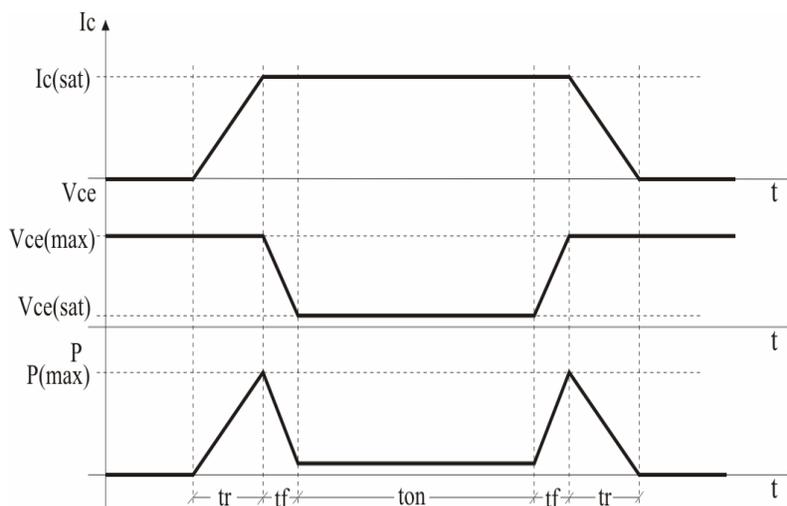
Tiempo de apagado =  $0.3 \mu s$

Asumiendo un tiempo de almacenamiento relativamente pequeño por las polarizaciones de los transformadores que hacen que ese tiempo disminuya en el apagado, teniendo en cuenta que el periodo del convertidor es  $20 \mu s$ .

$$\frac{t_{on} + t_{off}}{T} \times 100 = \frac{0.5 \mu s + 0.3 \mu s}{20 \mu s} = 4\% \quad (5.6)$$

Como podemos observar en el resultado anterior este supera el 2% del ciclo del convertidor por lo que se necesitarían elementos más rápidos de conmutación para un funcionamiento más óptimo de la fuente.

Para calcular la potencia disipada en conmutación con carga inductiva debemos tener en cuenta que la inductancia no fluye instantáneamente con el voltaje aplicado por lo que durante el apagado lo que ocurre primero es que el  $V_{ce}$  crece antes que la corriente  $I_c$  comienza a caer. La figura 5.9 muestra el efecto de los tiempos de conmutación para el cálculo de la potencia.



**FIGURA 5.9** Disipación de potencia en elementos de conmutación con carga resistiva.

Con ayuda de la figura 5.9 podemos tener una buena aproximación de la potencia disipada por los elementos de conmutación dada por la ecuación:

$$Pd = f \times [(V_{ce(max)} I_{c(sat)}(t_{on} + t_{off})) + (V_{ce(sat)} I_{c(sat)}(\delta T))] \quad (5.7)$$

Siendo:

F: frecuencia de operación = 25 KHz.

$t_{on} + t_{off} = 0.8 \mu s$ .

$V_{ce(max)} = 320V$ .

$V_{ce(sat)} = 0.8 V$ .

$I_{c(sat)} = 1.5 A$ .

$\delta T = 0.45 (40 \mu s) = 18 \mu s$ .

Remplazando en la ecuación 5.7 tenemos que la potencia disipada para cada transistor es 10.14 W.

Para el cálculo del disipador tenemos la siguiente ecuación:

$$T_{jmax} = T_a + Pd(\theta_{ja}) \quad (5.7)$$

Teniendo:

$T_{jmax}$ : temperatura de juntura máxima = 150 °C

$T_a$ : temperatura ambiente = 27 °C

$Pd$ : potencia disipada = 10.14 W

$\theta_{ja}$ : Resistencia térmica juntura - ambiente

Reemplazando en la ecuación 5.7 y despejando  $\theta_{ja}$  tenemos que la resistencia térmica juntura-ambiente es de  $12.13^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , y teniendo en cuenta que esta resistencia es igual a:

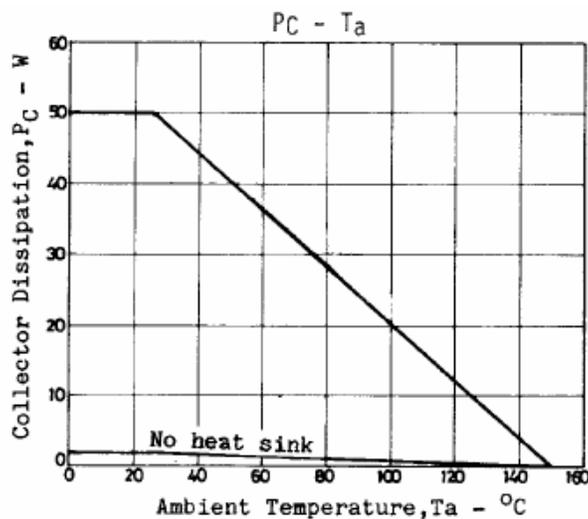
$$\theta_{ja} = \theta_{jc} + \theta_{cd} + \theta_{da} \quad (5.8)$$

$\theta_{jc}$  : Resistencia térmica juntura – cápsula

$\theta_{cd}$  : Resistencia térmica cápsula – disipador

$\theta_{da}$  : Resistencia térmica disipador.

La resistencia térmica juntura – cápsula se la obtiene a partir del gráfico de pérdida de potencia por la temperatura obtenido de la hoja de especificaciones del fabricante del transistor 2SC4106, mostrado en la figura 5.10.



**FIGURA 5.10** Gráfico de pérdida de potencia del 2SC4106

$$\theta_{jc} = \frac{150 - 25}{50} = 2.5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

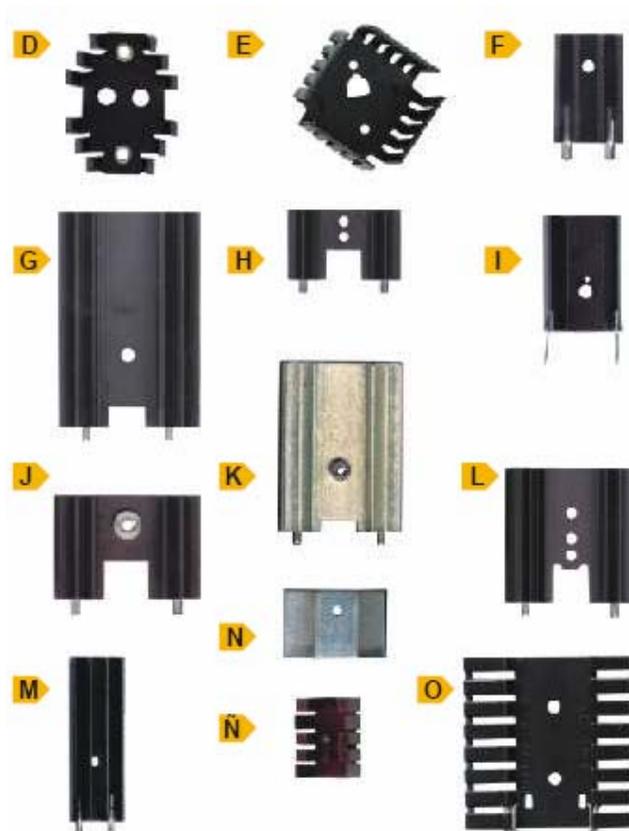
La junta cápsula disipador se la puede considerar despreciable para efectos de cálculo, reemplazando estos valores y despejando la resistencia térmica del disipador en la ecuación 5.8 tenemos que:

$$\theta_{da} = 12.13 - 2.5 = 9.63 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

La resistencia térmica mínima que debe tener el disipador para cada uno de los transistores es de 9.63 °C/W, por consiguiente un buen disipador de potencia para este transistor es el mostrado en la tabla 5.1 cuyo disipador mostrado con la letra G tiene una resistencia térmica de 5.33 °C/W:

**Tabla 5.1** Características de algunos disipadores de calor

| Disipadores de Calor para Circuito Impresos Aceptan TO-220 / 218 / 217 |      |              |          |                  |      |    |              |       |
|--|------|--------------|----------|------------------|------|----|--------------|-------|
| Código HS  | Fig. | Equiv.       | Rth °C/W | Dimensiones (mm) |      |    | Precio en \$ |       |
|  |      |              |          | L                | W    | H  | 1-9          | 10 +  |
| 1000   | F    | 634-10ABP    | 16       | 15               | 16   | 25 | 0.517        | 0.465 |
| 1003   | G    | 657-25ABPN   | 5.33     | 42               | 25   | 64 | 1.680        | 1.512 |
| 1008   | H    | 627-08ABP    | 14       | 22               | 35   | 13 | 0.911        | 0.820 |
| 1009   | I    | ECG502       | 17       | 22               | 35   | 10 | 0.607        | 0.547 |
| 1015   | J    | 627-10ABP    | 12.66    | 25               | 35   | 13 | 1.069        | 0.962 |
| 123  | K    | 627-20ABP    | 9.16     | 51               | 35   | 13 | 1.123        | 1.011 |
| 60026  | L    | 627-15ABP    | 10.83    | 39               | 35   | 13 | 1.093        | 0.983 |
| THM6392  | M    | 634-20ABP    | 12       | 50               | 16   | 16 | 0.912        | 0.821 |
| TO220  | N    |              | 30       | 37               | 10   | 25 | 0.137        | 0.123 |
| 150ND  | Ñ    | 576802B03100 | 18.8     | 12.7             | 12.7 | 19 | 0.440        | 0.396 |
| THM7022  | O    |              | 6.5      | 50               | 50   | 9  | 0.816        | 0.735 |



**FIGURA 5.11** Disipadores de calor.

El cálculo y diseño del transformador de alta frecuencia para las siguientes condiciones del sistema mostrado en la tabla 5.2 se realiza de la siguiente forma:

**Tabla 5.2** Condiciones del sistema

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Tensión de entrada máxima: | 300 V  |
| Tensión de entrada mínima: | 100V   |
| Frecuencia de conmutación: | 50 KHz |

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Potencia de salida del sistema:   | 100 W  |
| Tensiones de salida:              | 12 Vdc |
|                                   | 5 Vdc  |
| Incremento máximo ( $\Delta T$ ): | 40°C   |

A la frecuencia de conmutación elegida, la variación del flujo magnético está limitada por las pérdidas del núcleo, por tanto, en una primera estimación, el producto área se calcula a partir de **(refiérase al cap. 3 del libro sistemas de alimentación conmutados)**:

$$PA = \left( \frac{P_{E_{\max}} \cdot 41.7}{K \cdot FC} \right)^{1.58} (K_H \cdot FC + K_E \cdot FC^2)^{0.66} (cm^4) \quad (5.9)$$

En esta ecuación, para la mayoría de las ferritas:

$K_H$ : Coeficiente de histéresis =  $4 \times 10^{-5}$

$K_E$ : Coeficiente de Eddy =  $4 \times 10^{-10}$

$K$ : Producto de  $K_U \times K_P \times K_F$

$K_F$ : Factor de forma o factor de topología

$K_P$ : Factor de proporcionalidad de área del devanado.

$K_U$ : Factor de ocupación de la ventana.

$FC$ : frecuencia de conmutación.

$$P_{E \max} = \frac{P_s}{\eta} = \frac{100}{0.75} = 133.33W$$

**Tabla 5.2** Factores K utilizados en el diseño de transformadores

| Convertidor  | Devanado | K     | K <sub>F</sub> | K <sub>U</sub> | K <sub>P</sub> |
|--|----------|-------|----------------|----------------|----------------|
| Directo  | S/S      | 0.141 | 0.71           | 0.40           | 0.50           |
| Puente, M puente                                   | S/TC     | 0.165 | 1.00           | 0.40           | 0.41           |
| Toma Central                                       | TC/TC    | 0.141 | 1.41           | 0.40           | 0.25           |
| Primario/Secundario; S=sencillo, TC = toma Central |          |       |                |                |                |

El valor de k es obtenido de la tabla 5.2 y debido a que la configuración de nuestra fuente es de medio puente entonces el valor de K = 0.165

Sustituyendo valores en la ecuación 5.9 se obtiene:

$$PA = 1.107 \text{ cm}^4$$

Con este valor de PA en la tabla 5.3 se selecciona por exceso, el núcleo PQ32/30, cuyos datos necesarios para el cálculo son los siguientes:

|                          |         |                        |
|--------------------------|---------|------------------------|
| Resistencia Térmica      | = (Rt)  | = 22°C/W               |
| Volumen efectivo         | = (Ve)  | = 9.42 cm <sup>3</sup> |
| Área efectiva            | = (Ae)  | = 1.70 cm <sup>2</sup> |
| Longitud Media de espira | = (LMV) | = 6.47 cm.             |

El material escogido es la ferrita

**Tabla 5.3** Datos relativos a los núcleos más utilizados

| Núcleo    | PA<br>(cm <sup>4</sup> ) | Ae<br>(cm <sup>2</sup> ) | Aw<br>(cm <sup>2</sup> ) | Ve<br>(cm <sup>3</sup> ) | Rt<br>(°C/W) | LVM<br>(cm) |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| EC 70     | 17.83                    | 2.79                     | 6.39                     | 40.10                    | 7.50         | 9.571       |
| EC 70 CB* | 14.36                    | 2.79                     | 5.15                     | 40.10                    | 7.50         | 10.08       |
| ETD 49    | 7.78                     | 2.11                     | 3.73                     | 24.20                    | 11.00        | 8.39        |
| PQ40/40   | 6.40                     | 2.01                     | 3.18                     | 20.50                    | 12.00        | 8.20        |
| EC 52     | 5.59                     | 1.80                     | 3.11                     | 18.80                    | 11.00        | 7.29        |
| ETD 44    | 5.28                     | 1.74                     | 3.04                     | 18.00                    | 12.00        | 7.57        |
| EC 52 CB  | 4.63                     | 1.80                     | 2.57                     | 18.80                    | 11.00        | 7.73        |
| PQ 35/35  | 4.21                     | 1.96                     | 2.15                     | 17.26                    | 16.00        | 7.32        |
| ETD 39    | 3.21                     | 1.25                     | 2.57                     | 11.50                    | 15.00        | 6.69        |
| EC 41     | 2.59                     | 1.21                     | 2.14                     | 10.80                    | 16.50        | 6.06        |
| PQ 32/30  | 2.33                     | 1.61                     | 1.45                     | 11.97                    | 18.50        | 6.47        |
| EC41 CB   | 1.90                     | 1.21                     | 1.57                     | 10.80                    | 16.50        | 6.47        |
| ETD 34    | 1.83                     | 0.97                     | 1.89                     | 7.64                     | 19.00        | 5.81        |
| EC 35     | 1.36                     | 0.84                     | 1.62                     | 6.53                     | 18.50        | 5.06        |
| PQ 32/30  | 1.31                     | 1.70                     | 0.77                     | 9.42                     | 22.00        | 6.47        |
| PQ 26/25  | 0.96                     | 1.18                     | 0.81                     | 6.53                     | 24.00        | 5.45        |
| EC 35 CB  | 0.94                     | 0.84                     | 1.12                     | 6.53                     | 18.50        | 5.50        |
| PQ 26/20  | 0.69                     | 1.19                     | 0.58                     | 5.49                     | 30.00        | 5.45        |
| PQ 20/20  | 0.39                     | 0.62                     | 0.63                     | 2.79                     | 36.00        | 4.24        |
| PQ 20/16  | 0.28                     | 0.62                     | 0.45                     | 2.31                     | 42.00        | 4.24        |

Las pérdidas debidas al núcleo toman el valor:

$$PN = \frac{\Delta T}{2Rt} \quad (5.10)$$

$$PN = \frac{40}{2 \times 22} = 0.909W$$

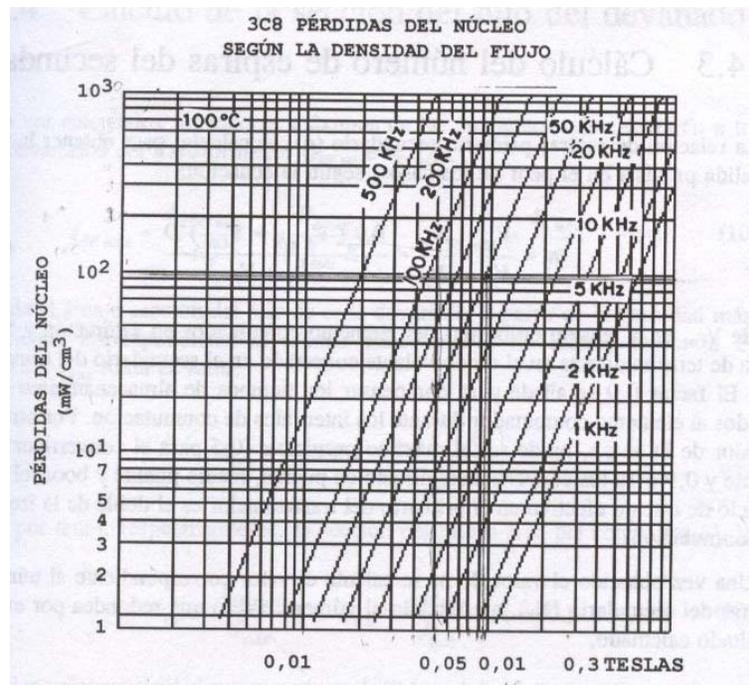
Calculándose las pérdidas/cm<sup>3</sup> como:

$$\frac{PN}{cm^3} = \frac{PN}{Ve} = \frac{0.909}{9.42} = 96.50 \frac{mW}{cm^3} \quad (5.11)$$

Observando en la figura 5.12 correspondiente al material seleccionado, se obtiene para una temperatura

de funcionamiento de 100°C, un  $\Delta B/2=0.095$  T, obteniéndose una densidad de flujo de:

$$\Delta B=0.190 \text{ T}$$



**FIGURA 5.12** Pérdidas del núcleo según la densidad de flujo

El devanado del primario se calcula para que soporte, durante el régimen de funcionamiento normal, los voltios/segundo ( $V_E \cdot T_{ON}$ ) a que va a ser sometido. Calculándose el mínimo número de espiras a partir de la ecuación:

$$N_p > \frac{V_{E \min} \cdot 10^4}{A_e \cdot \Delta B \cdot 2 \cdot FC} \quad (5.12)$$

Sustituyendo valores en la ecuación 5.12 obtenemos:

$$Np > \frac{100 \times 10^4}{1.70 \times 0.190 \times 2 \times 50 \times 10^3} > 30.959$$

La relación de transformación se obtiene sustituyendo los datos en la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Np}{Ns} = \frac{0.9 \cdot (V_{E_{\min}} - V_{ON})D}{V_S + V_f} \quad (5.13)$$

$V_{ON}$ : Tensión Vce (sat) del elemento conmutador

$V_f$ : Caída de tensión directa del diodo.

$D$ : Ciclo de trabajo máximo previsible.

Para la salida de 12 Vdc:

$$n = \frac{0.9(100 - 0.8)0.5}{12 + 0.5} = 3.57$$

Para la salida de 5 Vdc:

$$n = \frac{0.9(100 - 0.8)0.5}{5 + 0.5} = 8.11$$

Una vez obtenido el valor de n, se puede calcular el valor correspondiente al número de espiras del secundario ( $N_s$ ), ajustándolo al número entero que redondea por exceso el resultado calculado.

Para la salida de 12 Vdc

$$N_s = \left( \frac{30.959}{3.57} \right) = 8.67 \approx 9$$

$$Np = n \cdot N_s = 9 \times 3.57 = 32.13 \approx 32$$

Para la salida de 5 Vdc

$$N_s = \left( \frac{30.959}{8} \right) = 3.869 \approx 4$$

$$N_p = n \cdot N_s = 8 \times 4 = 32$$

### **5.3.4 Rectificación y Filtrado de la etapa de salida.**

Debido a la alta frecuencia a que se hace operar al circuito de conmutación para reducir el peso y volumen de los elementos reactivos, los dispositivos rectificadores de salida si presentan requerimientos especiales en el diseño de las fuentes conmutadas. Deben ser diodos de alta velocidad y con tiempos de conmutación cortos para minimizar las pérdidas, es por eso el uso de diodos de recuperación rápida como el FR153 (ver diagrama esquemático de la fuente), (refiérase al Anexo C1.1).

Para la tensión de salida baja como 5Vdc, estos diodos deben presentar una pequeña caída de voltaje como

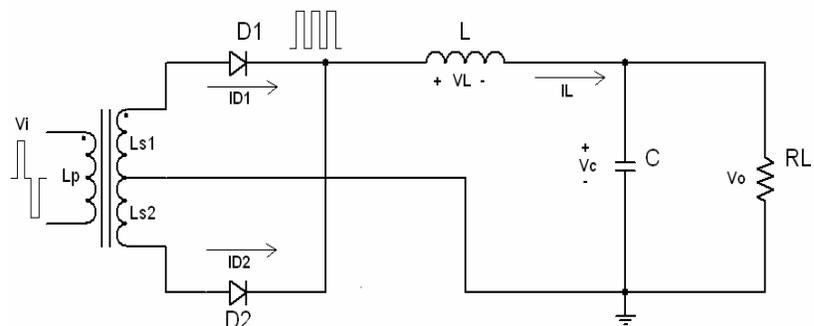
los diodos Schottky FCQ20A04 (Refiérase al Anexo C1.1) usados en la fuente estudiada.

Los condensadores de filtro de este tipo de fuentes son utilizados para mantener constante la tensión de salida del sistema, disminuyendo, a su vez, la señal de rizado.

Para la selección del capacitor del filtro de salida, los requerimientos funcionales exigen un alto valor (decenas de mili faradios) para el capacitor de salida. A los niveles de corriente que debe circular por estos capacitores, junto con las elevadas frecuencias de operación, se toman críticos los valores que tomen los parámetros de resistencia (ESR y ESL). Estos parámetros que fijan la desviación de un capacitor real respecto a un capacitor ideal puramente capacitivo, se encuentran presentes en todo capacitor comercial y deben adoptar valores muy pequeños para aplicaciones de fuentes conmutadas. Para que en aplicaciones de alta potencia y bajos voltajes la conmutación produzca un rizado despreciable y pequeños transitorios a la salida debidos a cambios

bruscos en la carga, la ESR no debe ser mayor de unos pocos  $m\Omega$  y a frecuencias de 50 KHz, el ESL debe ser de algunas decenas de nH.

La figura 5.13 nos muestra la etapa el circuito para la etapa de rectificado y filtrado de salida.



**FIGURA 5.13** Rectificador y filtro de la etapa de salida

De acuerdo a lo obtenido en secciones anteriores en el que el voltaje en el primario del transformador se encuentra entre +150 y -150 Vdc aproximadamente.

Teniendo una relación de vueltas del transformador de 3.75 para la salida de 12 Vdc y 7.5 para la salida de 5Vdc, y al quedar el primario del transformador sometido en cada alternancia a una tensión igual a  $V_i/2$ , en el intervalo correspondiente a Q5 encendido y Q6 apagado, la tensión en  $V(Ls1)$  toma el valor de:

$$V(Ls1) = \left( \frac{1}{2} \frac{N2}{N1} \right) \frac{Vin}{2} \quad (5.14)$$

Siendo por tanto, la tensión en la bobina:

$$V_L = \left( \frac{1}{2} \frac{N2}{N1} \right) \frac{Vin}{2} - Vo \quad (5.15)$$

Durante los períodos en los que ambos conmutadores permanecen bloqueados, el primario del transformador queda totalmente aislado de la tensión de entrada. Bajo estas condiciones, la bobina del convertidor invierte su tensión, de manera que ambos diodos quedan polarizados directamente, dividiéndose por igual la corriente en ambos secundarios.

$$ID1 = ID2 = \frac{IL}{2} \quad (5.16)$$

En estas condiciones  $V(Ls1)=0$ , por lo que la tensión en la bobina es:

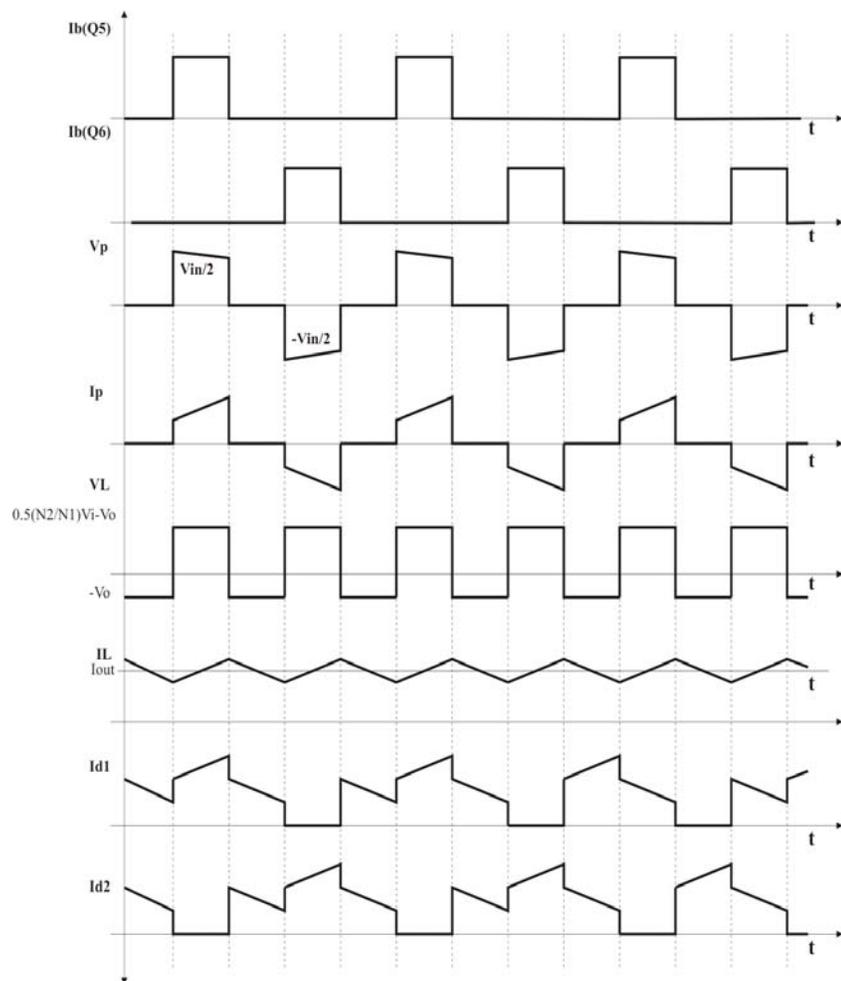
$$VL = -Vo \quad (5.17)$$

Repitiéndose las alternancias con un período de  $T/2$ .

Igualando a cero la tensión media en la bobina durante un período completo y teniendo en cuenta que  $\delta = t_{ON}/T$  donde  $0 < \delta < 0.5$ , la tensión de salida obtenida es:

$$V_o = \left( \frac{1}{2} \frac{N_2}{N_1} \right) \cdot V_i \cdot \delta \quad (5.17)$$

En la figura 5.14 se muestran las formas de onda del circuito mostrado en la figura 5.13



**FIGURA 5.14** Formas de onda de etapa de rectificado y filtrado para medio puente

Como podemos observar el voltaje a través del inductor esta dado por:

$$V_L = L \frac{di}{dt}$$

Y teniendo que para el período de no conducción el voltaje  $V_L = V_o$ , tenemos que:

$$L = \frac{V_o \cdot \Delta t}{\Delta I_L} \quad (5.18)$$

Donde:

$\Delta I_L$  no debe ser mayor que  $0.25 I_L$

$\Delta t$ : es igual al intervalo de tiempo máximo de no conducción,  $t_{off}$ , el cual ocurre entre medios ciclos de conmutación y está dado por la ecuación:

$$t_{off} = \frac{T}{2} \left( 1 - \left( \frac{V_o}{\left( \frac{1}{2} \frac{N_2}{N_1} \right) \frac{V_i}{2}} \right) \right) \quad (5.19)$$

Para la fuente estudiada, remplazando en la ecuación

5.19 tenemos:

Para la salida de 5Vdc

$$t_{off} = \frac{1}{2} (20 \times 10^{-6}) \left( 1 - \left( \frac{5}{0.5 \cdot \frac{1}{7.5} \cdot 150} \right) \right) = 5 \mu S$$

$$L = \frac{5 \cdot 5 \times 10^{-6}}{0.25(15)} = 6.67 \mu H$$

Para la salida de 12 Vdc tenemos:

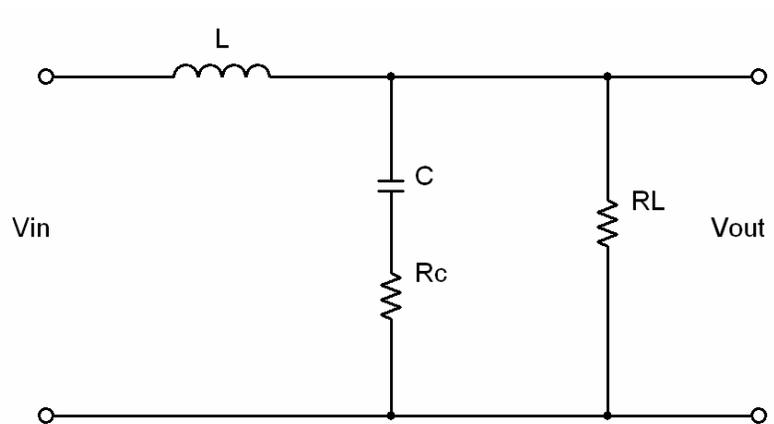
$$t_{off} = \frac{1}{2} (20 \times 10^{-6}) \left( 1 - \left( \frac{12}{0.5 \cdot \frac{1}{3.75} \cdot 150} \right) \right) = 4 \mu S$$

$$L = \frac{12 \cdot 4 \times 10^{-6}}{0.25(2.5)} = 76.8 \mu H$$

Para la elección del capacitor de filtrado, experiencias prácticas dicen que el valor del capacitor debe de ser de 300  $\mu F/A$  mínimo.

Usar más de dos capacitores en paralelo para lograr la capacitancia requerida y reducir la ESR a muy bajos valores es también recomendado. Durante la realización del prototipo se debe de hacer la mejor elección del los valores de filtro, las fórmulas antes presentadas dan una primera aproximación para comenzar a diseñar una fuente de conmutación

El filtro más completo y habitual usado en estos sistemas de alimentación conmutados, corresponde a la asociación LC del convertidor directo. El estudio de este filtro se realiza desde un punto de vista formal y exacto, añadiendo a L y C la resistencia de carga del sistema ( $R_s$ ) y la resistencia de pérdidas del condensador (ESR). Además, sería necesario añadir la resistencia de pérdidas del inductor (RI), la inductancia de pérdidas del condensador (ESL), la resistencia de la inductancia de fuga y la resistencia dinámica del diodo de recuperación. No obstante, un estudio aproximado, desde el punto de vista práctico, permite, en principio, eliminar todas las resistencias de pérdidas, exceptuando la ESR, ya que su presencia influye notablemente en la forma de la tensión de salida y en el rendimiento del filtro.



**FIGURA 5.15** Filtro LC utilizado en la etapa de salida

El circuito mostrado en la figura 5.15 corresponde al filtro simplificado de un convertidor cuya función de transferencia esta dada por la ecuación:

$$F(s) = \frac{sCRc + 1}{s^2 \left( \frac{R + Rc}{R} \right) LC + s \left( \frac{L}{C} + RcC \right) + 1} \quad (5.20)$$

Donde se observa que el circuito dispone de un cero, debido a la ESR del condensador y de dos polos, cuyo valor se calcula igualando a cero el denominador y resolviendo la ecuación compleja de segundo grado.

Por consiguiente el convertidor se diseña para que la respuesta al escalón sea sub-amortiguada. Este tipo de respuesta ofrece la ventaja de presentar un tiempo de

subida relativamente corto, alcanzando la salida del sistema su valor final en un tiempo aceptable. Tanto la oscilación amortiguada como la amplitud del sobreimpulso son irrelevantes dentro del sistema (siempre que el filtro este bien calculado), ya que serán eliminados posteriormente mediante la acción del lazo de control.

Se ha comentado que para simplificar el cálculo, la respuesta al escalón se realiza omitiendo el efecto producido por la ESR del condensador. No obstante, esta resistencia esta presente en el circuito y modifica la respuesta del mismo, de tal forma que tanto el tiempo de subida como el valor final del sobreimpulso disminuyen. Las señales de las respuestas de frecuencia de los filtros de salida se mostrarán en la sección posterior de la simulación de la fuente de conmutación.

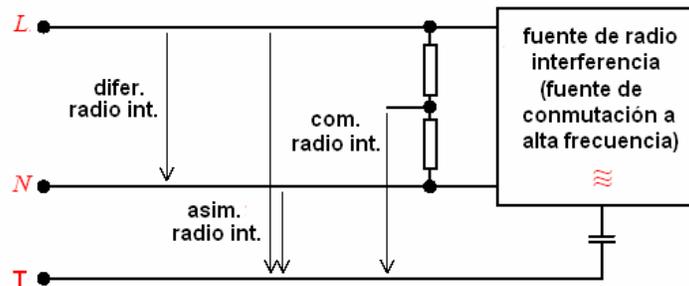
Como se ha mencionado anteriormente estas fuentes de conmutación trabajan a muy altas frecuencias de conmutación, debido a esto, estos equipos son fuentes

generadoras de interferencias de radio frecuencias. Esta interferencia se propaga por el espacio por medio de los campos electromagnéticos o por medio de las fuentes en forma de voltajes y corrientes.

Se pueden distinguir tres diferentes tipos de voltajes de radio frecuencia:

- **Voltaje de radio frecuencia asimétrica:** Se denominan así a los voltajes de altas frecuencias entre tierra y cada uno de los terminales de alimentación (línea y neutro)
- **Voltaje de radio frecuencia en modo común:** Es la suma de todas las radio interferencias asimétricas con respecto a tierra.
- **Voltaje de radio frecuencia en modo diferencial (simétrico):** Es el voltaje a alta frecuencia entre línea y neutro.

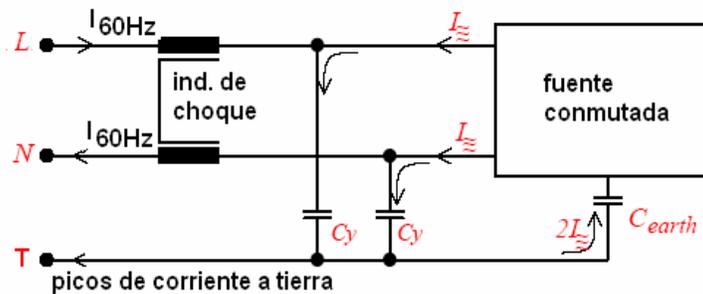
La figura 5.16 muestra cada una de las interferencias producidas en la fuente de conmutación:



**FIGURA 5.16** Tipos de voltajes de radio frecuencias

Para suprimir las interferencias en modo común, hay que saber que estos voltajes son iguales en magnitud y fase. La corriente de interferencia  $I_{\cong}$ , producida por este voltaje de alta frecuencia en modo común también es una corriente de modo común. Esta corriente fluye por tierra y regresa por la capacitancia parásita  $C_{\text{tierra}}$ , cuyo valor es muy pequeño. Debido a esto el voltaje de interferencia de modo común tiene una alta impedancia, esto significa que la interferencia actúa como una fuente de corriente. Un filtro pasa baja suprimiría estos voltajes de interferencia y que deben ser conectados como indica la figura 5.17. Como podemos observar están formados por capacitores conectados de cada línea a tierra (capacitores Y) y una inductancia de Choque para que la corriente producida

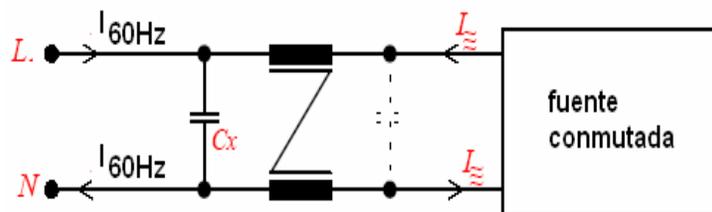
por la interferencia no tenga efecto sobre la corriente de operación a 60 Hz.



**FIGURA 5.17** Disposición de capacitores Y en filtros RFI

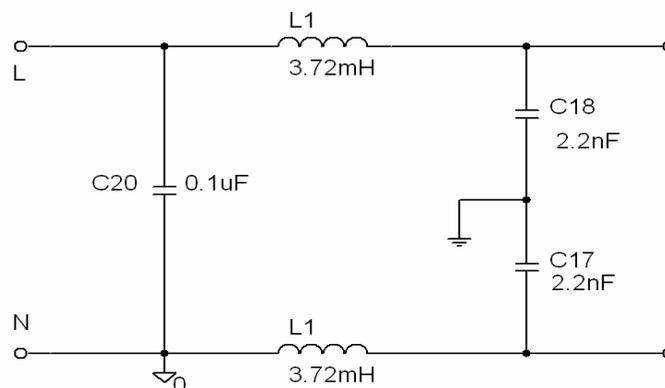
Para suprimir la interferencia en modo diferencia un filtro LC paso bajo es necesario entre línea y neutro. Esta interferencia es producida principalmente por pulsos de corriente tomadas de los filtros capacitivos de la fuente primaria, debido a la impedancia de estos capacitores a altas frecuencias la fuente de interferencia actúa como una fuente de voltaje.

La figura 5.18 muestra como se debe disponer el capacitor para este filtro (llamado capacitor X) .



**FIGURA 5.18** Disposición del capacitor X en filtros RFI

Es por esta razón el uso del filtro RFI mostrado en la figura 5.19 presente en el circuito de nuestra fuente de conmutación, como podemos observar los valores de cada uno de los componentes son bajos, de tal manera que a bajas frecuencias (60Hz) los capacitores tengan una alta impedancia y sean como circuito abierto y la inductancia a bajas frecuencias actúe como un corto, teniendo una operación normal.



**FIGURA 5.19** Filtro RFI presente en la fuente de conmutación estudiada.

### 5.3.5 Modulación PWM con el CI. TL494

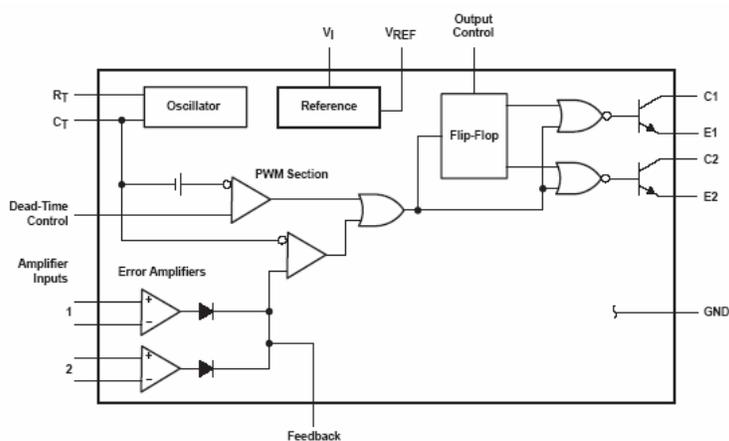
El control de la frecuencia de oscilación del CI TL494 (Refiérase al Anexo C1.1) está dado por el capacitor y la resistencia conectados a los pines 5 y 6 respectivamente y esta dada por la ecuación:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_{21} \cdot C_8} \quad (5.21)$$

Reemplazando con los valores de R21 y C8 del esquemático de la fuente tenemos que:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{22 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 50 \text{Khz}$$

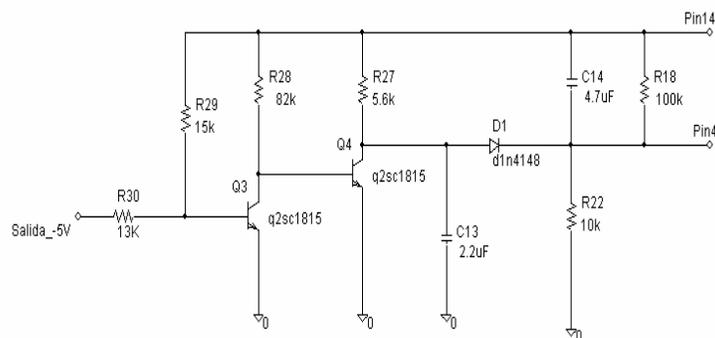
El diagrama de bloques del integrado TL494 se muestra a continuación:



**FIGURA 5.20** Diagrama de bloques del CI. TL494

Como podemos observar en el diagrama anterior este integrado tiene un voltaje de referencia de 5Vdc en el pin 14. Al estar conectado el pin 13 que es la salida de control a la referencia de 5Vdc, este hace que cada salida tienda una frecuencia de  $f_{osc}/2$  es decir 25Khz, que es lo que queremos para la configuración de medio puente.

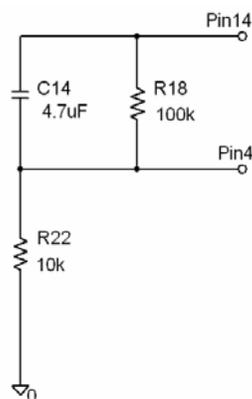
La señal en el pin 4 que el tiempo muerto esta dado por la siguiente circuitería:



**FIGURA 5.21** Señal presente en el Pin4

En funcionamiento normal de la fuente de conmutación Q3 esta en corte y Q4 esta en saturación por lo que el

voltaje en el pin 4 esta dado por la red RC formada por los siguientes elementos:



**FIGURA 5.22** Circuito para el arranque suave de la fuente de conmutación.

Para  $t=0$   $V_c=0$  y el voltaje en el Pin 4 comienza con un valor de 5 Vdc y tiende a bajar de una forma exponencial hasta el valor dado por el divisor de tensión entre R18 y R22 igual a 0.455Vdc, por lo que el capacitor se carga desde 0 V a 4.545 V en un tiempo dado por la ecuación:

$$t_c = R_{22} \cdot C_{14} \cdot \ln\left(\frac{5}{5 - 4.545}\right) \quad (5.22)$$

Reemplazando en 5.22 los valores de R22 y C14 tenemos un tiempo de 112.65 mS.

Este tiempo que se da junto con esta caída de voltaje progresiva en el pin 4 se denomina arranque suave de la fuente de conmutación y hace que el ancho de los pulsos para el encendido de los transistores Q5 y Q6 aumente lentamente hasta llegar al control del TL494 por los amplificadores de error.

En caso de que haya un corto entre las salidas de la fuente de voltaje Q3 se satura y Q4 se pone en corte por lo que el capacitor se C13 se empieza a cargar y C14 se empieza a descargar, en consecuencia el voltaje en el pin4 empieza a subir de forma exponencial hacia mas arriba de la señal triangular haciendo que el no ancho de pulso sea cero y deshabilitar a los transistores Q5 y Q6 para proteger la fuente.

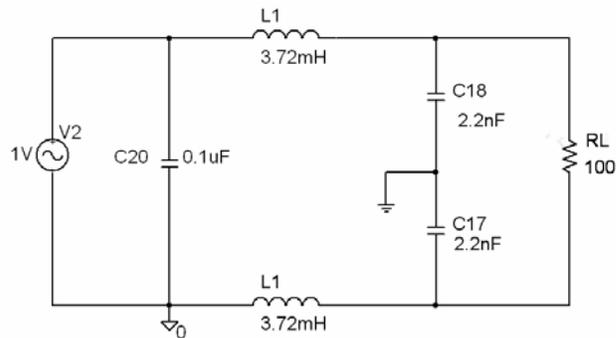
El amplificador de error presente en el integrado compara una muestra de la señal de voltaje de salida formada por el divisor de voltaje entre R33, R25, R16 y POT presentes en el pin1 y una señal de referencia formada por el divisor de tensión entre R26 y R19 que es de 2.5V presentes en el pin2 (ver esquemático) y

junto con una retro alimentación en el pin 3 por medio de C27, R23,C9 y C10 se genera una señal proporcional al error por lo que el ancho de pulso cambiará de acuerdo a las necesidades de la carga en el pin 11 y 8.

## **5.4 SIMULACIÓN DE LA FUENTE DE CONMUTACIÓN**

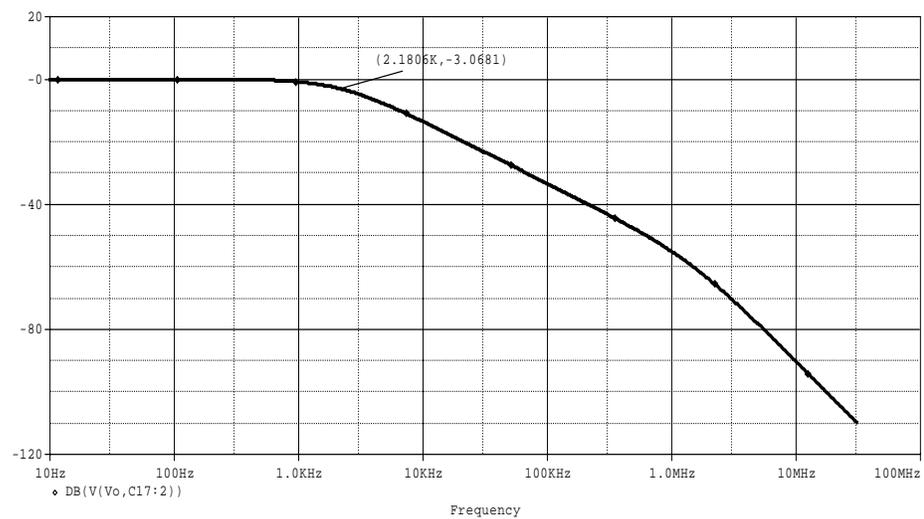
### **5.4.1 Simulaciones Parciales de cada uno de los Elementos Constitutivos de La Fuente de Conmutación**

Se empezará simulando el filtro RFI mostrado en la siguiente figura:



**FIGURA 5.23** Filtro RFI presente en la fuente de conmutación estudiada.

Realizando un barrido de frecuencia en V2 con un voltaje AC de 1 voltio tenemos la siguiente respuesta de frecuencia:

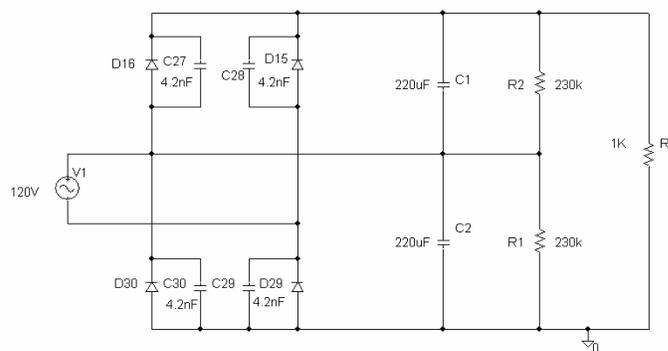


**FIGURA 5.24** Grafica del Filtro RFI presente en la fuente de conmutación estudiada.

En el gráfico podemos observar que es un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es de 2 KHz, cuyo valor es correcto porque

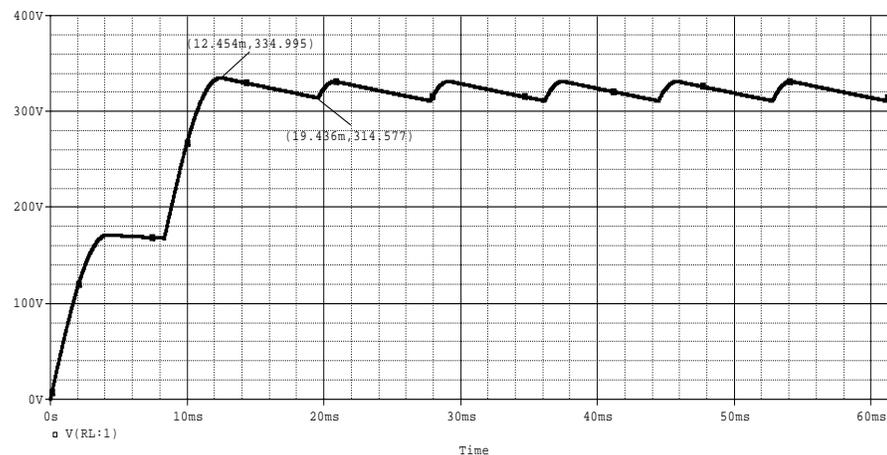
deja pasar mi frecuencia de trabajo de 60 Hz y la frecuencia de resonancia esta alejada de la frecuencia de operación del sistema que es de 50 KHz,

La etapa de doblador de tensión y filtrado para una entrada de 120Vrms se simulará con el circuito mostrado a continuación:



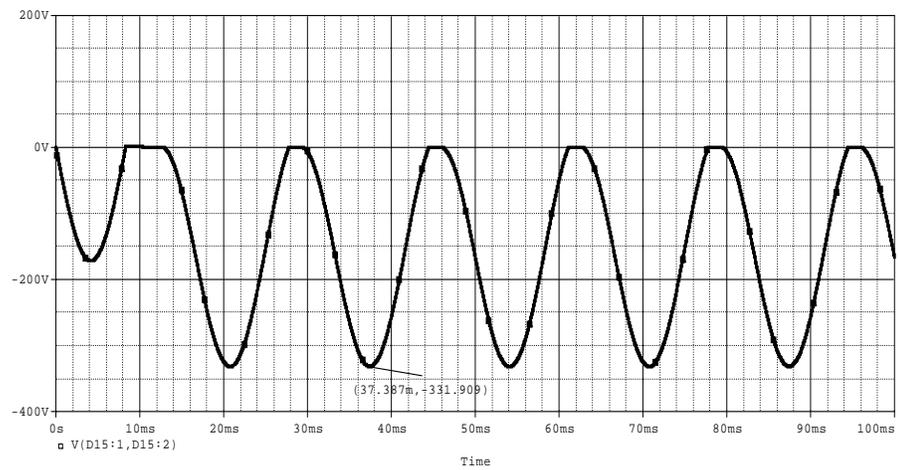
**FIGURA 5.25** Circuito doblador de voltaje para una tensión de 120Vrms.

Voltaje en la carga:



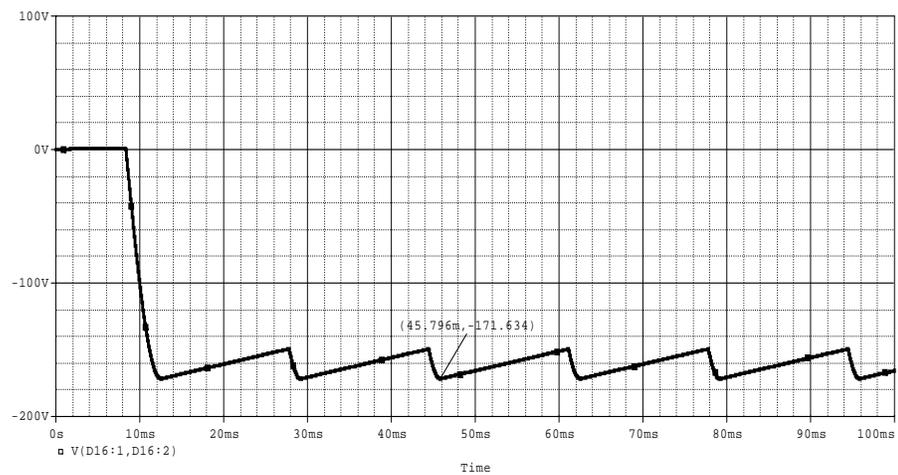
**FIGURA 5.26** Grafica del circuito doblador de voltaje.

Voltaje ánodo cátodo D15:



**FIGURA 5.27** Grafica del Voltaje ánodo cátodo D15.

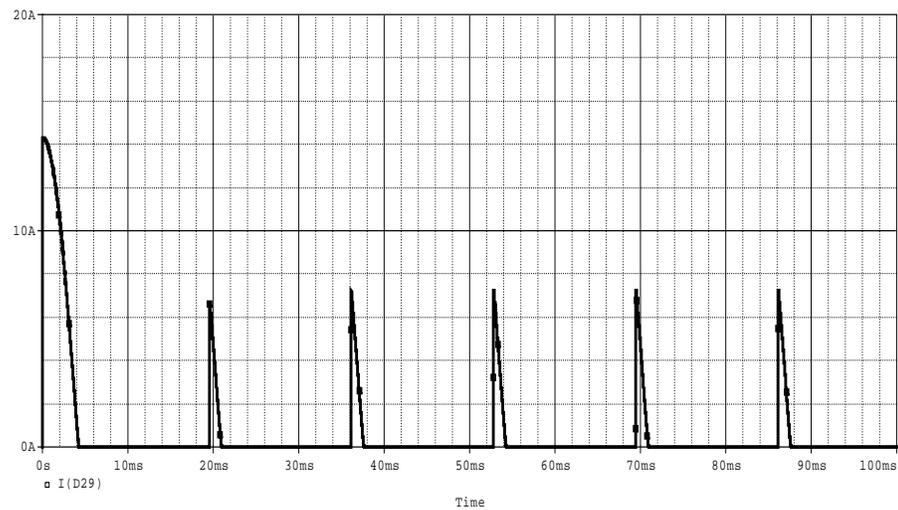
Voltaje ánodo cátodo D16:



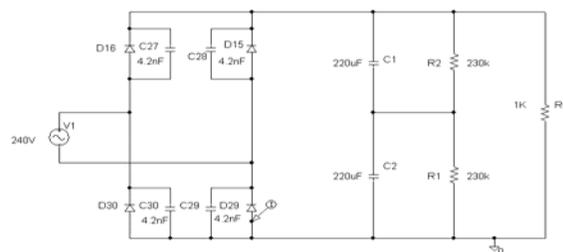
**FIGURA 5.28** Grafica del Voltaje ánodo cátodo D16.

El voltaje ánodo-cátodo en el diodo D29 es igual en forma al del diodo D15 pero desfasado  $180^\circ$ , de igual forma ocurre con el diodo D16 y D30

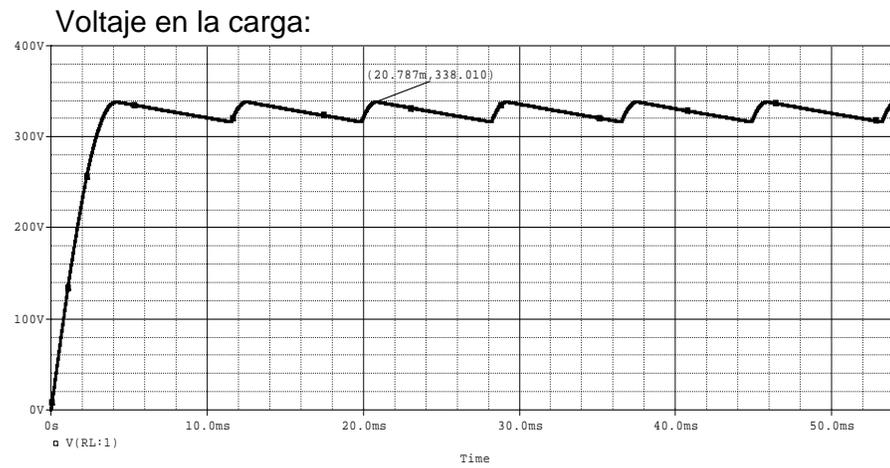
Corriente en capacitor C1 o corriente de diodo D29:



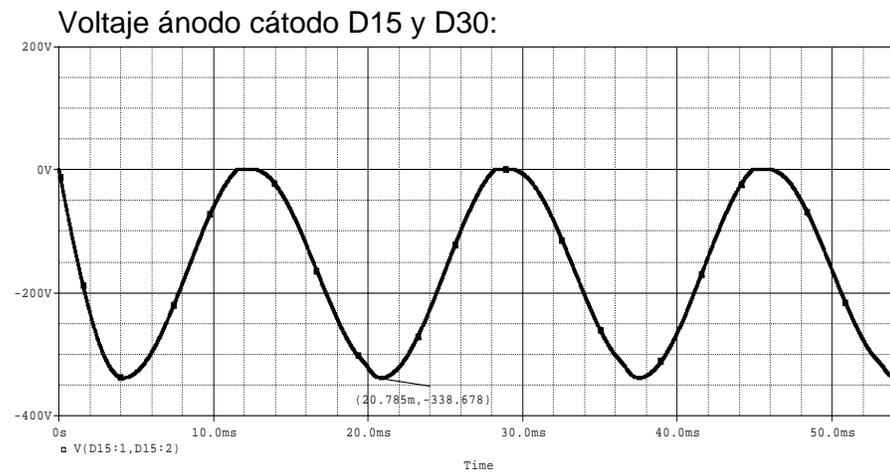
**FIGURA 5.29** Grafica de la Corriente en capacitor C1 o corriente de diodo D29  
Para una entrada de 240 Vrms el circuito trabaja como un rectificador de onda completa mostrado a continuación:



**FIGURA 5.30** Circuito doblador de voltaje para una tensión de 240Vrms de entrada.



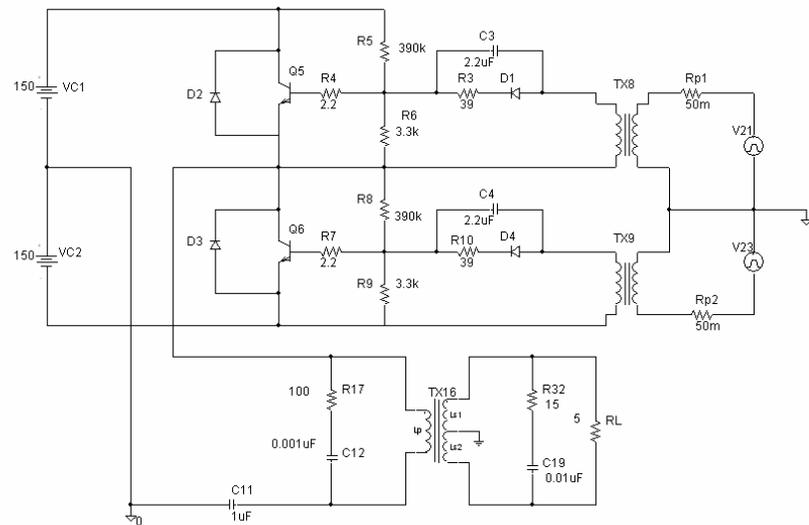
**FIGURA 5.31** Grafica del voltaje en la carga una tensión de 240Vrms de entrada.



**FIGURA 5.32** Grafica del Voltaje voltaje ánodo cátodo D15 y D30

Como podemos observar con los gráficos anteriores el voltaje en la carga tiene la misma forma, que concuerda con lo dicho en la parte teórica que a la carga le e indiferente el nivel de voltaje suministrado en la entrada siempre y cuando se tenga ubicado el conmutador en la posición correcta.

Para simular la etapa de conmutación procedemos a armar el siguiente circuito, los transistores se los hará trabajar con un ciclo de trabajo de 0.41



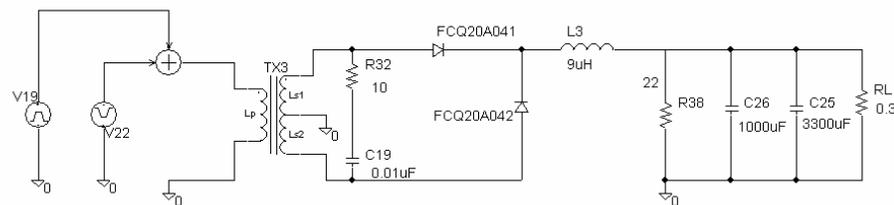
**FIGURA 5.33** Circuito de conmutación.

Los gráficos mostrados a continuación son el resultado de la simulación del circuito anterior en el se muestra la corriente de base de cada transistor, el voltaje colector emisor de Q5 y el voltaje en el primario del transformador



**FIGURA 5.34** Grafica de la corriente de base de cada transistor, el voltaje colector emisor de Q5 y el voltaje en el primario del transformador

La siguiente etapa a simular es la etapa de salida, cuyo circuito sacado del esquemático para la salida de +5Vdc es:



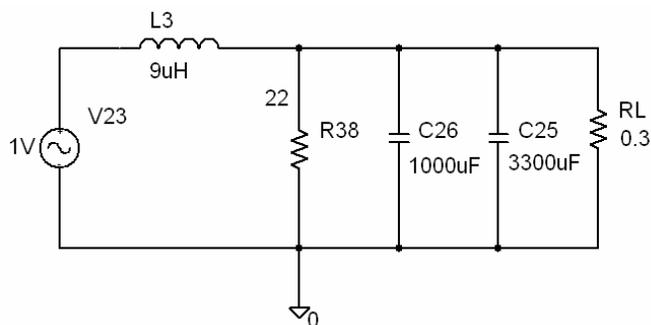
**FIGURA 5.35** Circuito de la etapa de salida de +5Vdc.

Para simular este circuito simulamos el voltaje en el primario del transformador entre +150Vdc y -150Vdc, los gráficos resultantes se muestran de la siguiente forma, voltaje en el secundario, voltaje de uno del diodo, corriente de cada uno de los diodos, corriente de L3 y el voltaje de salida.



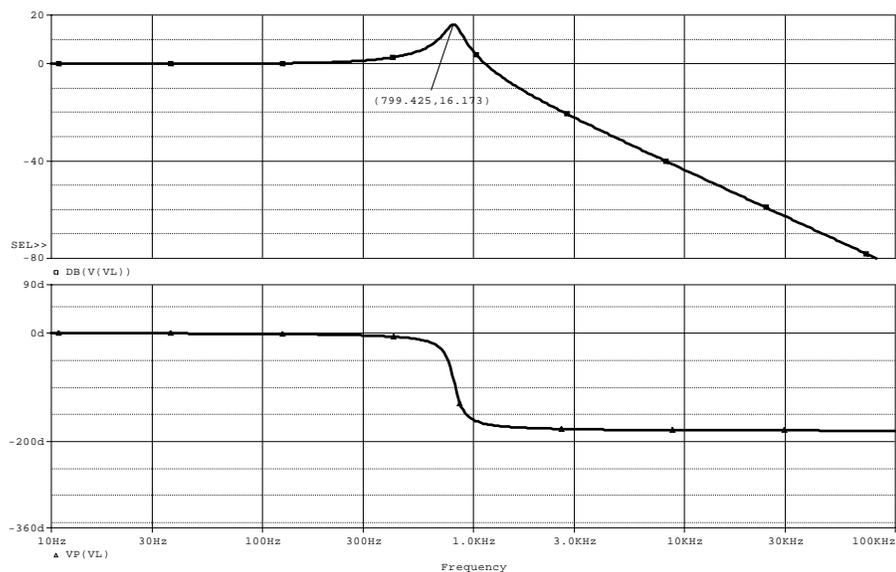
**FIGURA 5.36** Grafica del voltaje en el secundario, voltaje de uno del diodo, corriente de cada uno de los diodos, corriente de L3 y el voltaje de salida.

Respuesta de frecuencia del filtro de salida considerando la  $ESR=0$ , cuyo circuito para simulación es el siguiente:



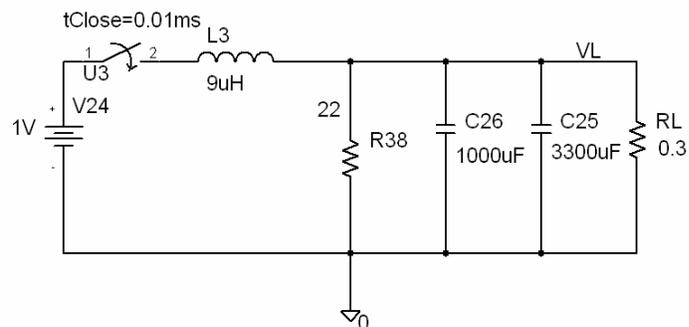
**FIGURA 5.37** Circuito de respuesta de frecuencia de la salida de +5vdc.

Los gráficos mostrados a continuación corresponden a los diagramas de bode de magnitud y fase de la función de transferencia del filtro de la figura anterior, en el podemos observar que es un filtro pasa baja y cuya frecuencia de resonancia es de aproximadamente 800Hz, muy por debajo de la frecuencia de trabajo del convertidor.

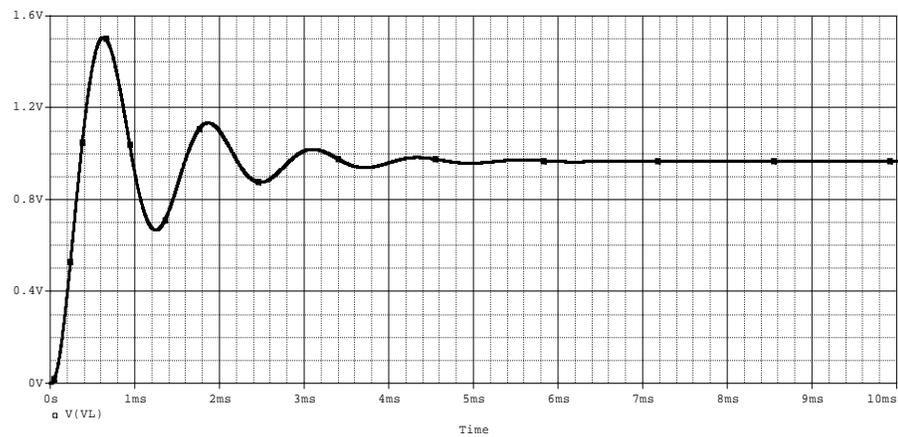


**FIGURA 5.38** Los gráficos mostrados a corresponden a los diagramas de bode de magnitud y fase de la salida de +5Vdc.

Para observar lo que se mencionó en la sección anterior sobre lo que se quiere del filtro con la respuesta al escalón sea subamortiguada procedemos a hacer la respuesta al escalón de la siguiente forma:



**FIGURA 5.39** Circuito amortiguador.

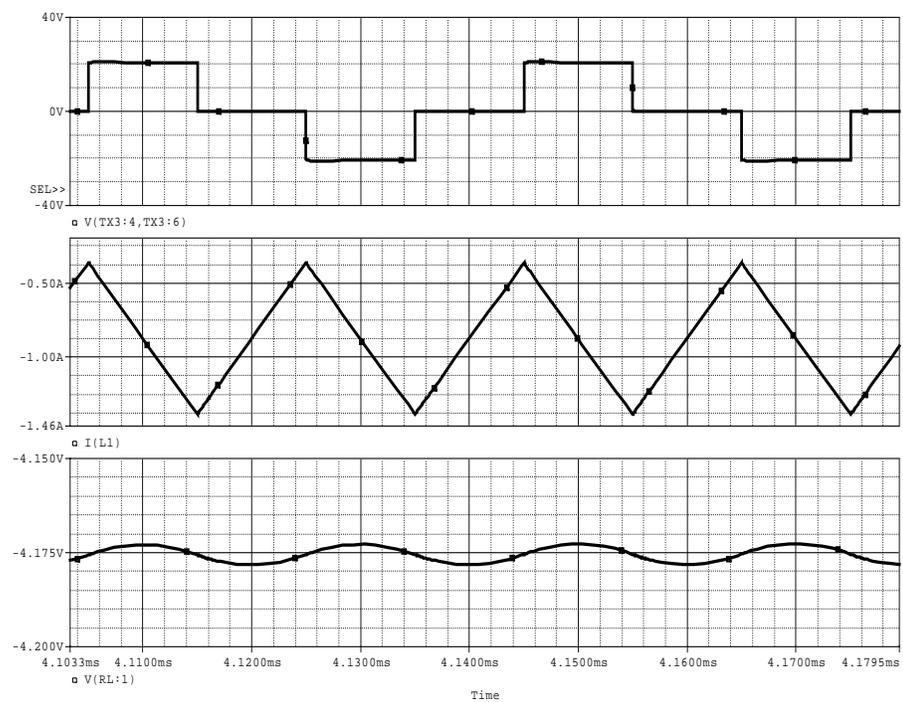


**FIGURA 5.40** Gráfico del circuito amortiguador.

El gráfico anterior nos proporciona información sobre la estabilidad del sistema, lo que se quiere de este filtro es un

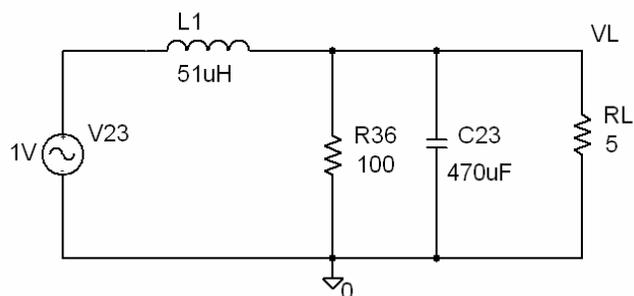
tiempo ascenso muy rápido, para alcanzar el voltaje de salida en un tiempo bastante aceptable.

Para la salida de -5 Vdc procedemos a hacer el mismo análisis pero solo se mostrará el voltaje en el secundario, el voltaje de salida y la corriente por el inductor.



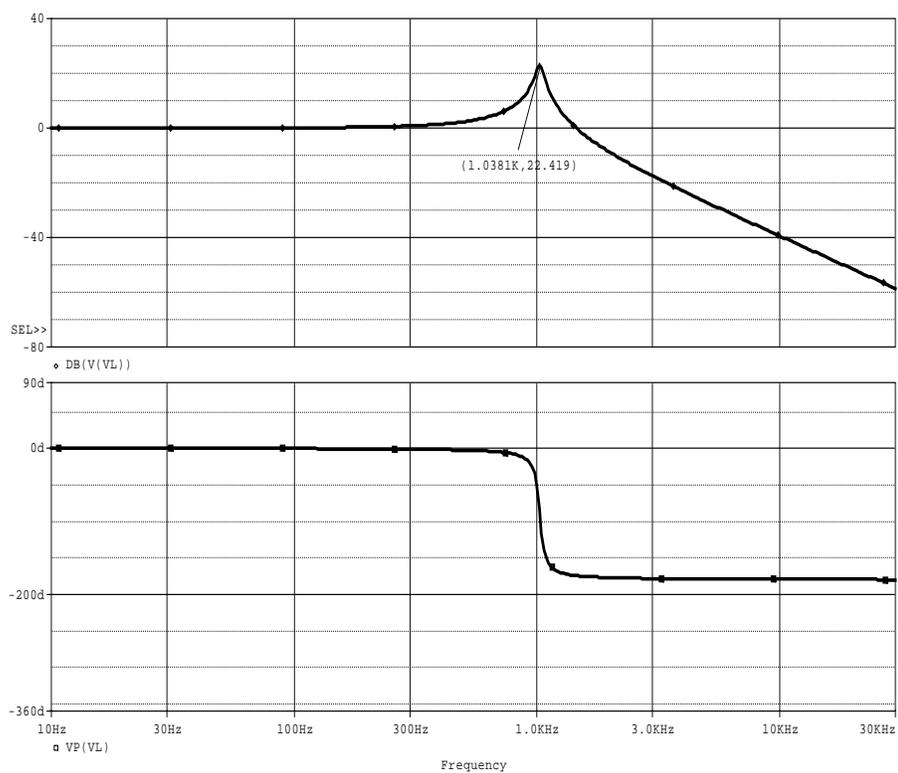
**FIGURA 5.41** Gráfico del circuito amortiguador voltaje en el secundario, el voltaje de salida y la corriente por el inductor de la salida de -5Vdc.

Respuesta de frecuencia del filtro de salida para -5 Vdc



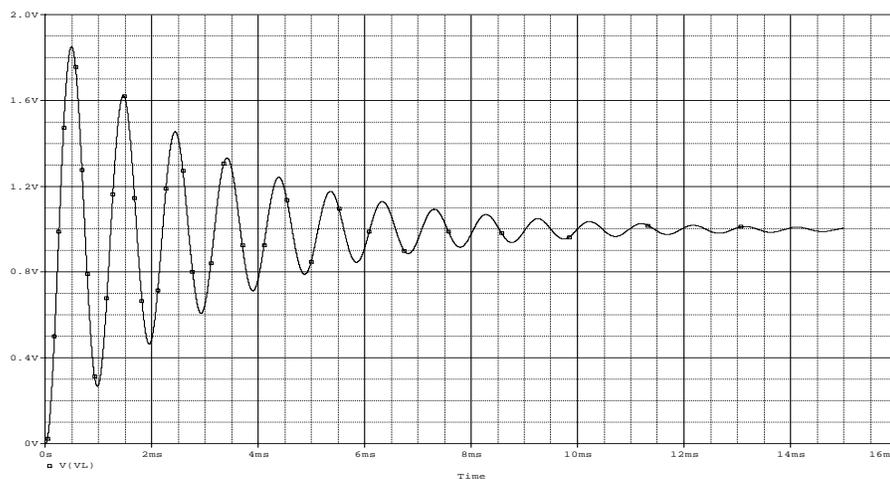
**FIGURA 5.42** Circuito de respuesta de frecuencia de la salida de -5vdc.

Diagramas de bode:



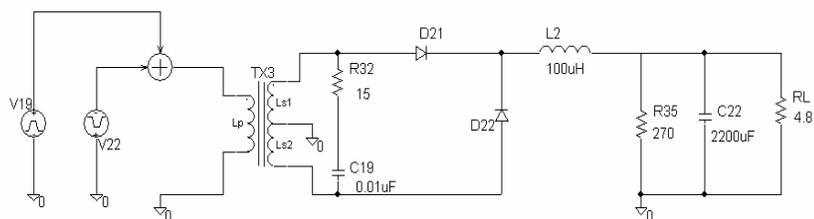
**FIGURA 5.43** Los gráficos mostrados a corresponden a los diagramas de bode de magnitud y fase de la salida de -5Vdc.

La frecuencia de resonancia del filtro para la salida de -5Vdc es de aproximadamente 1KHz. El siguiente gráfico es la respuesta al escalón:



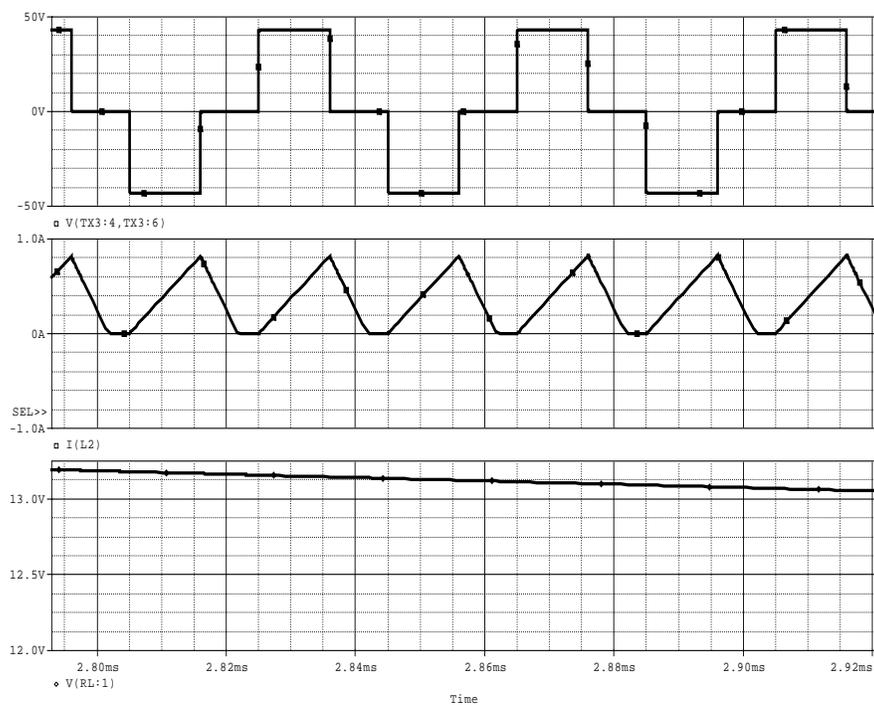
**FIGURA 5.44** Gráfica de la frecuencia de resonancia del filtro para la salida de -5Vdc

Salida de +12 Vdc



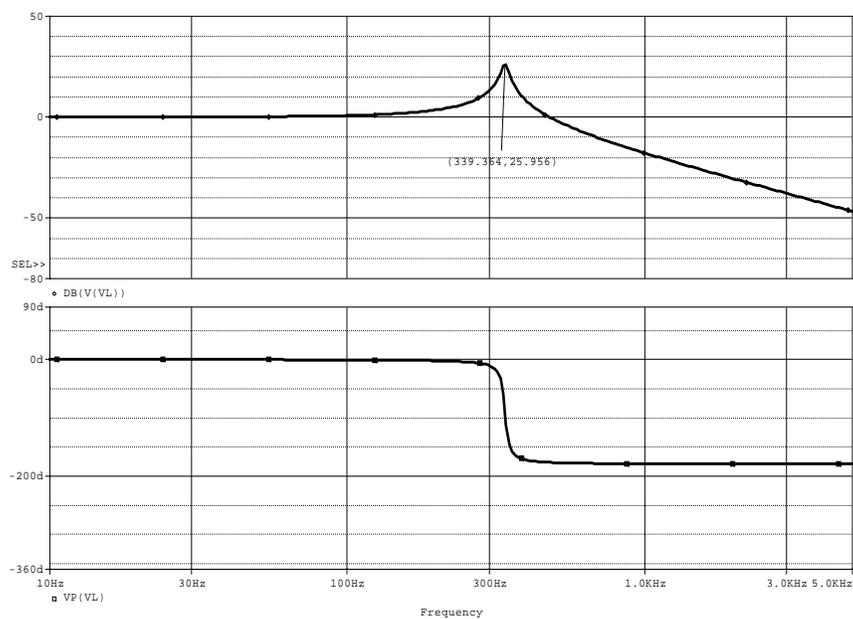
**FIGURA 5.45** Circuito de respuesta de frecuencia de la salida de -5vdc.

Voltaje en el secundario, corriente de L2 y voltaje de salida:

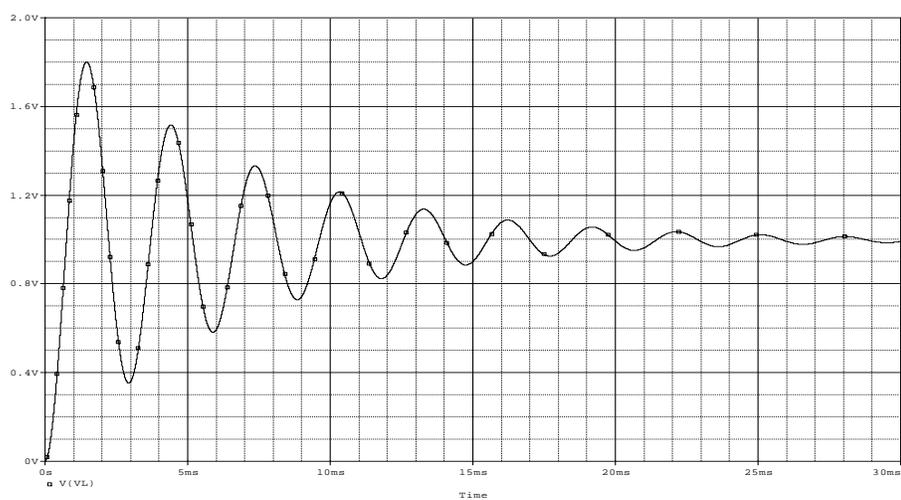


**FIGURA 5.46** Gráfica de la Voltaje en el secundario, corriente de L2 y voltaje de la salida de +12Vdc.

Respuesta de frecuencia del filtro de salida para +12Vdc:

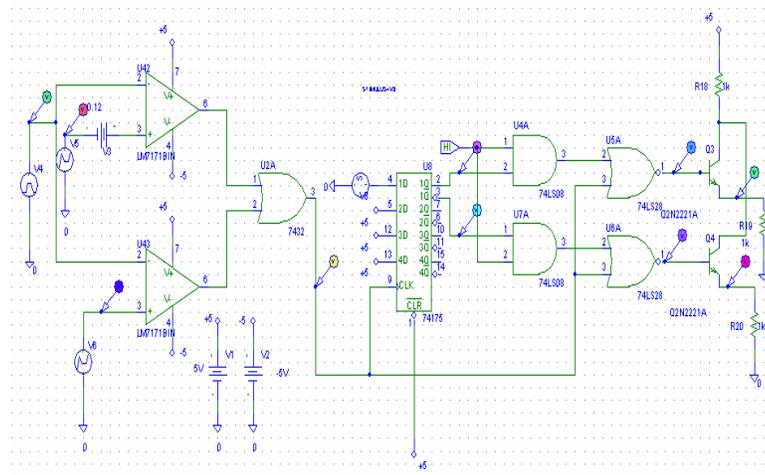


**FIGURA 5.47** Los gráficos mostrados a corresponden a los diagramas de bode de magnitud y fase de la salida de +12Vdc  
Respuesta al escalón:



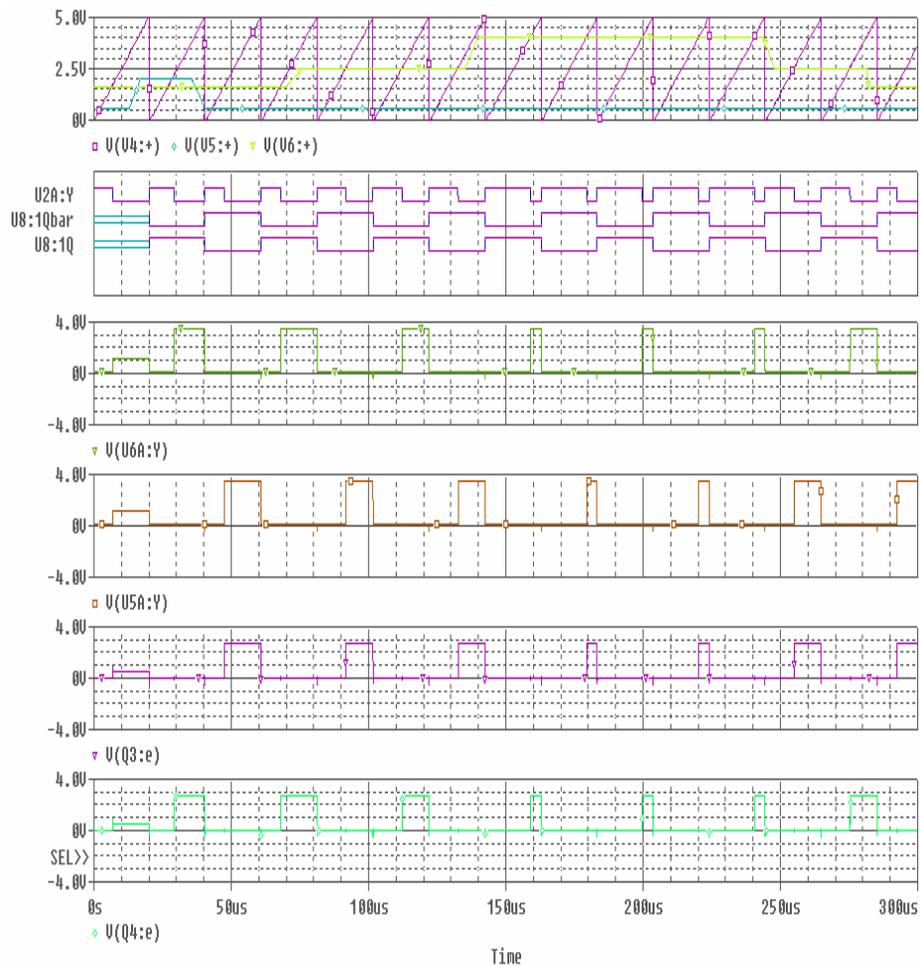
**FIGURA 5.48** Gráfica de la frecuencia de resonancia del filtro para la salida de +12Vdc

Simulación del circuito de control:



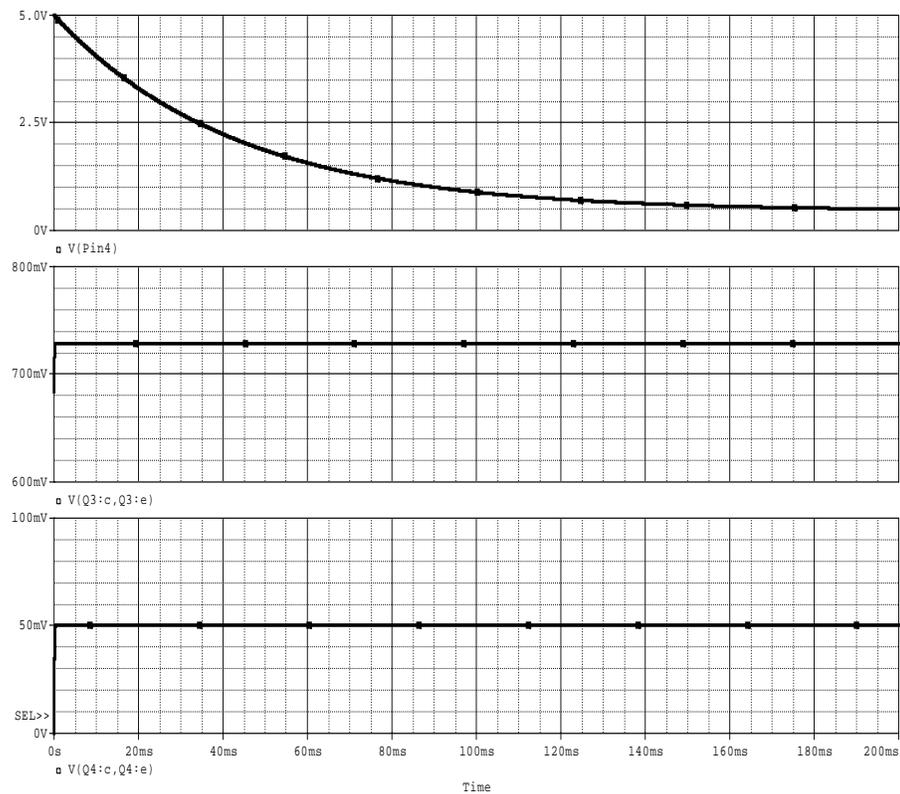
**FIGURA 5.49** Circuito interno del Circuito Integrado 494.

En la figura anterior se observa la circuitería interna del integrado TL494 el pin de color verde es la señal de la rampa, que se compara con la señal del tiempo muerto y la señal de retroalimentación. Las respectivas salidas de los comparadores son las señales para la modulación por ancho de pulso. Esta señal es el reloj para el flip flop tipo D. Mediante el flip flop se envía los pulsos desfasados a los transistores que amplifican el pulso a la etapa de fuerza de la fuente de conmutación. Las señales del circuito de control se observan en la siguiente figura:



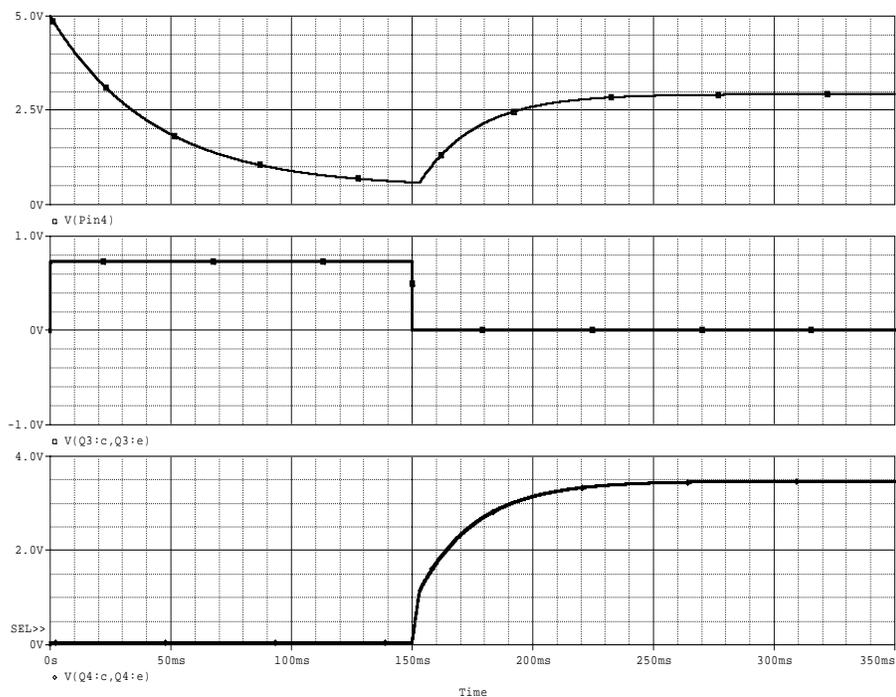
**FIGURA 5.50** Gráficas de la circuitería interna del circuito integrado 494.

La simulación de la circuitería que hace el arranque suave se muestra a continuación en funcionamiento normal (ver figura 5.21). Podemos observar que el tiempo que demora el pin 4 en estabilizarse en 0.4545 V es de aproximadamente 110ms y también observamos que Q3 está en corte y Q4 esta en saturación.



**FIGURA 5.51** Gráfica del arranque suave de la fuente.

Si ocurre que en 150 ms ocurre un corto entre las salidas el transistor Q3 se satura, Q4 se pone en corte y el voltaje en el pin 4 comienza a subir nuevamente para deshabilitar las salidas del integrado 8 y 11 y por ende deshabilitar los transistores de conmutación para proteger la fuente de conmutación, el gráfico de la simulación de eso es el siguiente:



**FIGURA 5.52** Gráfica de los transistores de conmutación.

## 5.5 Datos reales obtenidos de la fuente de conmutación.

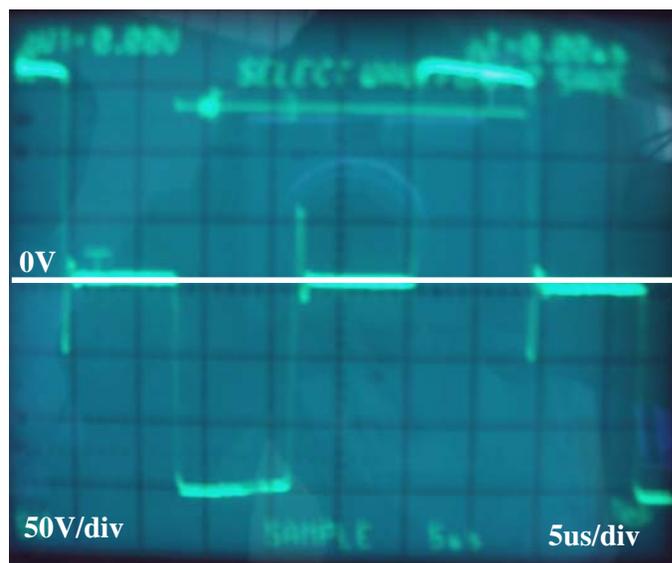
Para la obtención de los datos reales se procedió a conectar a plena carga nuestra fuente de conmutación, con una resistencia de  $0.3\Omega$  para la salida de +5Vdc y con una resistencia de  $4\Omega$  para la salida de +12Vdc, consiguiendo una corriente de carga de aproximadamente 17A, los resultados se muestran a continuación:

Voltaje de rizado entre los capacitores C1 y C2:



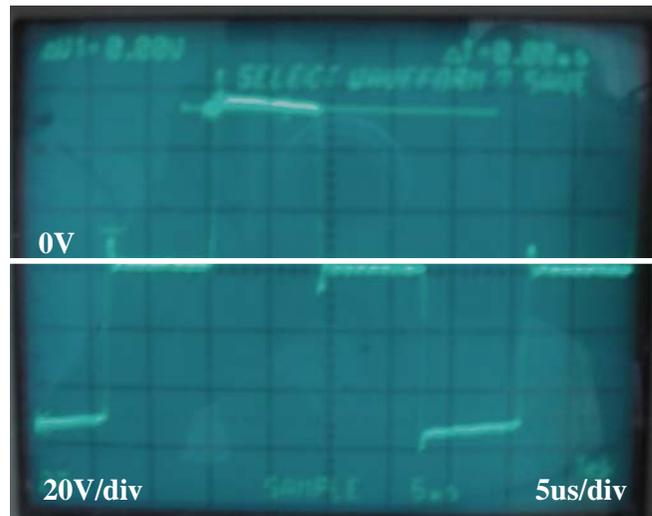
**FIGURA 5.53** Gráfica del rizado de los capacitores C1 y C2

Voltaje en el primario del transformador principal:

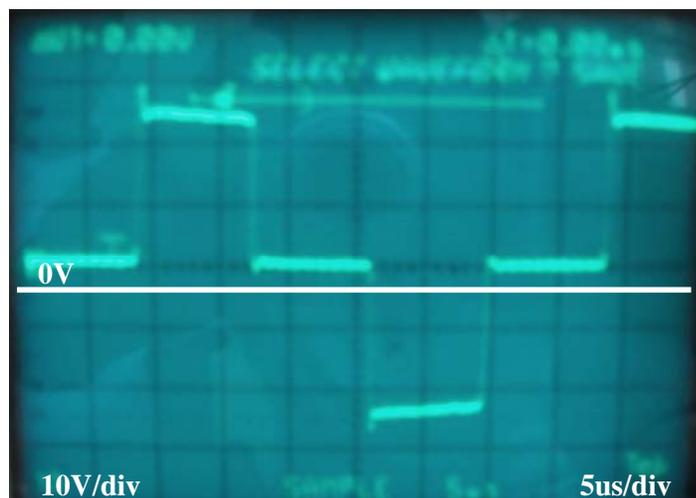


**FIGURA 5.54** Gráfica del voltaje primario del transformador principal

Voltaje en el secundario del transformador principal entre R31 y C15 para salida de +12Vdc:

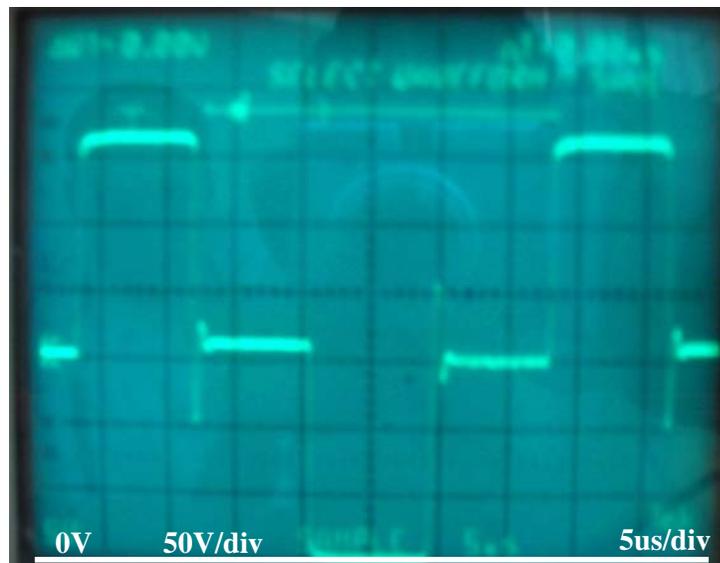


**FIGURA 5.55** Gráfica del voltaje secundario del transformador principal para la salida de +12Vdc.  
 Voltaje en el secundario del transformador principal entre R32 y R19 para salida de 5Vdc:



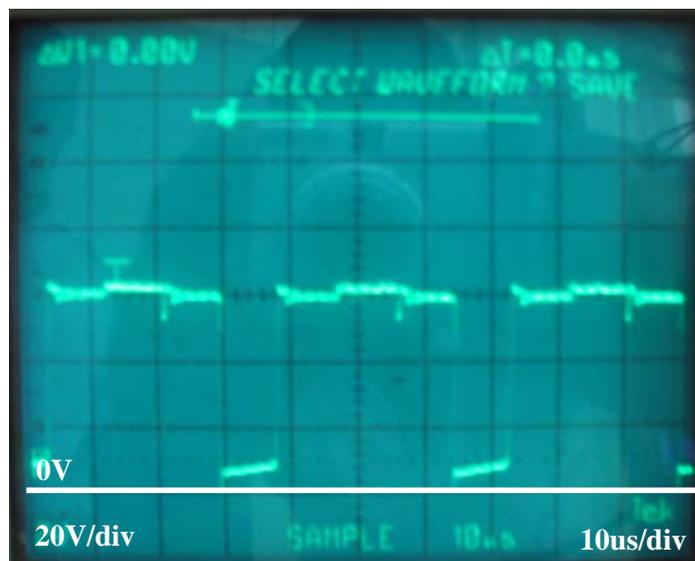
**FIGURA 5.56** Gráfica del voltaje secundario del transformador principal entre R32 y R19 para la salida de 5Vdc.

Voltaje colector emisor de Q5:



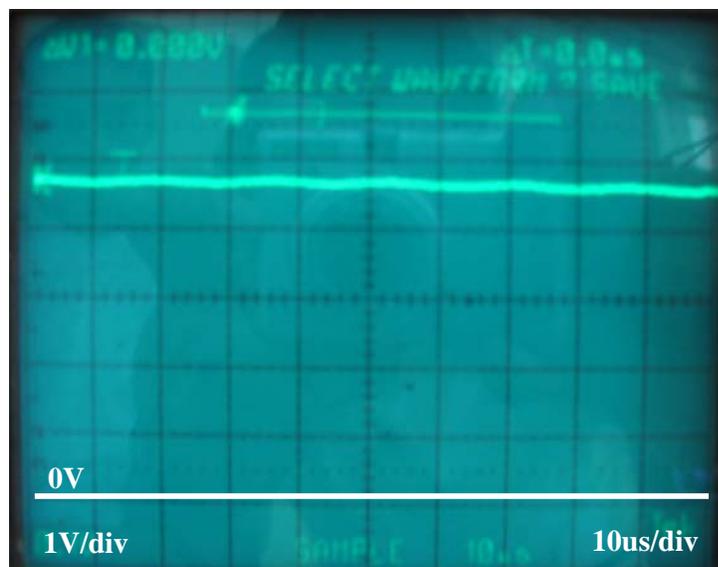
**FIGURA 5.57** Grafica de voltaje colector- emisor de Q5.

Voltaje del diodo D21 de la salida de +12Vdc:



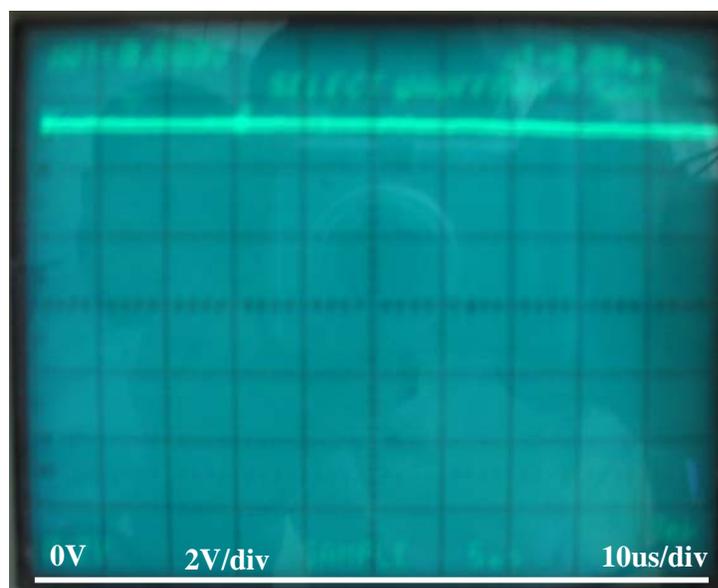
**FIGURA 5.58** Grafica de voltaje de diodo D12 de la salida +12Vdc.

Salida de +5Vdc:



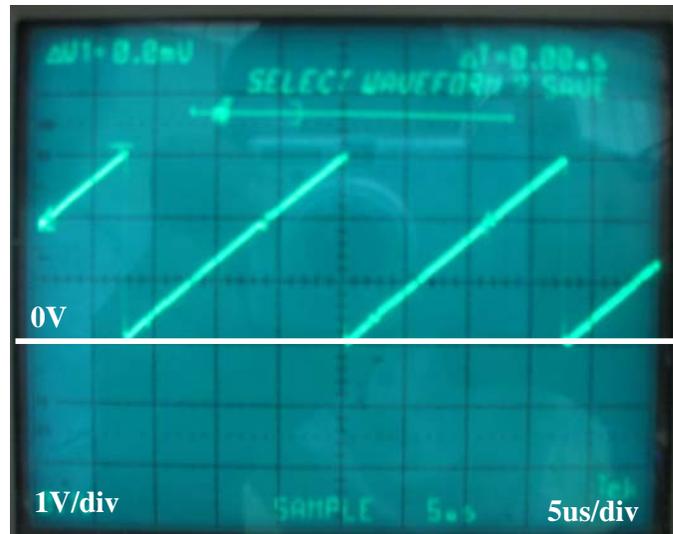
**FIGURA 5.59** Grafica de voltaje de +5Vdc.

Salida de +12Vdc:



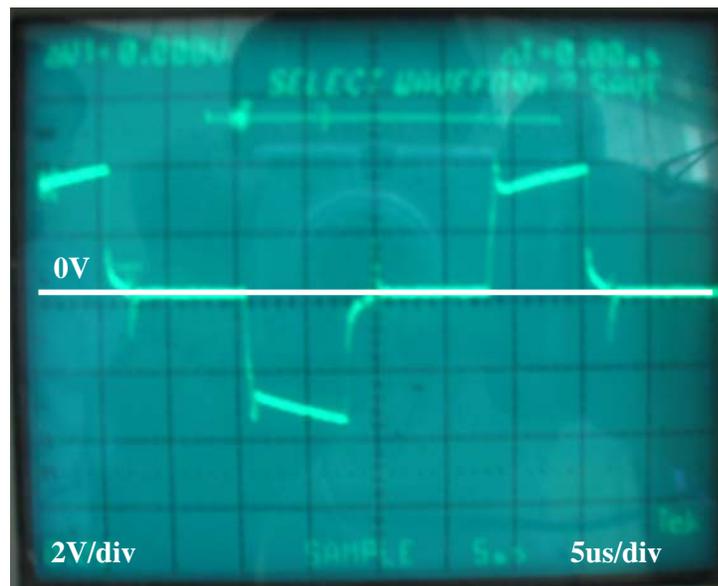
**FIGURA 5.60** Grafica de voltaje de +12Vdc.

Voltaje en el Pin5 del TL494:



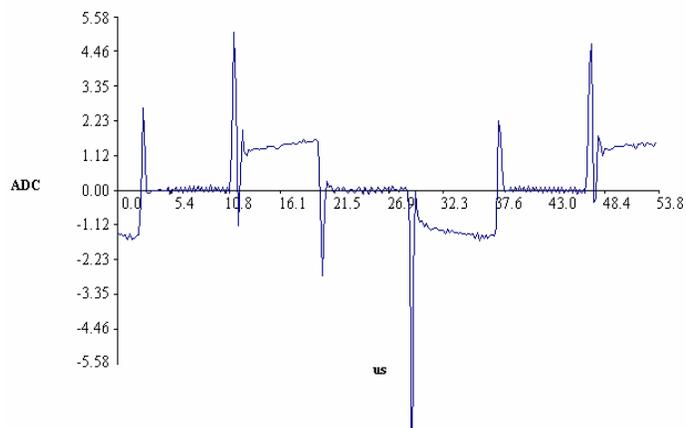
**FIGURA 5.61** Grafica de voltaje del pin5 del TL494.

Voltaje entre el ánodo de D4 y R19, el secundario del transformador de pulsos:



**FIGURA 5.62** Grafica de voltaje entre ánodo de D4y R19.

Corriente del primario del transformador:



**FIGURA 5.63** Grafica de la corriente del primario del transformador.

## 5.6 Análisis Comparativo entre las señales reales y simuladas.

Como podemos observar en las secciones anteriores las señales obtenidas en la realidad coinciden muy bien con las del simulador, además de ser los valores esperados teóricamente que fueron discutidos en la primera sección de este capítulo.

Esto hace que el simulador sea una herramienta de gran ayuda no solo para comprender mejor el funcionamiento

del circuito sino también para realizar diferentes cambios y ver que efectos tiene en la respuesta.

## 5.7 Diseño del Circuito Impreso

Vista Superior:

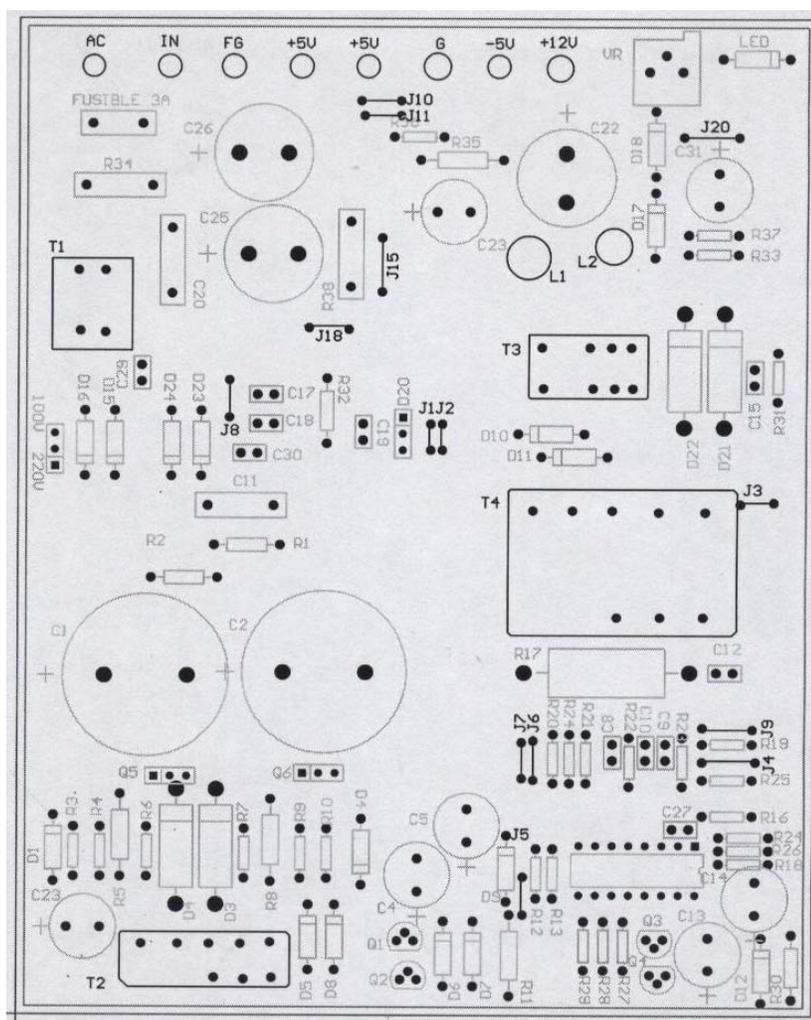
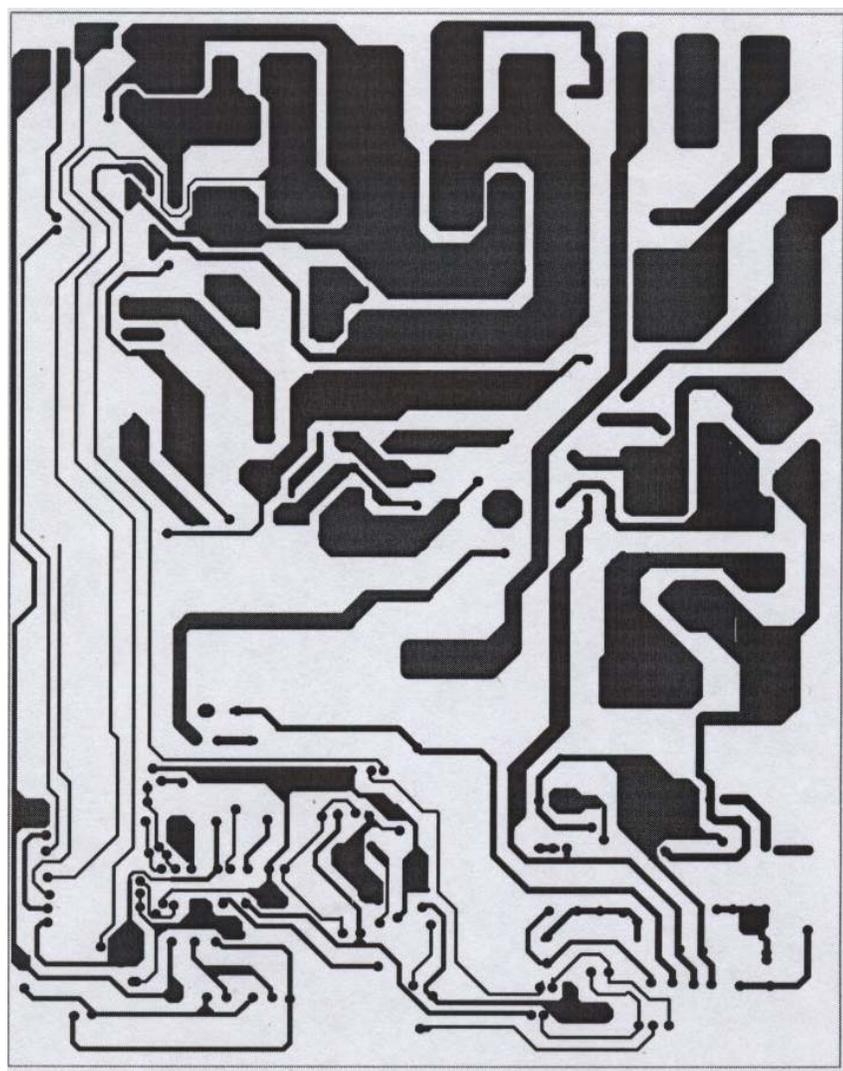


FIGURA 5.63 Vista superior del circuito impreso de la fuente.

Vista Inferior:



**FIGURA 5.63** Vista inferior del circuito impreso de la fuente

## 5.8 Conclusiones y Recomendaciones

Del análisis de la fuente de conmutación podemos concluir que tiene mayores ventajas con respecto a una fuente voltaje convencional.

La fuente de conmutación debido a que no tiene un transformador reductor en la entrada, permite que el espacio físico de la fuente sea menor, y que sea más liviana. Reduciendo los costos en dimensionamiento de transformadores.

La fuente de conmutación tiene entradas de retroalimentación es decir si en la carga aumenta, se incrementa el ancho de pulso del TL494 hasta estabilizarse el voltaje en la salida.

La desventaja que tienen estas fuentes de conmutación la complejidad del diseño debido al control que hay que diseñar para la fuente de conmutación real, a parte de ser bastante sensibles a malas maniobras realizadas.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

De la implementación del manejo de grano de la cebada para la obtención de la malta con el SCADA Lookout 5.1 de National Instruments podemos concluir que tiene varias ventajas para desarrollar un sistema de automatización, por los objetos para elaboración de históricos, drivers para comunicaciones con otros PLC, recetas, secuenciadores para el encendido de motores en la planta, permitiendo que el desarrollo de una aplicación industrial sea eficiente y eficaz.

La desventaja con respecto al software Lookout sería la falta de herramientas para el diseño de gráficos, por esta razón el diseño de las pantallas del monitoreo se realizaron en el Software Corel Draw 10.

Con respecto al software LabVIEW 7.1 podemos concluir, que tiene muchas ventajas para el desarrollo de interfaces gráficas para aplicaciones de adquisición de datos, el diseño de instrumentación virtual mediante gráficos permite que el diseño de cualquier aplicación no sea complejo.

La desventaja de LabVIEW 7.1 para el desarrollo de una aplicación de adquisición es el elevado costo una tarjeta de adquisición de datos y el costo de los drivers de comunicación.

En los microcontroladores PIC podemos concluir que tiene muchas ventajas por los recursos que posee el PIC tales como convertidor de datos analógicos a digitales, modulación por ancho de pulso, la comunicación serial a través del dispositivo USART y la gran capacidad de memoria que posee. El costo de una aplicación industrial con un PIC es menor con respecto a los PLCs. La construcción de una tarjeta de adquisición de datos es relativamente menor que el costo de una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments.

Del análisis de la fuente de conmutación podemos concluir que tiene mayores ventajas con respecto a una fuente voltaje convencional.

La fuente de conmutación debido a que no tiene un transformador reductor en la entrada, permite que el espacio físico de la fuente sea menor, y que sea más liviana.

Reduciendo los costos en dimensionamiento de transformadores.

La fuente de conmutación tiene entradas de retroalimentación es decir si en la carga aumenta, se incrementa el ancho de pulso del TL494 hasta estabilizarse el voltaje en la salida.

La desventaja que tienen estas fuentes de conmutación es la complejidad del diseño debido al control que hay que diseñar para la fuente de conmutación real, a parte de ser bastante sensibles a malas maniobras realizadas.

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 2

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO.....   | 21 |
| FIGURA 2.2 SISTEMA CAPACITIVO DE MEDICIÓN DE NIVEL.....              | 27 |
| FIGURA 2.3 SONDA BLINDADA.....                                       | 28 |
| FIGURA 2.4 MONTAJE DE SENSORES.....                                  | 29 |
| FIGURA 2.5 FORMA CORRECTA DE MONTAJE DE SENSORES.....                | 29 |
| FIGURA 2.6 SISTEMA INDUCTIVO DE MEDICIÓN DE NIVEL.....               | 30 |
| FIGURA 2.7 SISTEMA INDUCTIVO DE MEDICIÓN DE NIVEL.....               | 31 |
| FIGURA 2.8 OBJETO A DETECTAR.....                                    | 31 |
| FIGURA 2.9 SENSOR BLINDADO.....                                      | 32 |
| FIGURA 2.10 ENTORNO DE COREL DRAW10.....                             | 36 |
| FIGURA 2.11 DIBUJO DE LA MALTERIA EN COREL DRAW 10.....              | 37 |
| FIGURA 2.12 CUADRO DE DIÁLOGO EXPORTAR DE COREL.....                 | 38 |
| FIGURA 2.13 CUADRO DE DIÁLOGO PARA INSERTAR GRÁFICOS EN LOOKOUT..... | 40 |
| FIGURA 2.14 GRÁFICOS .BMP CON FONDO TRANSPARENTE.....                | 43 |

|  |           |
|--|-----------|
| FIGURA 2.15 MIEMBROS DE DATOS, PARÁMETROS Y<br>FUNCIONALIDAD DE UN OBJETO..... | 45        |
| FIGURA 2.16 EJEMPLO DE CONEXIÓN ENTRE DOS<br>OBJETOS.....                      | 46        |
| FIGURA 2.17 CUADRO DE DIÁLOGO PARA EDITAR<br>CONEXIONES.....                   | 46        |
| FIGURA 2.18 BUSCADOR DE CONEXIONES.....  | 47        |
| FIGURA 2.19 CONFIGURACIÓN DE<br>COMUNICACIÓN CON EL PLC.....                   | 50        |
| FIGURA 2.20 FORMATO DE HOJA DE EXCEL PARA LA<br>CREACIÓN DE RECETAS.....       | 52        |
| FIGURA 2.21 RECETA DE LA ETAPA DE REMOJO DE<br>CEBADA.....                     | 54        |
| FIGURA 2.22 Tabla de Datos de variables de saladines...                        | 57        |
| FIGURA 2.23 PARÁMETROS DEL SECUENCIADOR.....                                   | 59        |
| FIGURA 2.24 CONFIGURACIÓN DE MIEMBROS DE<br>DATOS.....                         | 63        |
| FIGURA 2.25 CONFIGURACIÓN DE HYPER TREND.....                                  | 65        |
| FIGURA 2.26 VISTA PANORAMICA<br>DE LA PLANTA.....                              | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.27 PANTALLA DE NAVEGACION HACIA LAS<br>DEMÁS PANTALLAS.....           | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.28 PANTALLA DE TRANSPORTE DE CEBADA A<br>SILOS.....                   | Anexo A.6 |

|  |           |
|--|-----------|
| FIGURA 2.29 PANTALLA DE TRANSPORTE DE CEBADA A TINAS DE REMOJO.....                | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.30 PANTALLA DE CAPTACIÓN DE POLVO CICLONES DE POLVO.....                  | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.31 PANTALLA TINAS DE REMOJO .....   | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.32 PANTALLA DE SALADINES.....   | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.33 PANTALLA DE VISUALIZACION DE LOS 7 SALADINES.....                      | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.34 PANTALLA DE TRANSPORTE DE MALTA HACIA LOS SILOS DE ALMACEMANIENTO..... | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.35 PANTALLA DE RECETAS.....   | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.36 PANTALLA DE HISTORICOS.....  | Anexo A.6 |
| FIGURA 2.37 PANTALLA DE ALARMAS.....   | Anexo A.6 |

### **CAPITULO 3**

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 3.1 LABVIEW 7.1.....                                     | 71 |
| FIGURA 3.2 PANEL FRONTAL Y DIAGRAMA DE BLOQUES .....            | 72 |
| FIGURA 3.3 PANEL FRONTAL DE UN ANÁLISIS DE VIBRACIÓN.....       | 73 |
| FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ANÁLISIS DE VIBRACIÓN..... | 74 |
| FIGURA 3.5 BARRA DE HERRAMIENTAS.....                           | 75 |
| FIGURA 3.6 CONTROLES E INDICADORES.....                         | 76 |

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 3.7 CAMBIO DE COLOR DE UN OBJETO EN LABVIEW.....  | 78 |
| FIGURA 3.8 TEXTO PARA UN OBJETO EN LABVIEW.....  | 78 |
| FIGURA 3.9 CAMBIO DE ESCALA PARA UN OBJETO EN LABVIEW.....   | 79 |
| FIGURA 3.10 REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS EN LABVIEW.....  | 81 |
| FIGURA 3.11 FLUJO DE CONTROL.....  | 82 |
| FIGURA 3.12 CICLO MIENTRAS (WHILE) CONTINUA SI VERDADERO.....  | 83 |
| FIGURA 3.13 CICLO MIENTRAS (WHILE) SE DETIENE SI ES VERDADERO.....   | 84 |
| FIGURA 3.14 CICLO FOR (PARA).....  | 85 |
| FIGURA 3.15 ESTRUCTURA CASO DE ENTRADA BOOLEANA.....   | 86 |
| FIGURA 3.16 ESTRUCTURA CASO DE ENTRADA NUMÉRICA.....   | 87 |
| FIGURA 3.17 ESTRUCTURA CASO CON ENTRADA DE CADENA DE CARACTERES.....   | 88 |
| FIGURA 3.18 FUNCIONES UTILIZADAS PARA EL MANEJO DEL PUERTO SERIAL (A)VISA SERIAL, (B)VISA READ, (C)VISA WRITE Y (D)VISA CLOSE..... | 88 |
| FIGURA 3.19A PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN REALIZADA EN LABVIEW DEL MANEJO DE GRANOS DE LA INDUSTRIA CERVECERA.....   | 90 |
| FIGURA 3.19B PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN REALIZADA EN LABVIEW.....  | 90 |
| FIGURA 3.20 CONFIGURACIÓN DEL PUERTO SERIAL.....   | 91 |
| FIGURA 3.21 SUBVI PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS..   | 93 |

FIGURA 3.21 PROGRAMACIÓN PARA MOSTRAR LOS  
DATOS ADQUIRIDOS EN EL PANEL FRONTAL.....93

FIGURA 3.22 PROCEDIMIENTO DE MANEJO DE SALIDAS  
DIGITALES.....94

FIGURA 3.23 PROCEDIMIENTO PARA CREAR EL GRAFICO  
DE LAS ENTRADAS DIGITALES.....95

FIGURA 3.24 PROCEDIMIENTO PARA CREAR EL GRAFICO  
DE LAS ENTRADAS DIGITALES.....96

#### **CAPITULO 4**

FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....98

FIGURA 4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS ENTRADAS  
ANALÓGICAS DEL MICROCONTROLADOR.....101

FIGURA 4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS SALIDAS  
DIGITALES DEL MICROCONTROLADOR.....102

FIGURA 4.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL INTEGRADO  
ULN2803.....103

FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA  
TARJETA.....105

FIGURA 4.6 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LAS  
ENTRADAS.....107

FIGURA 4.7 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL  
CONTROLADOR.....108

FIGURA 4.8 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO  
DE LAS SALIDAS.....109

FIGURA 4.9 CIRCUITO IMPRESO DEL CIRCUITO DE  
CONTROL.....110

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 4.10 CIRCUITO IMPRESO LAS 4 ENTRADAS ANALÓGICAS Y 8 ENTRADAS DIGITALES PRESENTES EN EL CIRCUITO.....    | 111 |
| FIGURA 4.11 CIRCUITO IMPRESO LAS 8 SALIDAS DIGITALES POR RELÉS.....  | 111 |
| FIGURA 4.12. DIAGRAMA DE FLUJO DEL LAZO PRINCIPAL DEL SISTEMA OPERATIVO DEL PIC.....                           | 124 |
| FIGURA 4.13 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL SERVICIO DE INTERRUPCIÓN EN EL PIC.....                                  | 125 |
| FIGURA 4.14 DIAGRAMA DE FLUJO PARA CONVERSIÓN DE DATOS BINARIOS DE 10 BITS A BCD.....                          | 126 |
| FIGURA 4.15. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....                                   | 130 |
| FIGURA 4.16. PANTALLA PRINCIPAL DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN.....   | 132 |
| FIGURA 4.17 CIRCUITO SIMULADO EN PROTEUS.....  | 138 |
| FIGURA 4.18 SIMULACIÓN DE LA COMUNICACIÓN CON EL TERMINAL VIRTUAL DE PROTEUS.....                              | 139 |
| FIGURA 4.18 CONFIGURACIÓN DEL HYPER TERMINAL PARA PRUEBA DE COMUNICACIÓN CON NUESTRA TARJETA.....              | 141 |
| FIGURA 4.19 RESULTADO DE LA PRUEBA DE COMUNICACIÓN CON LA TARJETA UTILIZANDO EL HYPER TERMINAL DE WINDOWS..... | 142 |
| FIGURA 4.20 FOTOGRAFÍA DE LA TARJETA CONTROLADORA.....   | 143 |
| FIGURA 4.21 FOTOGRAFÍA DE LA TARJETA DE LAS ENTRADAS.....  | 144 |
| FIGURA 4.22 FOTOGRAFÍA DE LA TARJETA DE LAS SALIDAS.....   | 144 |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 4.23 FOTOGRAFÍA DE CONEXIÓN TOTAL DE LAS TARJETAS..... | 145 |
|---|-----|

## **CAPITULO 5**

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.1 BLOQUES CONSTITUTIVOS DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN..... | 148 |
|--|-----|

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 5.2 CIRCUITO RECTIFICADOR / DOBLADOR DE TENSIÓN..... | 151 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.3 VOLTAJE DE RIZADO DEL FILTRO CONDENSADOR Y CORRIENTE PICO DEL DIODO RECTIFICADOR..... | 153 |
|--|-----|

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 5.4 CORRIENTE PICO DE RECUPERACIÓN INVERSA DE DIODOS RECTIFICADORES..... | 156 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.5 CIRCUITO DOBLADOR DE TENSIÓN..... | 157 |
|--|-----|

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| FIGURA 5.6 ETAPA DE CONMUTACIÓN..... | 159 |
|--------------------------------------|-----|

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 5.7 CIRCUITO DE POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR..... | 161 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.8 SEÑALES EN LA ETAPA DE CONMUTACIÓN..... | 163 |
|--|-----|

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.9 DISIPACIÓN DE POTENCIA EN ELEMENTOS DE CONMUTACIÓN CON CARGA RESISTIVA..... | 165 |
|--|-----|

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 5.10 GRÁFICO DE PÉRDIDA DE POTENCIA DEL 2SC4106..... | 167 |
|---|-----|

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| FIGURA 5.11 DISIPADORES DE CALOR..... | 169 |
|---------------------------------------|-----|

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.12 PÉRDIDAS DEL NÚCLEO SEGÚN LA DENSIDAD DE FLUJO.....                        | 173 |
| FIGURA 5.13 RECTIFICADOR Y FILTRO DE LA ETAPA DE SALIDA.....                           | 177 |
| FIGURA 5.14 FORMAS DE ONDA DE ETAPA DE RECTIFICADO Y FILTRADO PARA MEDIO PUENTE.....   | 179 |
| FIGURA 5.15 FILTRO LC UTILIZADO EN LA ETAPA DE SALIDA.....                             | 183 |
| FIGURA 5.16 TIPOS DE VOLTAJES DE RADIO FRECUENCIAS.....                                | 186 |
| FIGURA 5.17 DISPOSICIÓN DE CAPACITORES Y EN FILTROS RFI.....                           | 187 |
| FIGURA 5.18 DISPOSICIÓN DEL CAPACITOR X EN FILTROS RFI.....                            | 188 |
| FIGURA 5.19 FILTRO RFI PRESENTE EN LA FUENTE DE CONMUTACIÓN ESTUDIADA.....             | 188 |
| FIGURA 5.20 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CI. TL494...                                       | 189 |
| FIGURA 5.21 SEÑAL PRESENTE EN EL PIN4.....   | 190 |
| FIGURA 5.22 CIRCUITO PARA EL ARRANQUE SUAVE DE LA FUENTE DE CONMUTACIÓN.....           | 191 |
| FIGURA 5.23 FILTRO RFI PRESENTE EN LA FUENTE DE CONMUTACIÓN ESTUDIADA.....             | 194 |
| FIGURA 5.24 GRAFICA DEL FILTRO RFI PRESENTE EN LA FUENTE DE CONMUTACIÓN ESTUDIADA..... | 194 |
| FIGURA 5.25 CIRCUITO DOBLADOR DE VOLTAJE PARA UNA TENSIÓN DE 120VRMS.....              | 195 |
| FIGURA 5.26 GRAFICA DEL CIRCUITO DOBLADOR DE VOLTAJE.....                              | 195 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.27 GRAFICA DEL VOLTAJE ÁNODO CÁTODO D15.....  | 196 |
| FIGURA 5.28 GRAFICA DEL VOLTAJE ÁNODO CÁTODO D16.....  | 196 |
| FIGURA 5.29 GRAFICA DE LA CORRIENTE EN CAPACITOR C1 O CORRIENTE DE DIODO D29.....  | 197 |
| FIGURA 5.30 CIRCUITO DOBLADOR DE VOLTAJE PARA UNA TENSIÓN DE 240VRMS DE ENTRADA.....   | 197 |
| FIGURA 5.31 GRAFICA DEL VOLTAJE EN LA CARGA UNA TENSIÓN DE 240VRMS DE ENTRADA.....   | 198 |
| FIGURA 5.32 GRAFICA DEL VOLTAJE VOLTAJE ÁNODO CÁTODO D15 Y D30.....  | 198 |
| FIGURA 5.33 CIRCUITO DE CONMUTACIÓN.....   | 199 |
| FIGURA 5.34 GRAFICA DE LA CORRIENTE DE BASE DE CADA TRANSISTOR, EL VOLTAJE COLECTOR EMISOR DE Q5 Y EL VOLTAJE EN EL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR.....          | 200 |
| FIGURA 5.35 CIRCUITO DE LA ETAPA DE SALIDA DE +5VDC.....   | 201 |
| FIGURA 5.36 GRAFICA DEL VOLTAJE EN EL SECUNDARIO, VOLTAJE DE UNO DEL DIODO, CORRIENTE DE CADA UNO DE LOS DIODOS, CORRIENTE DE L3 Y EL VOLTAJE DE SALIDA..... | 202 |
| FIGURA 5.37 CIRCUITO DE RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA SALIDA DE +5VDC.....   | 203 |
| FIGURA 5.38 LOS GRÁFICOS MOSTRADOS A CORRESPONDEN A LOS DIAGRAMAS DE BODE DE MAGNITUD Y FASE DE LA SALIDA DE +5VDC.....                                      | 203 |
| FIGURA 5.39 CIRCUITO AMORTIGUADOR.....   | 204 |
| FIGURA 5.40 GRÁFICO DEL CIRCUITO AMORTIGUADOR.....   | 204 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.41 GRÁFICO DEL CIRCUITO AMORTIGUADOR VOLTAJE EN EL SECUNDARIO, EL VOLTAJE DE SALIDA Y LA CORRIENTE POR EL INDUCTOR DE LA SALIDA DE -5VDC..... | 205 |
| FIGURA 5.42 CIRCUITO DE RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA SALIDA DE -5VDC.....   | 206 |
| FIGURA 5.43 LOS GRÁFICOS MOSTRADOS A CORRESPONDEN A LOS DIAGRAMAS DE BODE DE MAGNITUD Y FASE DE LA SALIDA DE -5VDC.....                                | 206 |
| FIGURA 5.44 GRÁFICA DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA DEL FILTRO PARA LA SALIDA DE -5VDC.....   | 207 |
| FIGURA 5.45 CIRCUITO DE RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA SALIDA DE -5VDC.....   | 207 |
| FIGURA 5.46 GRÁFICA DE LA VOLTAJE EN EL SECUNDARIO, CORRIENTE DE L2 Y VOLTAJE DE LA SALIDA DE +12VDC.....  | 208 |
| FIGURA 5.47 LOS GRÁFICOS MOSTRADOS A CORRESPONDEN A LOS DIAGRAMAS DE BODE DE MAGNITUD Y FASE DE LA SALIDA DE +12VDC.....                               | 209 |
| FIGURA 5.48 GRÁFICA DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA DEL FILTRO PARA LA SALIDA DE +12VDC.....  | 209 |
| FIGURA 5.49 CIRCUITO INTERNO DEL CIRCUITO INTEGRADO 494.....   | 210 |
| FIGURA 5.50 GRÁFICAS DE LA CIRCUITERIA INTERNA DEL CIRCUITO INTEGRADO 494.....   | 211 |
| FIGURA 5.51 GRÁFICA DEL ARRANQUE SUAVE DE LA FUENTE.....   | 212 |
| FIGURA 5.52 GRÁFICA DE LOS TRANSISTORES DE CONMUTACIÓN.....  | 213 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.53 GRÁFICA DEL RIZADO DE LOS CAPACITARES C1 Y C2.....   | 214 |
| FIGURA 5.54 GRÁFICA DEL VOLTAJE PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL.....  | 214 |
| FIGURA 5.55 GRÁFICA DEL VOLTAJE SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL PARA LA SALIDA DE +12VDC.....               | 215 |
| FIGURA 5.56 GRÁFICA DEL VOLTAJE SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL ENTRE R32 Y R19 PARA LA SALIDA DE 5VDC..... | 215 |
| FIGURA 5.57 GRAFICA DE VOLTAJE COLECTOR- EMISOR DE Q5.....   | 216 |
| FIGURA 5.58 GRAFICA DE VOLTAJE DE 3L DIODO D12 DE LA SALIDA +12VDC.....  | 216 |
| FIGURA 5.59 GRAFICA DE VOLTAJE DE +5VDC.....   | 217 |
| FIGURA 5.60 GRAFICA DE VOLTAJE DE +12VDC.....  | 217 |
| FIGURA 5.61 GRAFICA DE VOLTAJE DEL PIN5 DEL TL494.....   | 218 |
| FIGURA 5.62 GRAFICA DE VOLTAJE ENTRE ÁNODO DE D4Y R19.....   | 218 |
| FIGURA 5.63 GRAFICA DE LA CORRIENTE DEL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR.....  | 219 |
| FIGURA 5.63 VISTA SUPERIOR DEL CIRCUITO IMPRESO DE LA FUENTE.....  | 220 |
| FIGURA 5.63 VISTA INFERIOR DEL CIRCUITO IMPRESO DE LA FUENTE.....  | 221 |

## **ANEXOS A**

- 1.1 Programa del PLC.
- 1.2 Distribución de equipos.
  - 1.2.1 Sensores inductivos de proximidad.
  - 1.2.2 Sensores capacitivos de proximidad.
- 1.3 Datos de placa de los motores.
- 1.4 Planos Eléctricos de Arranque de Motores.
- 1.5 Planos de entradas salidas del PLC .
- 1.6 Diseño de Pantallas.
- 1.7 Manual de Usuario.

## **ANEXOS B**

- 1.1 Datasheets de los principales integrados utilizados en el diseño de la tarjeta de adquisición de datos.
- 1.2 Diseño del Sistema Operativo.
- 1.3 Diseño del Software

## **ANEXOS C**

- 1.4 Esquemático de la Fuente de Conmutación y Datasheets de los principales integrados utilizados en el diseño de la tarjeta de adquisición de datos.

## GLOSARIO

### WMF (Windows Metafile)

Este formato debe sus siglas a "Windows Metafile", y fue desarrollado por Microsoft. Al igual que los anteriores, el WMF es de tipo vectorial y está especialmente diseñado para trabajar de manera compatible con los softwares de Microsoft

### BMP (mapa de bits)

Formato desarrollado para aplicaciones Windows® y, por tanto, muy utilizado. Las imágenes de mapa de bits se denominan así porque el formato crea un mapa de los pixels, línea a línea. El formato BMP no sufre pérdidas y, por tanto, resulta adecuado para guardar imágenes que se desea manipular o ampliar posteriormente. Prácticamente todos los programas de edición de imágenes reconocen el formato BMP

### PSI

Una unidad de presión, que significa "libras por pulgada cuadrada.

### CO<sub>2</sub>

El dióxido de carbono (también bióxido de carbono y anhídrido carbónico) es un molécula compuesta por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO<sub>2</sub>.

### PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial.

### SCADA control, supervisión y adquisición de datos (Supervisión, Control and Data Acquisition)

Sistema de control, supervisión y adquisición de datos en tiempo real que permiten la adquisición de datos (para control o supervisión) desde múltiples puntos y con un destino.

**Bd (baudios)**

Unidad utilizada para medir la velocidad de transmisión de datos de un módem o una conexión serie entre dos equipos, o entre un equipo y un dispositivo externo. Indica el número de veces por segundo que puede cambiar la señal que se transmite. Suele coincidir con el número de bits por segundo que en teoría es capaz de transmitir/recibir, ya que la modulación de la señal normalmente se realiza a nivel de bit.

**UPS**

Sistema de alimentación ininterrumpida.

**ORUJO**

Pasta residual de aceituna que sigue conteniendo un porcentaje variable de agua y aceite después de haber sido prensada y centrifugada la cebada.

**TETRAZOLIO**

Prueba de tetrazolio. Es una prueba bioquímica en la que las células vivas se tiñen al entrar en contacto con el tetrazolio, ya que sobreviene la reducción de la tinción presente (sales de tetrazolio u otros compuestos derivados). Las enzimas de la deshidrogenasa presentes en las células vivas reducen el tetrazolio incoloro tornándolo en un compuesto rojo insoluble en el agua. Cuando la semilla se tiñe completamente está viva; cuando queda incolora, está muerta. Pero cuando solamente se tiñen algunas partes se presentan problemas de interpretación, ya que cada especie tiene patrones particulares.

**MICRÓPILO**

Abertura que dejan los granos.

**ENDOSPERMO**

tejido de reserva de las semillas, procedente del saco embrionario, en las angiospermas se forma el endospermo secundario y en las gimnospermas el endospermo primario que tienen orígenes diferentes.

**LECHO FILTRANTE**

Consiste en un filtro similar a los filtros de arena para ablandar el agua.

**MOSTO**

Desecho físico que se produce cuando el material es cocinado.

**ENZIMAS**

Las enzimas, también denominadas fermentos, son sustancias capaces de acelerar las reacciones bioquímicas del organismo.

**TEJIDO EMBRIONARIO**

Son las capas con las que están creada la materia.

**ACTIVACIÓN ENZIMÁTICA**

Consiste en inyectarle proteínas, carbohidratos y otros minerales

**DESECACION**

Pérdida que anima de fluidos corporales limitando el producto fluido, eliminando la sal, sudar pesadamente y/o usar la diurética.

**INFESTACION**

Se denomina infestación a la invasión de un organismo vivo por agentes parásitos.

**MICRÓPILO**

Pequeña abertura en la capa externa de células (integumento) que rodea al óvulo ya través de la cual el tubo polínico penetra.

**CAPA DE ALEURONA**

Un grupo de células ricas en gránulos de proteínas y localizada como la capa externa del endosperma de muchas semillas.

**HIGROSCOPICO**

La denominación higroscópico deriva del griego higos y scopien (= atraer agua) y se refiere a todos los compuestos que atraen agua en forma de vapor o de líquido de su ambiente.

## Abreviaturas

|       |   |
|-------|---|
| HMI   | Interfase Hombre Maquina<br>(Human Machine Interface)   |
| PLC   | Controlador Lógico Programable<br>(Programmable Logic Controller)                                   |
| UPS   | Unidad de Respaldo de Energía<br>(Unit Power Supply)  |
| Vac   | Voltaje de Corriente Alterna  |
| Vdc   | Voltaje de Corriente Continua   |
| BMP   | Mapa de Bit.  |
| WMF   | Windows Metafile  |
| SCADA | control, supervisión y adquisición de datos<br>( <i>Supervisión, Control and Data Acquisition</i> ) |
| %     | Porcentaje  |
| °C.   | Grados Centígrados  |
| Mt    | metros  |
| KV    | Kilo Voltios.   |
| Hz    | Hercios.  |
| KVA   | Kilo Voltios Amperios.  |
| PSI   | libras por pulgada cuadrada   |
| Bd    | baudios.  |
| CO2   | El dióxido de carbono   |
| mm    | milímetros  |
| PC    | computador  |

|           |   |
|-----------|---|
| ms        | milisegundos  |
| nF        | nanofaradios  |
| $t_{on}$  | tiempo de encendido                                     |
| $t_{off}$ | tiempo de apagado                                       |
| $\mu$ s   | Microsegundos   |
| Vce       | Voltaje colector – emisor                               |
| Ic        | corriente de colector.                                  |
| PIC       | Programador Integrable controlable.                     |
| USART     | Universal Synchronous Asynchronous receiver Transmitter |
| BCD       | código binario decimal.                                 |
| ASCII     | American Standard Code for Information Interchange.     |
| DDE       | dynamic data Exchange.                                  |

## **Bibliografía**

1. CHRYSSIS GEORGE.  
High frequency switching power supplies, United States, 1976.
2. J. LUIS MUÑOZ SAEZ Y S. HERNANDEZ GONZALEZ.  
Sistemas de alimentación conmutadas, España, 1996.
3. J. NATIONAL INSTRUMENT.  
Lookout Developers Manual, United States, November 2001
4. ROBERT H. BISHOP-UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN.  
Learning with Labview7 Express, United States, 2004.
5. JOSE M. ANGULO USATEGUI E IGNACIO ANGULO MARTINEZ -  
UNIVERSIDAD DE DEUSTO( CAMPUS VICTOORIA).  
Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones Primera parte PIC  
16F84 PBasic y ensamblador, España, 2003.
6. 6. JOSE M. ANGULO USATEGUI, SUSANA ROMERO YESA E  
IGNACIO ANGULO MARTINEZ - UNIVERSIDAD DE DEUSTO  
(CAMPUS VICTOORIA).  
Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones Segunda parte PIC  
16F84 PBasic y ensamblador, España, 2003.
7. MARK F. RUSSO Y MARTIN M. ECHOLS.  
Automating Science and Engineering Laboratories with Visual Basic, Canada,  
1999.

8. EMILIO FIGUERES, J. MANUEL BENAVENT GARCIA, GABRIEL GARCERA SANFELIU – UNIVERSISIA POLIKTECNICA DE VALENCIA.  
Simulación de Circuitos Electrónicos de Potencia con PSPICE, España, 2000.
9. MARC E. HERNITER – ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY.  
Schematic Capture with Microsim PSPICE third Edition, United States, 1998.
10. J. MICHAEL JACOB – PURDUE UNIVERSITY.  
Analog Integrated circuit Aplications, United States, 2000.



CIB-ESPOL

T  
629.895  
CEV  
V.2

# Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad  
y Computación

“Automatización del Sistema de manejo de Grano de  
La Industria Cervecera para la Obtención de Malta”

---

## TOPICO DE GRADUACION

Previa a la Obtención del Título de:  
**Ingeniero en Electricidad**

Especialización Electrónica y  
Automatización Industrial

Presentado por:

Marcos Ricardo Cevallos Jácome  
Gustavo Adolfo Estrella Freré  
Luis Alberto Moreno Ríos



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Guayaquil - Ecuador

2005



**CIB-ESPOL**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE MANEJO DE GRANO DE  
LA INDUSTRIA CERVECERA PARA LA OBTENCION DE MALTA”**

**TOPICO DE GRADUACION**

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**  
**ESPECIALIZACION ELECTRÓNICA Y**  
**AUTOMATIZACION INDUSTRIAL**

**Presentado por:**

**Marcos Ricardo Cevallos Jácome.**  
**Gustavo Adolfo Estrella Freré.**  
**Luís Alberto Moreno Ríos.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**  
**2005**

# TRIBUNAL DE GRADUACION

---

Ing. Miguel Yapur  
Subdecano de la FIEC

---

Ing. Alberto Larco G.  
Director de TOPICO

---

Ing. Holger Cevallos  
Miembro del Tribunal

---

Ing. Carlos Valdiviezo  
Miembro del Tribunal



**CIB-ESPOL**

## DECLARACION EXPRESA

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

Art. 12 del Reglamento de Graduación



Marcos Ricardo Cevallos Jácome



Gustavo Adolfo Estrella Freré



Luis Alberto Moreno Ríos



CIB-ESPOL

# Anexo A

## 1.1

Programa del PLC

---

I00001

%M00043

%I00001

M00044

M00095

%M00044  
Pb\_Start\_2  
M00001

%M00095

%M00001  
Pb\_Start1  
M00207

%M00207

M00235

%M00235

M00235

%M00235

M00207

%M00207

M00040

%M00040

M00210

%M00210

M00002

%M00002

M00001

%M00001  
Pb\_Start1  
M00207

%M00207

M00044

M00095

%M00044  
Pb\_Start\_2  
M00043

%M00095

%M00043

R00001 IN1

%R00001

1 IN2



M00236

(S)

%M00236

M00208

(S)

%M00208

M00002

(R)

%M00002

M00284

(↓)

%M00284

M00002

(S)

%M00002

M00045

(S)

%M00045

M00003

(↑)

%M00003

M00043

EQ INT

%M00043

R00001-IN1  
%R00001

2-IN2

Q

M00004

↑  
%M00004

M00043

EQ INT

%M00043

R00001-IN1  
%R00001

3-IN2

Q

M00005

↑  
%M00005

M00043

EQ INT

%M00043

R00001-IN1  
%R00001

4-IN2

Q

M00006

↑  
%M00006

M00043

EQ INT

%M00043

R00001-IN1  
%R00001

5-IN2

Q

M00007

↑  
%M00007

M00043

EQ INT

%M00043

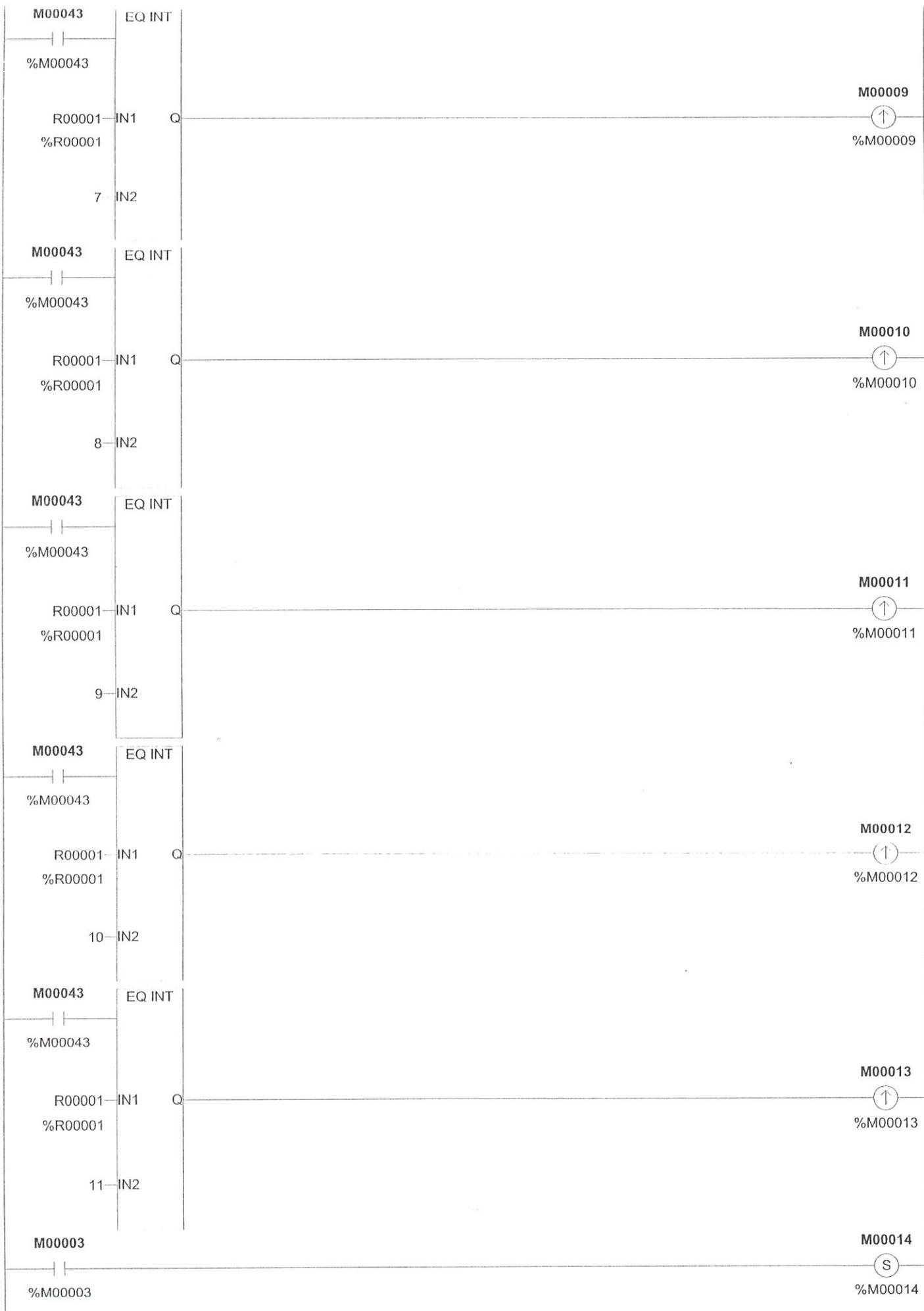
R00001-IN1  
%R00001

6-IN2

Q

M00008

↑  
%M00008



%M00014

M00004

%M00004

M00284

%M00284

M00004

%M00004

M00005

%M00005

M00006

%M00006

M00007

%M00007

M00284

%M00284

M00007

%M00007

M00008

%M00008

M00009

%M00009

M00010

%M00010

M00284

%M00284

M00010

%M00010

M00011

%M00011

M00012

%M00012

M00013

%M00013

M00284

%M00284

M00062

(S)

%M00062

M00015

(S)

%M00015

M00016

(S)

%M00016

M00016

(R)

%M00016

M00063

(S)

%M00063

M00017

(S)

%M00017

M00018

(S)

%M00018

M00018

(R)

%M00018

M00064

(S)

%M00064

M00019

(S)

%M00019

M00020

(S)

%M00020

M00020

(R)

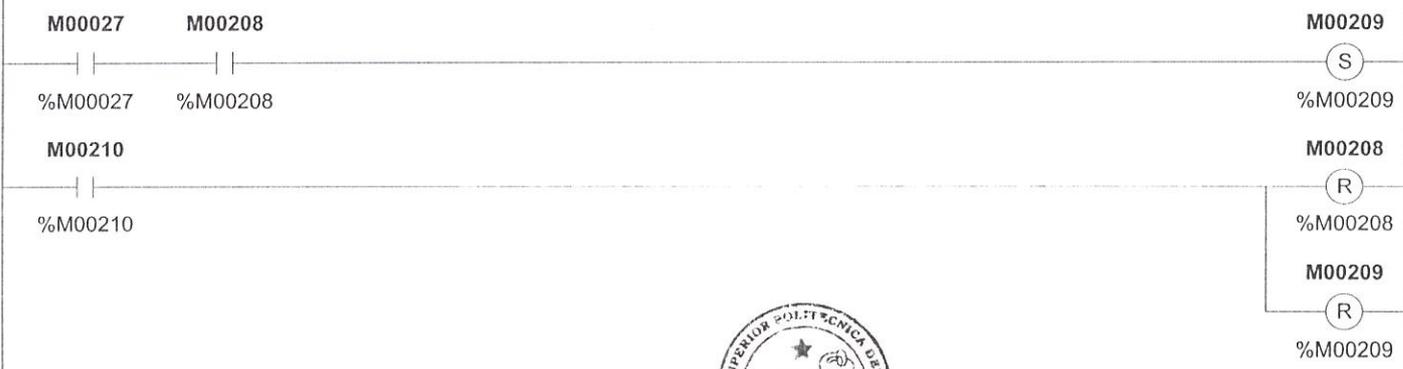
%M00020



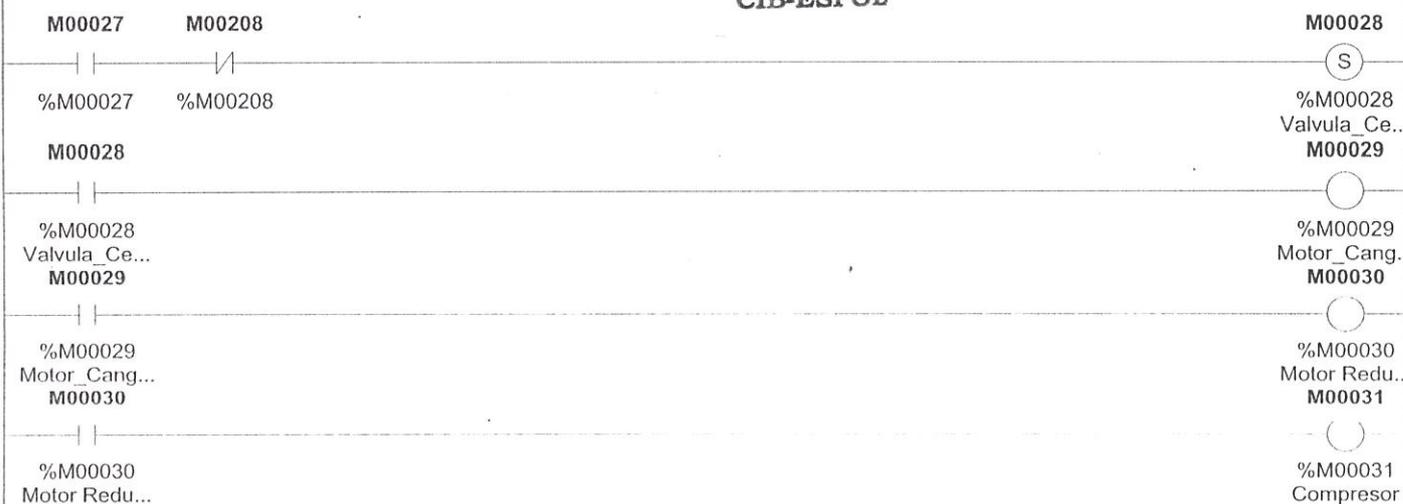
CIB-ESPOL

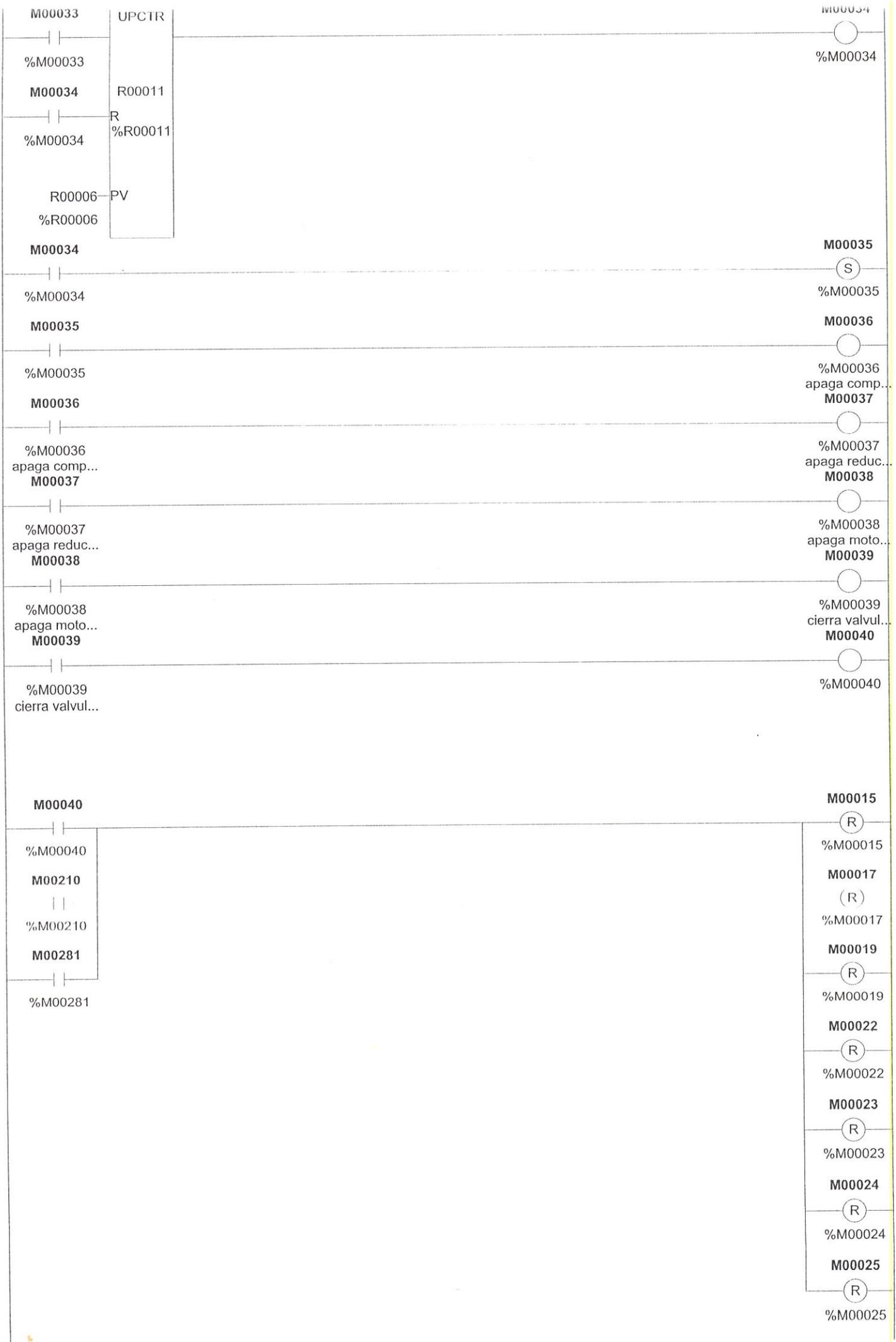


CIB-ESPOL



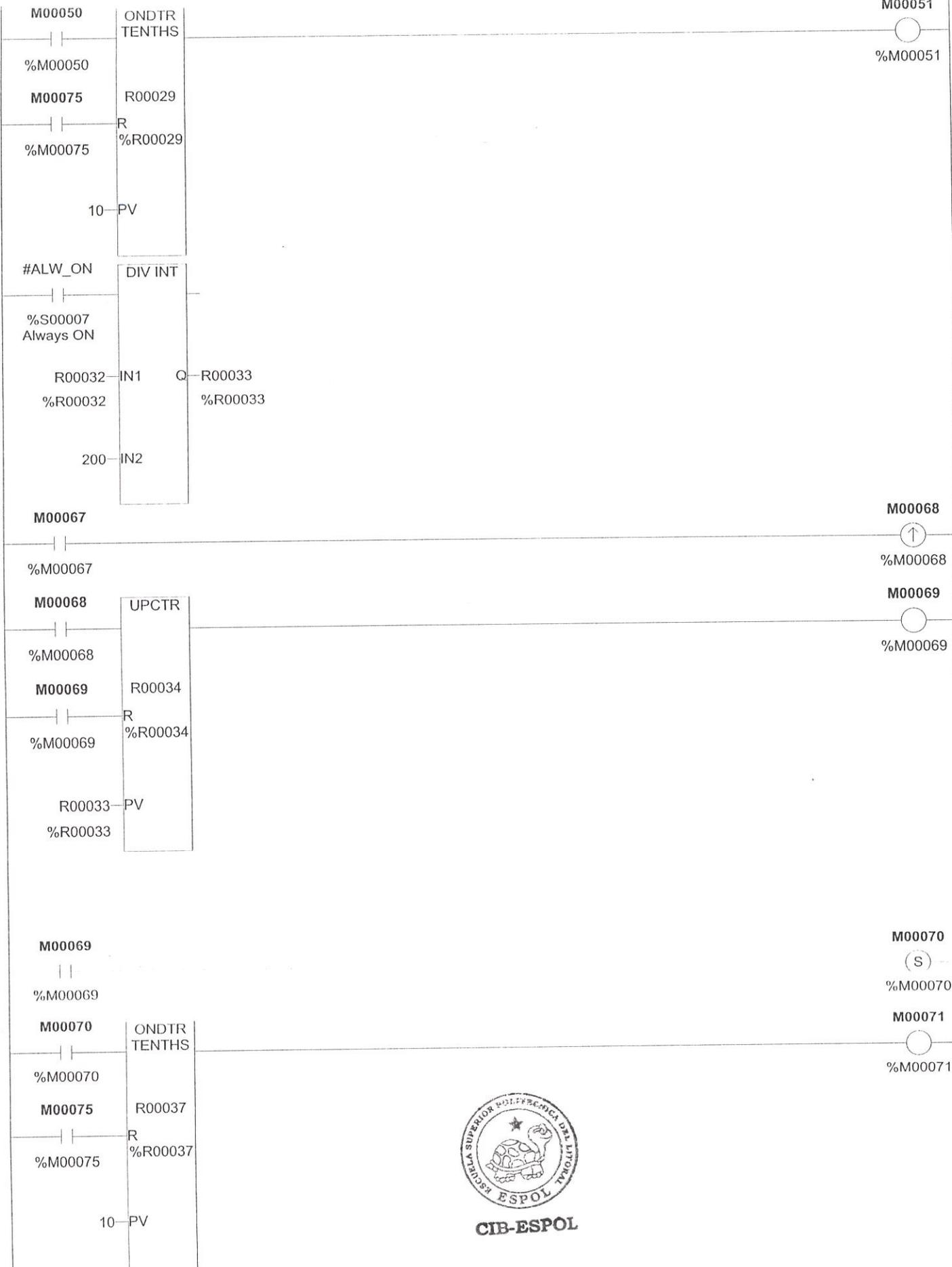
CIB-ESPOL

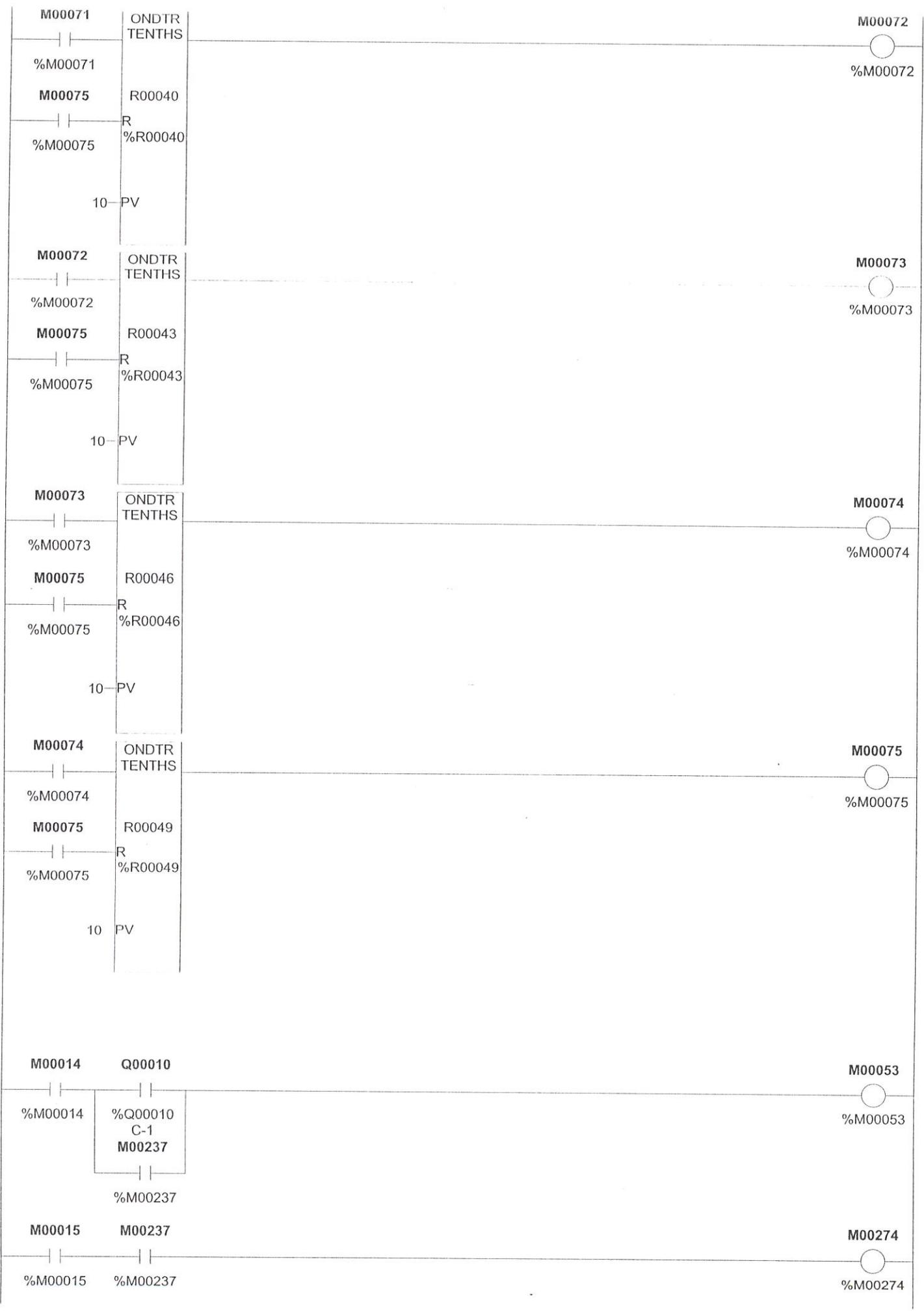




|         |                 |  |                          |
|---------|-----------------|--|--------------------------|
| M00040  |                 |  | M00028<br>Ⓡ              |
| %M00040 |                 |  | %M00028<br>Valvula_Ce... |
| M00040  |                 |  | M00035<br>Ⓡ              |
| %M00040 |                 |  | %M00035                  |
| M00045  |                 |  | M00046<br>○              |
| %M00045 |                 |  | %M00046                  |
| M00046  | ONDTR<br>TENTHS |  | M00047<br>○              |
| %M00046 |                 |  | %M00047                  |
| M00075  | R00017          |  |                          |
| %M00075 | R<br>%R00017    |  |                          |
| 10      | PV              |  |                          |
| M00047  | ONDTR<br>TENTHS |  | M00048<br>○              |
| %M00047 |                 |  | %M00048                  |
| M00075  | R00020          |  |                          |
| %M00075 | R<br>%R00020    |  |                          |
| 10      | PV              |  |                          |
| M00048  | ONDTR<br>TENTHS |  | M00049<br>○              |
| %M00048 |                 |  | %M00049                  |
| M00075  | R00023          |  |                          |
| %M00075 | R<br>%R00023    |  |                          |
| 10      | PV              |  |                          |
| M00049  | ONDTR<br>TENTHS |  | M00050<br>○              |
| %M00049 |                 |  | %M00050                  |
| M00075  | R00026          |  |                          |
| %M00075 | R<br>%R00026    |  |                          |
| 10      | PV              |  |                          |

2





M00071

ONDTR  
TENTHS

M00072

%M00071

%M00072

M00075

R00040

R  
%R00040

%M00075

10 PV

M00072

ONDTR  
TENTHS

M00073

%M00072

%M00073

M00075

R00043

R  
%R00043

%M00075

10 PV

M00073

ONDTR  
TENTHS

M00074

%M00073

%M00074

M00075

R00046

R  
%R00046

%M00075

10 PV

M00074

ONDTR  
TENTHS

M00075

%M00074

%M00075

M00075

R00049

R  
%R00049

%M00075

10 PV

M00014

Q00010

M00053

%M00014

%Q00010  
C-1  
M00237

%M00053

%M00237

M00015

M00237

M00274

%M00015

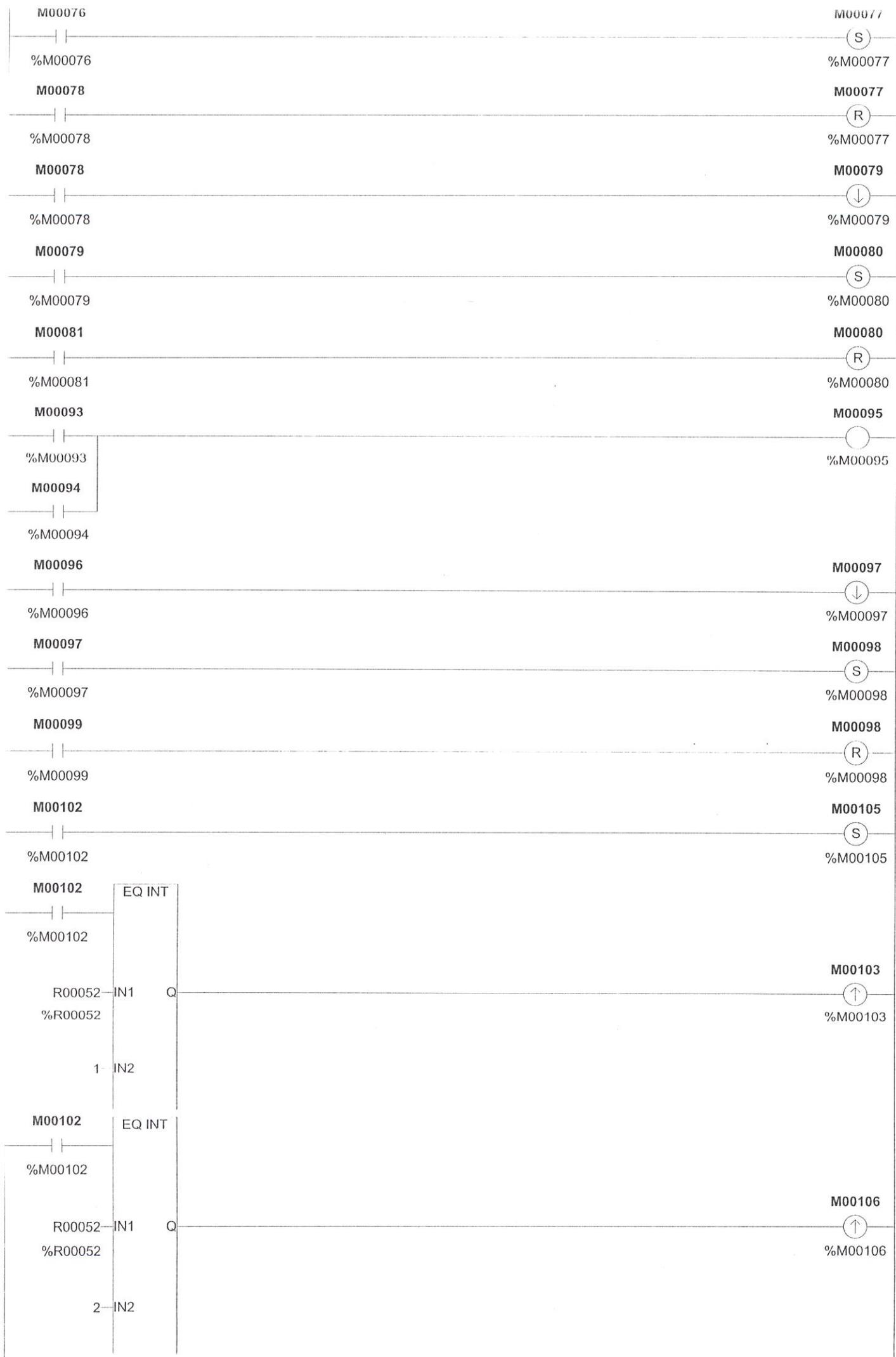
%M00237

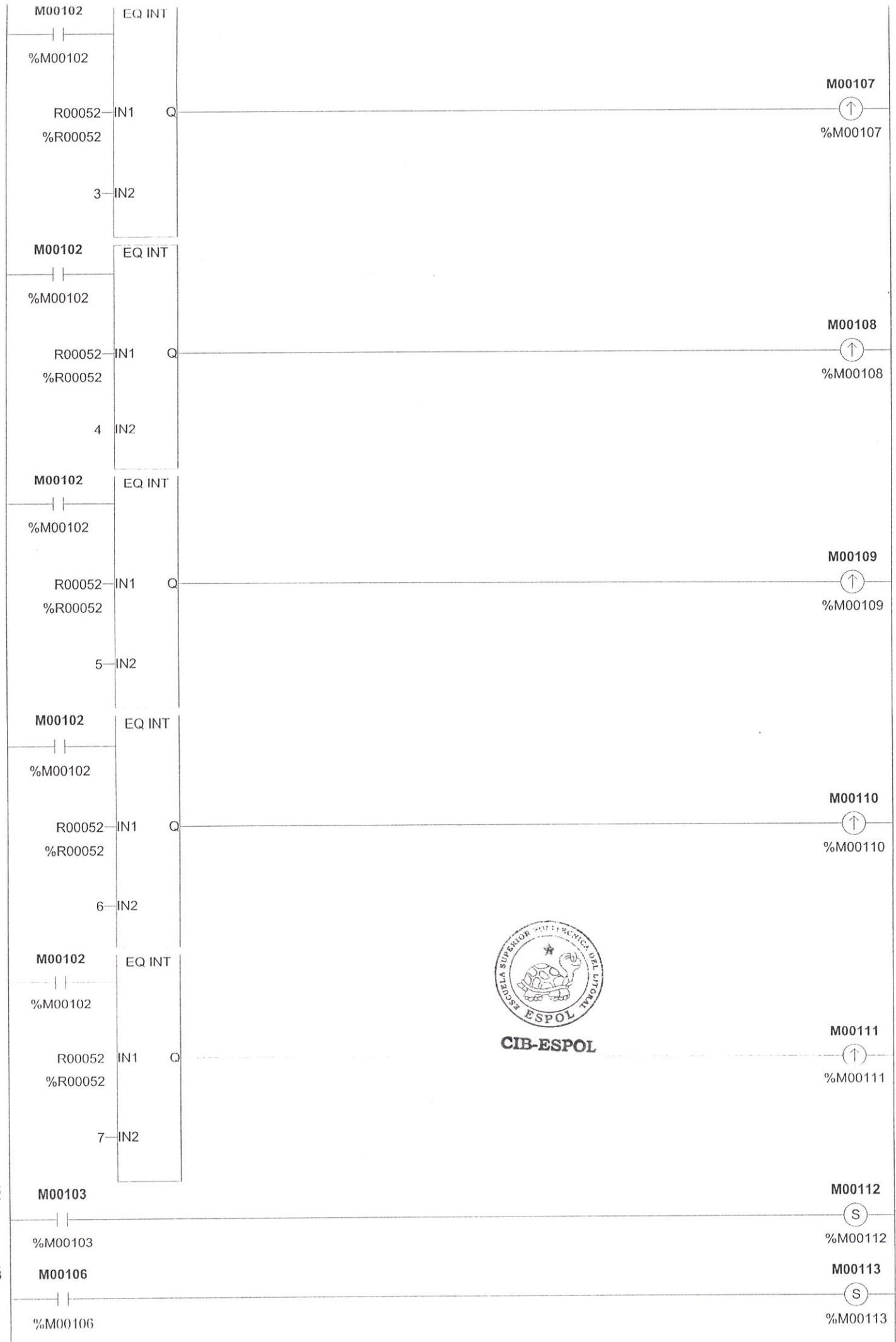
%M00274

|         |                          |         |
|---------|--------------------------|---------|
| M00062  | Q00010                   | M00054  |
| %M00062 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00054 |
|         | %M00237                  |         |
| M00016  | Q00010                   | M00055  |
| %M00016 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00055 |
|         | %M00237                  |         |
| M00017  | M00237                   | M00275  |
| %M00017 | %M00237                  | %M00275 |
| M00063  | Q00010                   | M00056  |
| %M00063 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00056 |
|         | %M00237                  |         |
| M00018  | Q00010                   | M00057  |
| %M00018 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00057 |
|         | %M00237                  |         |
| M00019  | M00237                   | M00276  |
| %M00019 | %M00237                  | %M00276 |
| M00064  | Q00010                   | M00058  |
| %M00064 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00058 |
|         | %M00237                  |         |
| M00020  | Q00010                   | M00059  |
| %M00020 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00059 |
|         | %M00237                  |         |
| M00065  | Q00010                   | M00060  |
| %M00065 | %Q00010<br>C-1<br>M00237 | %M00060 |
|         | %M00237                  |         |
| Q00006  |                          | M00076  |
| %Q00006 |                          | %M00076 |
| 90612   |                          |         |



CIB-ESPOL





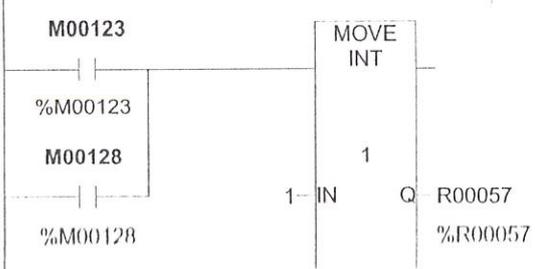
**CIB-ESPOL**

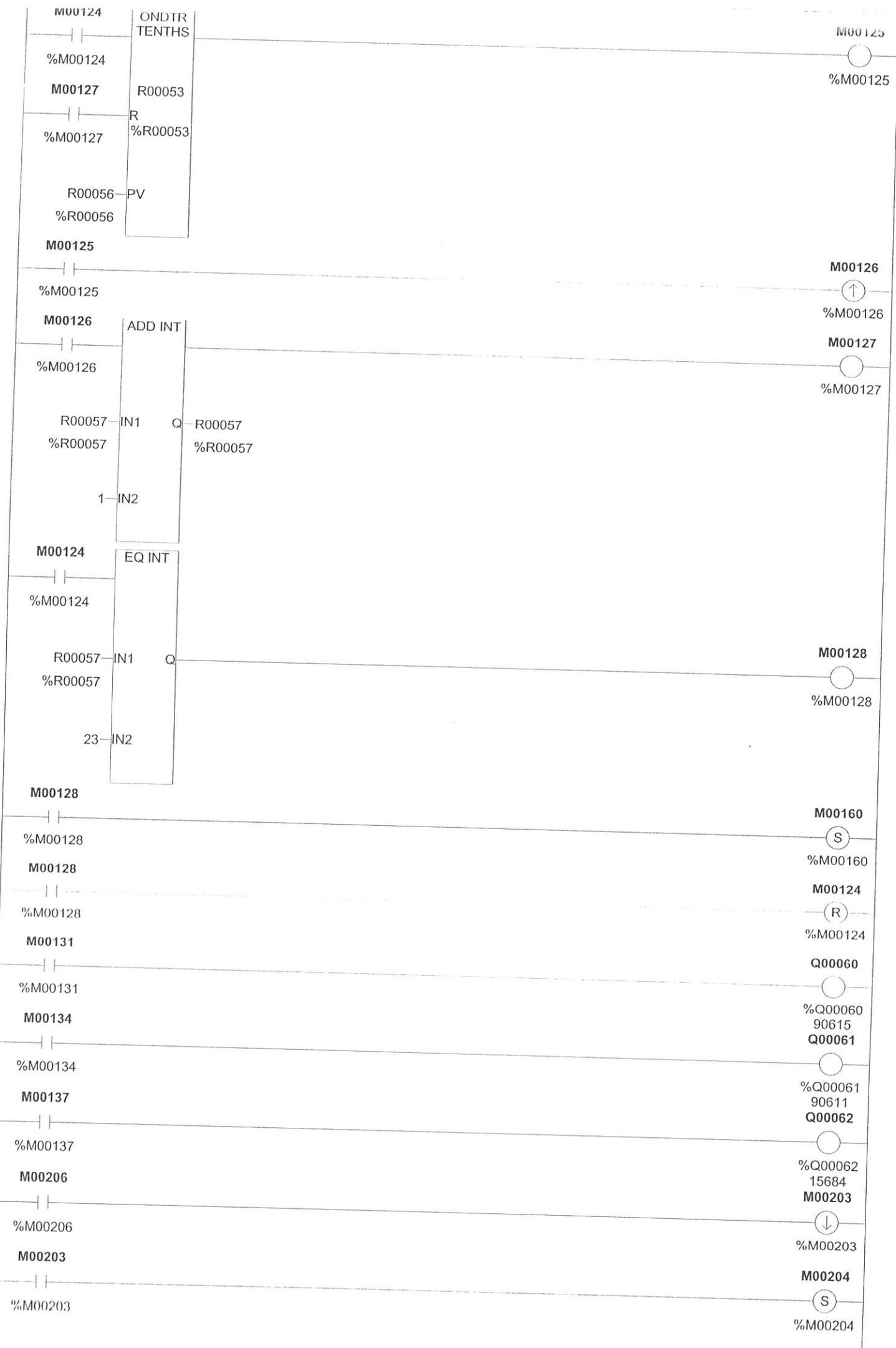
|         |  |         |
|---------|--|---------|
| M00107  |  | M00114  |
| %M00107 |  | (S)     |
| M00108  |  | %M00114 |
| %M00108 |  | M00115  |
| M00109  |  | (S)     |
| %M00109 |  | %M00115 |
| M00110  |  | M00116  |
| %M00110 |  | (S)     |
| M00111  |  | %M00116 |
| %M00111 |  | M00117  |
| Q00050  |  | (S)     |
| %Q00050 |  | %M00117 |
| 75669   |  | M00118  |
| M00119  |  | (S)     |
| %M00119 |  | %M00118 |
|         |  | M00119  |
|         |  | (R)     |
|         |  | %M00119 |

|  |  |         |
|--|--|---------|
|  |  | M00112  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00112 |
|  |  | M00113  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00113 |
|  |  | M00114  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00114 |
|  |  | M00115  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00115 |
|  |  | M00116  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00116 |
|  |  | M00117  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00117 |
|  |  | M00118  |
|  |  | (R)     |
|  |  | %M00118 |



|         |  |         |
|---------|--|---------|
| M00123  |  | M00124  |
| %M00123 |  | (S)     |
|         |  | %M00124 |
|         |  | M00160  |
|         |  | (R)     |
|         |  | %M00160 |





M00124

ONDTR TENTHS

M00125

%M00124

%M00125

M00127

R00053

%M00127

R  
%R00053

R00056 PV

%R00056

M00125

M00126

%M00125

↑

%M00126

M00126

ADD INT

M00127

%M00126

%M00127

R00057 IN1

Q R00057

%R00057

%R00057

1 IN2

M00124

EQ INT

M00128

%M00124

%M00128

R00057 IN1

Q

%R00057

23 IN2

M00128

M00160

%M00128

S

%M00160

M00128

M00124

%M00128

R

%M00124

M00131

Q00060

%M00131

%Q00060

M00134

90615

%M00134

Q00061

M00137

%Q00061

%M00137

90611

Q00062

M00206

%Q00062

%M00206

15684

M00203

M00203

%M00203

↓

M00204

%M00203

S

%M00204

M00205

%M00205

M00204

(R)

%M00204

M00141

%M00141

M00142

(S)

%M00142

M00161

(R)

%M00161

M00141

%M00141

M00146

%M00146

MOVE  
INT

1

1-IN

Q-R00063

%R00063

M00142

%M00142

M00145

%M00145

ONDTR  
TENTHS

R00065

R

%R00065

R00064-PV

%R00064

M00143

%M00143

M00144

%M00144

R00063

%R00063

IN1

Q R00063

%R00063

1-IN2

M00142

%M00142

EQ INT

R00063

%R00063

IN1

Q

M00146

%M00146

23-IN2

M00146

%M00146

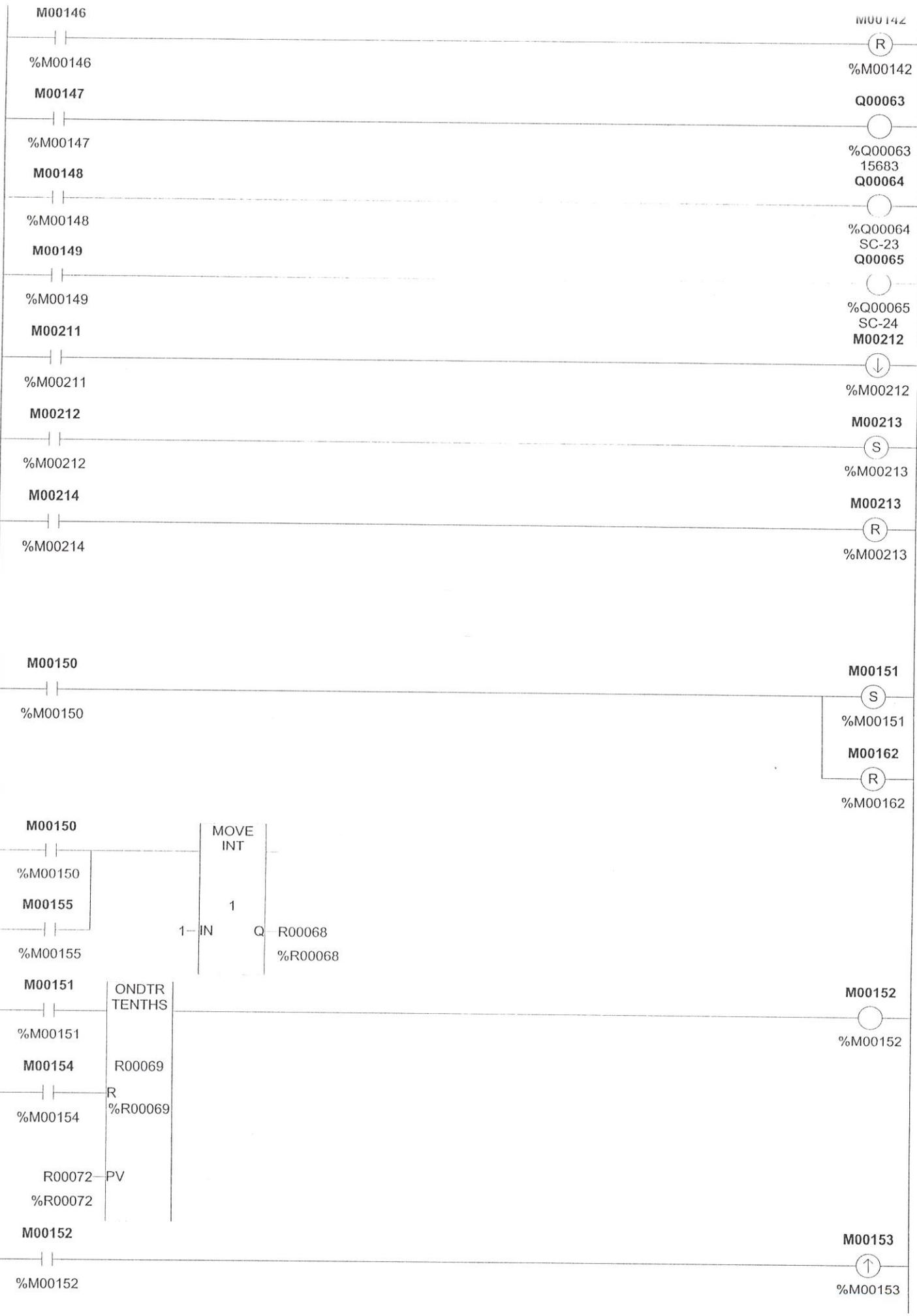
M00161

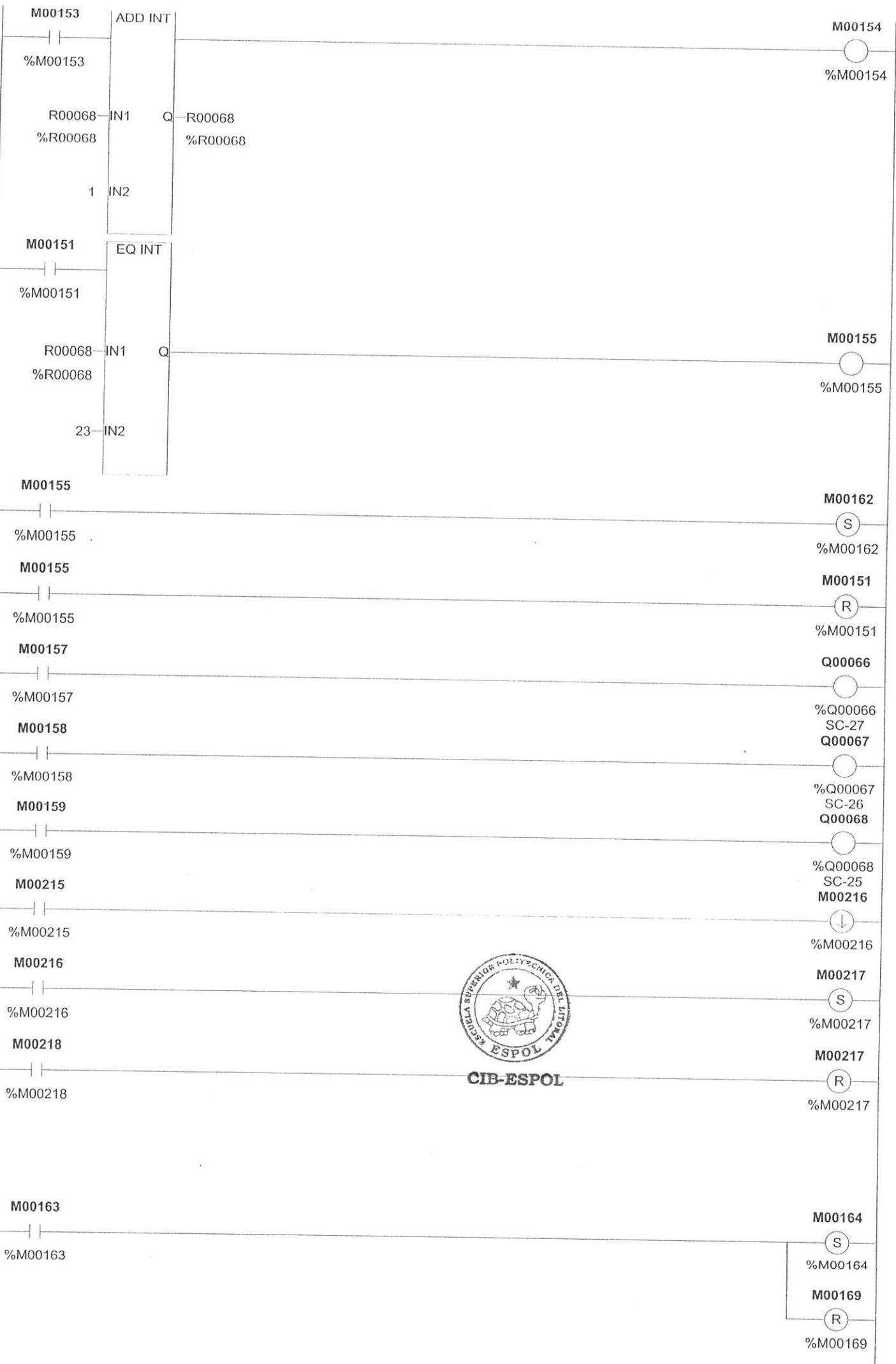
(S)

%M00161

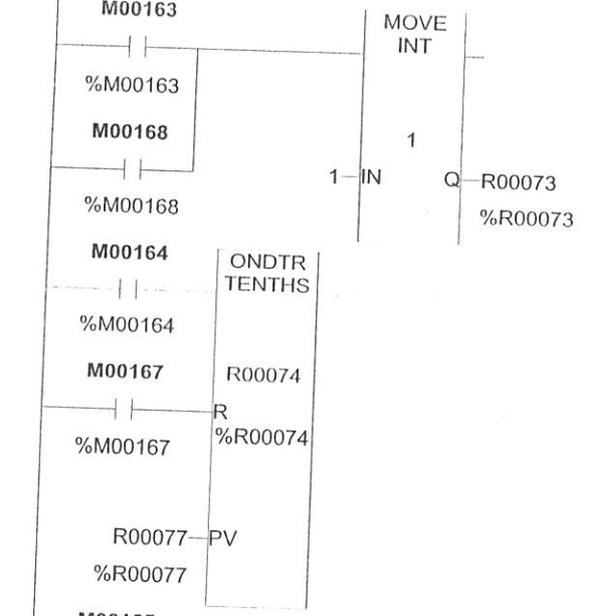


CIB-ESPOL





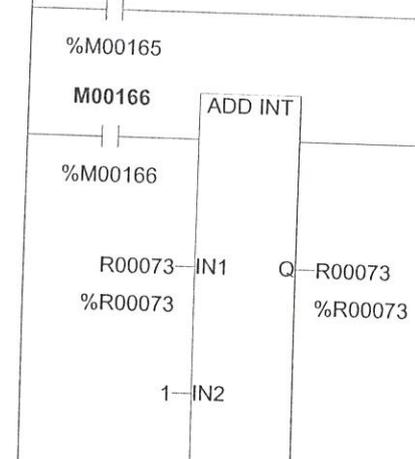
CIB-ESPOL



**M00165**

○

%M00165



**M00166**

⬆

%M00166

**M00167**

○

%M00167

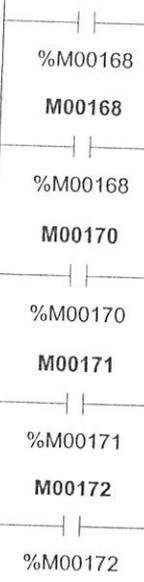


**CIB-ESPOL**

**M00168**

○

%M00168



**M00169**

⬆

%M00169

**M00164**

⬆

%M00164

**Q00069**

○

%Q00069

VS-47

**Q00070**

○

%Q00070

VS-45

**Q00071**

○

%Q00071

VS-44

M00219

%M00219

M00220

M00220



%M00220

%M00220

M00221



%M00221

M00222

M00221



%M00221

%M00222

M00173

%M00173

M00174



%M00174

M00179



%M00179

M00173

%M00173

M00178

%M00178

MOVE  
INT

1

1-IN

Q-R00078

%R00078

M00174

%M00174

M00177

%M00177

ONDTR  
TENTHS

R00079

R  
%R00079

R00082-PV

%R00082

M00175

M00175

%M00175

%M00175

M00176

%M00176

ADD INT

R00078 IN1

%R00078

Q R00078

%R00078

1 IN2

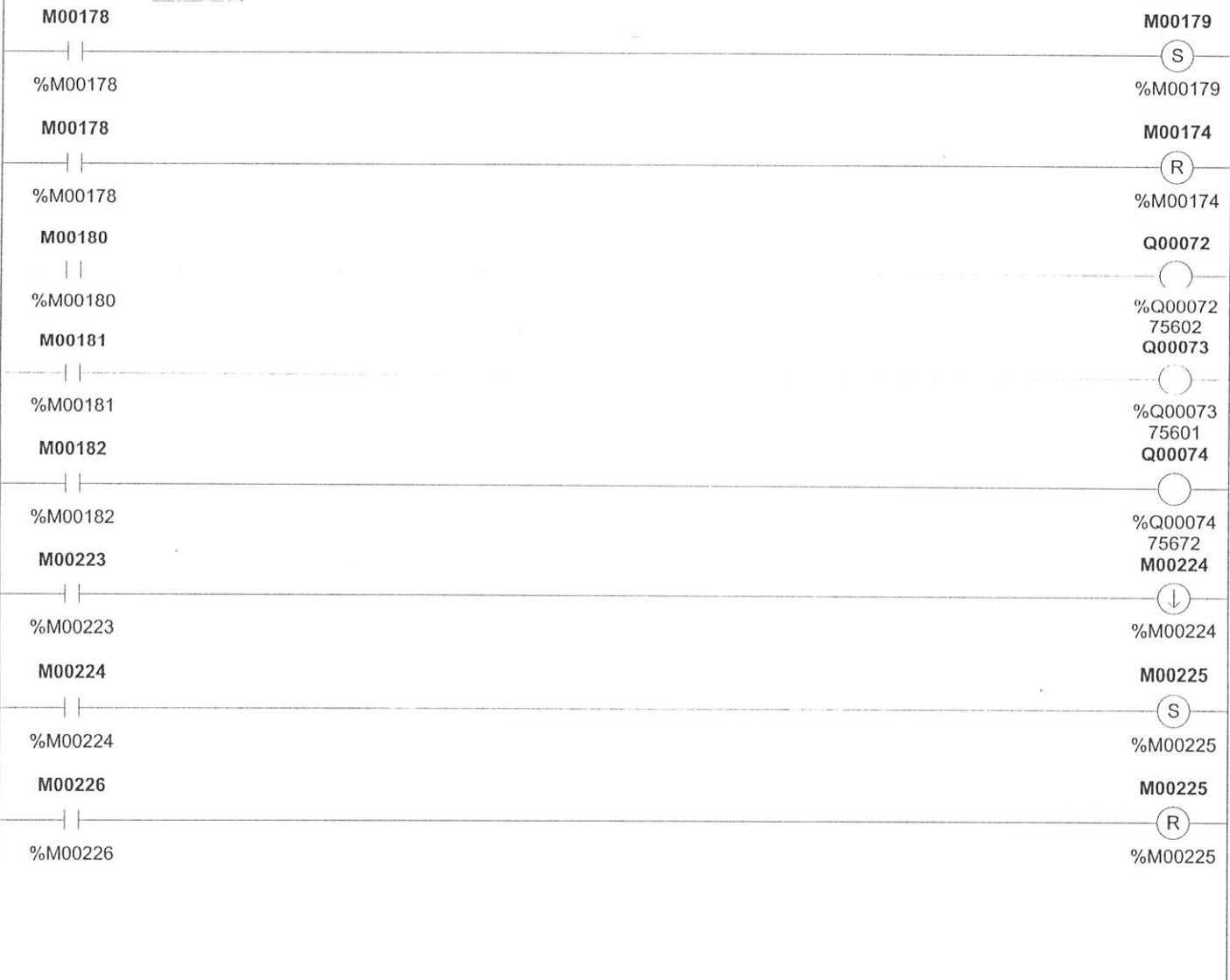
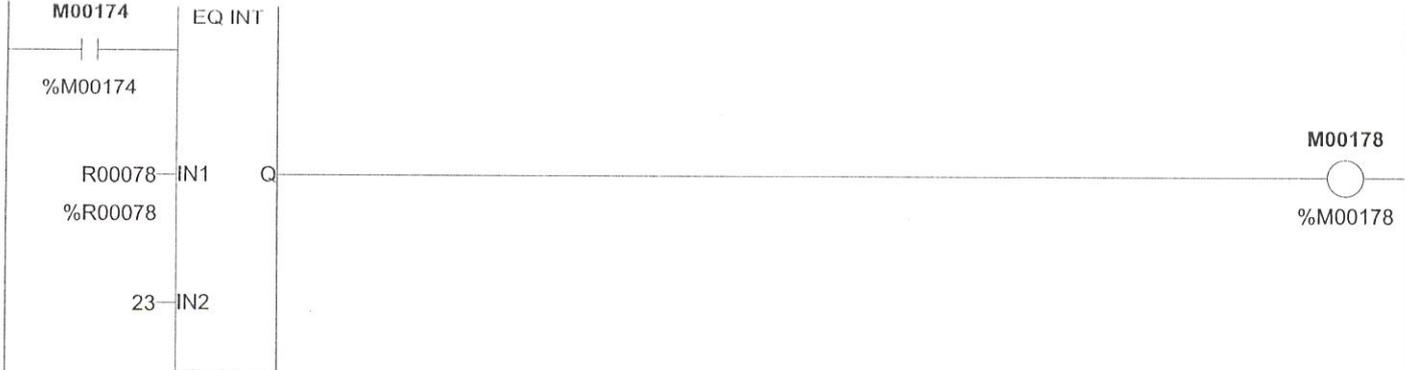
M00176

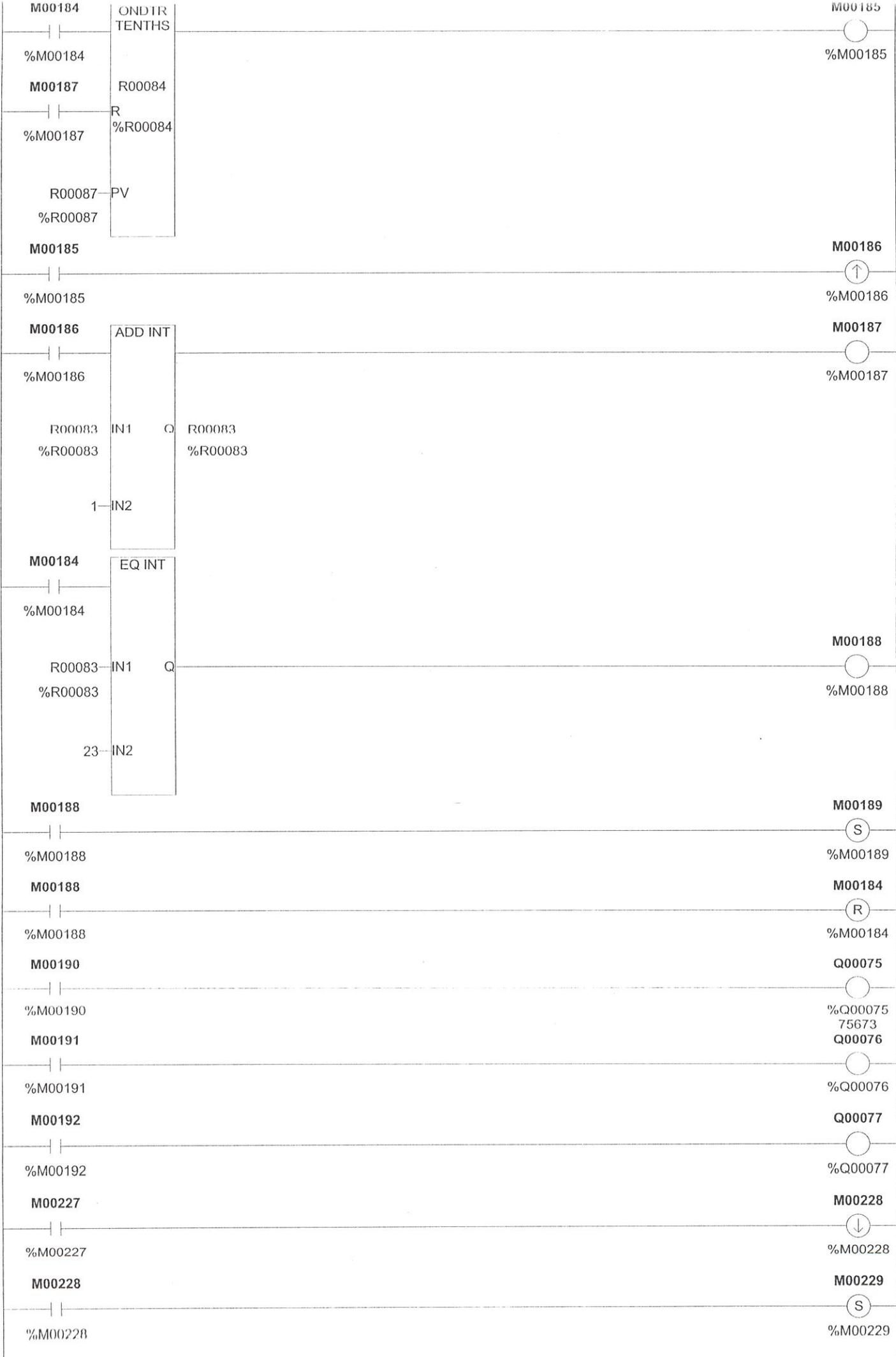


%M00176

M00177

%M00177





M00230

M00229

(R)

%M00230

%M00229

M00193

M00194

(S)

%M00193

%M00194

M00199

(R)

%M00199

M00193

MOVE  
INT

%M00193

1

M00198

1

IN

Q

R00088

%M00198

%R00088

M00194

ONDTR  
TENTHS

M00195

%M00194

( )

%M00195

M00197

R00089

%M00197

R

%R00089

R00092—PV

%R00092

M00195

M00196

(↑)

%M00195

%M00196

M00196

ADD INT

M00197

%M00196

%M00197

R00088

IN1

Q

R00088

%R00088

%R00088

1

IN2



CIB-ESPOL

M00194

EQ INT

%M00194

M00198

R00088

IN1

Q

%R00088

%M00198

23

IN2

M00198

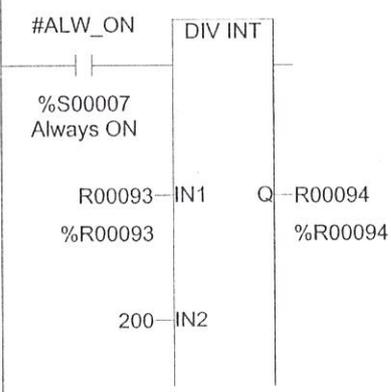
M00199

(S)

%M00198

%M00199

|         |  |                  |
|---------|--|------------------|
| M00198  |  | M00194           |
| %M00198 |  | (R)              |
| M00200  |  | %M00194          |
| %M00200 |  | Q00078           |
| M00201  |  | (O)              |
| %M00201 |  | %Q00078<br>15606 |
| M00202  |  | Q00079           |
| %M00202 |  | (O)              |
| M00231  |  | %Q00079<br>90621 |
| %M00231 |  | Q00080           |
| M00232  |  | (O)              |
| %M00232 |  | %Q00080<br>90622 |
| M00233  |  | M00232           |
| %M00233 |  | (↓)              |
| M00234  |  | M00233           |
| %M00234 |  | (S)              |
|         |  | %M00233          |
|         |  | M00233           |
|         |  | (R)              |
|         |  | %M00233          |



|         |  |         |
|---------|--|---------|
| M00277  |  | M00278  |
| %M00277 |  | (1)     |
| M00278  |  | %M00278 |
| %M00278 |  | M00279  |
| M00279  |  | (O)     |
| %M00279 |  | %M00279 |
|         |  | M00279  |
|         |  | (S)     |
|         |  | %M00279 |
|         |  | M00280  |
|         |  | (R)     |
|         |  | %M00280 |
|         |  | M00281  |
|         |  | (R)     |
|         |  | %M00281 |

M00281

%M00281

M00235

%M00235

M00280

(R)

%M00280

M00014 M00045 M00236

%M00014 %M00045 %M00236

M00015 M00045 M00236

%M00015 %M00045 %M00236

M00016 M00045 M00236

%M00016 %M00045 %M00236

M00017 M00045 M00236

%M00017 %M00045 %M00236

M00018 M00045 M00236

%M00018 %M00045 %M00236

M00019 M00045 M00236

%M00019 %M00045 %M00236

M00020 M00045 M00236

%M00020 %M00045 %M00236

M00022 M00045 M00236

%M00022 %M00045 %M00236

M00023 M00045 M00236

%M00023 %M00045 %M00236

M00024 M00045 M00236

%M00024 %M00045 %M00236

Q00011

%Q00011  
C-10  
Q00012

%Q00012  
C-4  
Q00013

%Q00013  
C-11  
Q00014

%Q00014  
C-6  
Q00015

%Q00015  
C-12  
Q00016

%Q00016  
C-8  
Q00017

%Q00017  
C-13  
Q00018

%Q00018  
C-3  
Q00019

%Q00019  
C-5  
Q00020

%Q00020  
C-7



CIB-ESPOL

|                         |                            |         |                                  |
|-------------------------|----------------------------|---------|----------------------------------|
| M00025                  | M00045                     | M00236  | Q00021                           |
| %M00025                 | %M00045                    | %M00236 | %Q00021<br>C-9<br>Q00002         |
| M00028                  | M00039                     |         | Q00002                           |
| %M00028                 | %M00039                    |         | %Q00002<br>C-2<br>Q00003         |
| Valvula_Ce...<br>M00029 | cierra valvul...<br>M00038 | M00073  | Q00003                           |
| %M00029                 | %M00038                    | %M00073 | %Q00003<br>90646                 |
| Motor_Cang...<br>M00049 | apaga mot...               |         |                                  |
| %M00049                 |                            |         |                                  |
| M00030                  | M00037                     |         | Q00004                           |
| %M00030                 | %M00037                    |         | %Q00004<br>15685<br>Q00005       |
| Motor Redu...<br>M00031 | apaga reduc...<br>M00036   |         |                                  |
| %M00031                 | %M00036                    |         | %Q00005<br>15686                 |
| Compresor               | apaga comp...              |         |                                  |
| M00046                  |                            |         | Q00038                           |
| %M00046                 |                            |         | (S)<br>%Q00038<br>C-30<br>Q00038 |
| M00066                  |                            |         | (R)                              |
| %M00066                 |                            |         | %Q00038<br>C-30<br>Q00006        |
| M00047                  |                            |         | (S)                              |
| %M00047                 |                            |         | %Q00006<br>90612<br>Q00007       |
| M00048                  |                            |         | (S)                              |
| %M00048                 |                            |         | %Q00007<br>75682<br>Q00008       |
| M00048                  |                            |         | (S)                              |
| %M00048                 |                            |         | %Q00008<br>Zaranda<br>Q00007     |
| M00074                  |                            |         | (R)                              |
| %M00074                 |                            |         | %Q00007<br>75682<br>Q00008       |
| M00050                  |                            |         | (R)                              |
| %M00050                 |                            |         | %Q00008<br>Zaranda<br>Q00009     |
| M00071                  |                            |         | (S)                              |
| %M00071                 |                            |         | %Q00009<br>90645<br>Q00009       |
| M00071                  |                            |         | (R)                              |
| %M00071                 |                            |         | %Q00009<br>90645                 |



CIB-ESPOL

|         |         |         |                                 |
|---------|---------|---------|---------------------------------|
| M00051  |         |         | Q00010                          |
| %M00051 |         |         | (S)<br>%Q00010<br>C-1<br>Q00010 |
| M00072  |         |         | (R)                             |
| %M00072 |         |         | %Q00010<br>C-1<br>Q00022        |
| M00053  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00053 | %M00070 | %M00236 | %Q00022<br>C-22<br>Q00023       |
| M00054  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00054 | %M00070 | %M00236 | %Q00023<br>C-23<br>Q00024       |
| M00055  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00055 | %M00070 | %M00236 | %Q00024<br>C-24<br>Q00025       |
| M00056  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00056 | %M00070 | %M00236 | %Q00025<br>C-25<br>Q00026       |
| M00057  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00057 | %M00070 | %M00236 | %Q00026<br>C-26<br>Q00027       |
| M00058  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00058 | %M00070 | %M00236 | %Q00027<br>C-27<br>Q00028       |
| M00059  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00059 | %M00070 | %M00236 | %Q00028<br>C-28<br>Q00029       |
| M00060  | M00070  | M00236  | ( )                             |
| %M00060 | %M00070 | %M00236 | %Q00029<br>C-29<br>Q00030       |
| M00053  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00053 | %M00070 |         | %Q00030<br>C-14<br>Q00031       |
| M00054  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00054 | %M00070 |         | %Q00031<br>C-15<br>Q00032       |
| M00055  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00055 | %M00070 |         | %Q00032<br>C-16<br>Q00033       |
| M00056  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00056 | %M00070 |         | %Q00033<br>C-17<br>Q00034       |
| M00057  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00057 | %M00070 |         | %Q00034<br>C-18<br>Q00035       |
| M00058  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00058 | %M00070 |         | %Q00035<br>C-19<br>Q00036       |
| M00059  | M00070  |         | ( )                             |
| %M00059 | %M00070 |         | %Q00036<br>C-20                 |



CIB-ESPOL

|         |         |  |                            |
|---------|---------|--|----------------------------|
| M00060  | M00070  |  | %Q00037<br>C-21<br>Q00081  |
| %M00060 | %M00070 |  | %Q00081<br>15680<br>Q00082 |
| M00274  |         |  | %Q00082                    |
| %M00274 |         |  | Q00083                     |
| M00275  |         |  | %Q00083<br>C-30<br>Q00039  |
| %M00275 |         |  | %Q00039<br>V-9<br>Q00040   |
| M00276  |         |  | %Q00040<br>90620<br>Q00041 |
| %M00276 |         |  | %Q00041<br>90645<br>Q00042 |
| M00082  |         |  | %Q00042<br>V-1<br>Q00043   |
| %M00082 |         |  | %Q00043<br>V-3<br>Q00044   |
| M00083  | I00004  |  | %Q00044<br>C-31<br>Q00045  |
| %M00083 | %I00004 |  | %Q00045<br>V-21            |
| M00083  | I00004  |  | Q00046                     |
| %M00083 | %I00004 |  | %Q00046<br>V-19<br>Q00047  |
| M00084  |         |  | %Q00047<br>75678<br>Q00048 |
| %M00084 |         |  | %Q00048<br>V-13<br>Q00049  |
| M00085  |         |  | %Q00049<br>C-33<br>Q00050  |
| %M00085 |         |  | %Q00050<br>75660           |
| M00086  |         |  |                            |
| %M00086 |         |  |                            |
| M00087  |         |  |                            |
| %M00087 |         |  |                            |
| M00101  |         |  |                            |
| %M00101 |         |  |                            |
| M00088  |         |  |                            |
| %M00088 |         |  |                            |
| M00089  |         |  |                            |
| %M00089 |         |  |                            |
| M00090  |         |  |                            |
| %M00090 |         |  |                            |
| M00091  |         |  |                            |
| %M00091 |         |  |                            |
| M00092  |         |  |                            |
| %M00092 |         |  |                            |

|         |  |  |                            |
|---------|--|--|----------------------------|
| M00100  |  |  | %Q00051<br>V-17<br>Q00058  |
| %M00100 |  |  |                            |
| M00121  |  |  |                            |
| %M00121 |  |  | %Q00058<br>V-4<br>Q00059   |
| M00122  |  |  |                            |
| %M00122 |  |  | %Q00059<br>90649           |
| M00112  |  |  | Q00052                     |
| %M00112 |  |  | %Q00052<br>75608<br>Q00053 |
| M00113  |  |  |                            |
| %M00113 |  |  | %Q00053                    |
| M00114  |  |  | Q00054                     |
| %M00114 |  |  | %Q00054<br>75605<br>Q00055 |
| M00115  |  |  |                            |
| %M00115 |  |  | %Q00055<br>15689<br>Q00056 |
| M00116  |  |  |                            |
| %M00116 |  |  | %Q00056<br>15682<br>Q00057 |
| M00117  |  |  |                            |
| %M00117 |  |  | %Q00057<br>15681           |



CIB-ESPOL

M00075

%M00075

M00281

%M00281

M00284

%M00284

(R)

%M00045

M00062

(R)

%M00062

M00063

(R)

%M00063

M00064

(R)

%M00064

M00065

(R)

%M00065

M00070

(R)

%M00070

Q00006

(R)

%Q00006  
90612



CIB-ESPOL

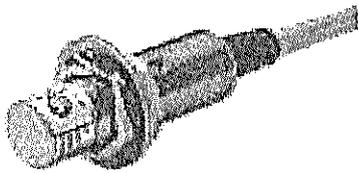
# **Anexo A**

## **1.2.1**

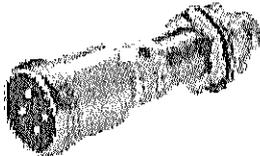
### **Sensor Inductivo**

## 871TM interface PLC de CA/CC, 2 hilos

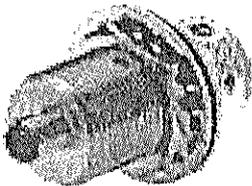
Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado corto de acero inoxidable



871TM CA/CC tipo cable  
12, 18, 30 mm  
página 2-23



871TM CA/CC, conector  
tipo Mini  
12, 18, 30 mm  
página 2-23



871TM CA/CC, conector  
tipo Micro  
12, 18, 30 mm  
página 2-23



871TM CA/CC, conector  
EAC Micro  
12 mm  
página 2-23



### Especificaciones

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Corriente de carga                | 2-25 mA   |
| Corriente de fuga                 | ≤0.9 mA a 24 VCC<br>≤1.7 mA a 20-120 VCA/CC;<br>≤2.5 mA a 121-250 VCA/CC  |
| Tensión de trabajo                | 20-250 V CA/CC  |
| Caída de tensión                  | ≤8 V a 25 mA CC<br>≤10 V a 25 mA CA   |
| Repetibilidad                     | 10 % típico   |
| Histéresis                        | 10 % típico   |
| Protección contra pulsos en falso | Incorporado   |
| Protec. contra ruidos transil.    | Incorporado   |
| Protección contra radiofrecuencia | 10 V por metro<br>Margen de frecuencia 20-1000 MHz  |
| Homologaciones                    | Listados UL, certificación CSA, y marca CE para todas las directivas aplicables   |
| Envolvente                        | NEMA 1, 2, 3, 3R, 4, 4X, 6, 6P, 12, 13, IP67 (IEC 529),<br>Proyecciones de agua de 1200 psi (8270 kPa)<br>Cara y cuerpo de acero inoxidable   |
| Conexiones                        | Cable: Longitud de 2 m (6.5 pies)<br>A2—2 conductores #22 AWG PVC<br>C2—2 conductores #22 AWG ToughLink™<br>H2—2 conductores #18 AWG ToughLink™<br>Conector: Tipo Mini de 3 pines<br>Tipo Micro de 3 pines<br>Tipo EAC Micro de 4 pines |
| LED                               | Rojo: Salida activada   |
| Temperatura de operación          | -25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)  |
| Impacto                           | 30 g, 11 ms   |
| Vibración                         | 55 Hz, 1 mm amplitud, 3 planos  |

### Factores de corrección

| Material específico | Factor de corrección |
|---------------------|----------------------|
| Acero               | 1.0                  |
| Acero inoxidable    | 0.8-1.0              |
| Latón               | 0.4-0.7              |
| Aluminio            | 0.4-0.7              |
| Cobre               | 0.2-0.5              |

### Características

- Diseñado para aplicaciones de PLC, E/S y PC de baja corriente
- Operación por 2 hilos
- Conexión de 2 hilos, 3 pines o 4 pines
- 20-250 V CA/CC
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protección contra pulsos falsos, ruido transitorio y radiofrecuencia
- Listados UL, certificación CSA, y marca CE para todas las directivas aplicables

Sensores de proximidad inductivos  
**871TM interface PLC de CA/CC, 2 hilos**  
 Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado corto de acero inoxidable

**Guía de selección**

| Diám. del cilindro  | Distancia de detección nominal mm (pulg.) | Blindado | Config. de salida | Frecuencia de conmutación (Hz) | Número de catálogo |                  |                  |                  |                         |
|---|---|----------|-------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
|   |   |          |                   |                                | Cable de PVC       | Cable ToughLink™ | Tipo Mini QD     | Tipo Micro QD    | Conector tipo EAC Micro |
| 12 mm   | 2 (0.08)                                  | S        | N.A.              | 75                             | 871TM-BH2N12-A2    | 871TM-BH2N12-C2  | 871TM-BH2N12-N3  | 871TM-BH2N12-R3  | 871TM-BH2N12-B4         |
|   | 4 (0.16)                                  | N        |                   | 35                             | 871TM-BH4N12-A2    | 871TM-BH4N12-C2  | 871TM-BH4N12-N3  | 871TM-BH4N12-R3  | —                       |
| 18 mm   | 5 (0.20)                                  | S        | N.A.              | 65                             | 871TM-BH5N18-A2    | 871TM-BH5N18-H2  | 871TM-BH5N18-N3  | 871TM-BH5N18-R3  | —                       |
|   | 8 (0.31)                                  | N        |                   | 30                             | 871TM-BH8N18-A2    | 871TM-BH8N18-H2  | 871TM-BH8N18-N3  | 871TM-BH8N18-R3  | —                       |
| 30 mm   | 10 (0.39)                                 | S        | N.A.              | 45                             | 871TM-BH10N30-A2   | 871TM-BH10N30-H2 | 871TM-BH10N30-N3 | 871TM-BH10N30-R3 | —                       |
|   | 15 (0.59)                                 | N        |                   | 20                             | 871TM-BH15N30-A2   | 871TM-BH15N30-H2 | 871TM-BH15N30-N3 | 871TM-BH15N30-R3 | —                       |
| Conjunto de cable QD estándar recomendado (-6F = 1.8 m (6 pies), -2 = 2 m (6.5 pies)) |   |          |                   |                                |                    |                  | 889N-F3AFC-6F    | 889R-F3ACA-2     | —                       |

**Nota:** Los modelos normalmente cerrados están disponibles como ítems bajo pedido especial. Se requiere un pedido mínimo de quince unidades. Consulte con la fábrica para obtener información respecto a los precios y tiempos de procesamiento.

**Conjuntos de cables y accesorios QD**

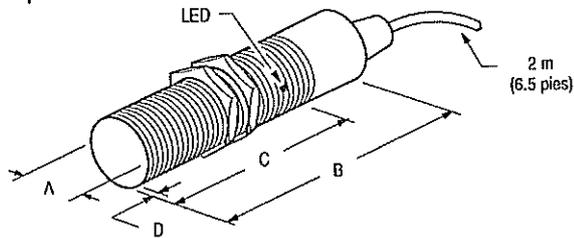
| Descripción                           | Número de página |
|---------------------------------------|------------------|
| Otros conjuntos de cables disponibles | 5-8, 5-44        |
| Cajas de terminales                   | 5-19             |
| Soportes de montaje                   | 2-188 - 2-192    |
| Tapas de protectoras                  | 2-197, 2-198     |
| Tuercas de montaje                    | 2-199 - 2-200    |



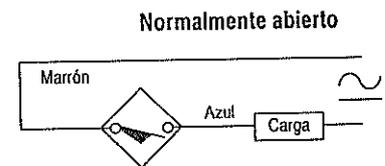
**CIB-ESPOL**

**Dimensiones—mm (pulgadas)**

**Tipo de cable**



**Diagrama de cableado**



**Nota 1:** Conectar envoltorio a la tierra.  
**Nota 2:** La carga puede conmutarse al hilo marrón.

| Tamaño de la rosca | Blindado | mm (pulgadas) |             |             |             |
|--------------------|----------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                    |          | A             | B           | C           | D           |
| M12 X 1            | S        | 12.0 (0.47)   | 49.8 (1.96) | 26.4 (1.04) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 19.5 (0.77) | 9.4 (0.37)  |
| M18 X 1            | S        | 18.0 (0.71)   | 55.4 (2.18) | 41.7 (1.64) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | —           | 14.5 (0.57) |
| M30 X 1,5          | S        | 30.0 (1.18)   | 57.9 (2.28) | 41.9 (1.65) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 39.4 (1.55) | 18.0 (0.71) |

Sensores de proximidad inductivos

871TM interface PLC de CA/CC, 2 hilos

Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado corto de acero inoxidable

Dimensiones—mm (pulgadas) (continuación)

Tipo conector Mini

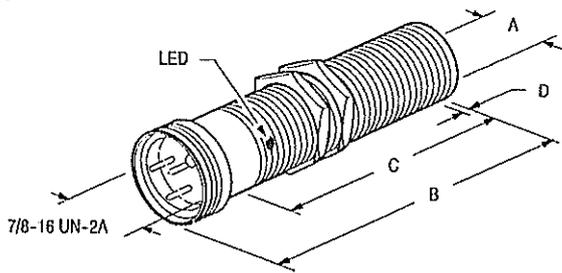
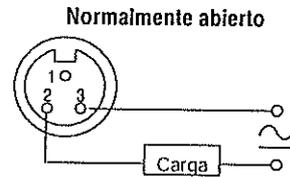


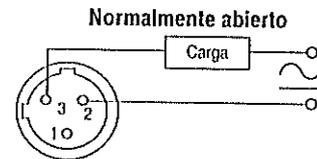
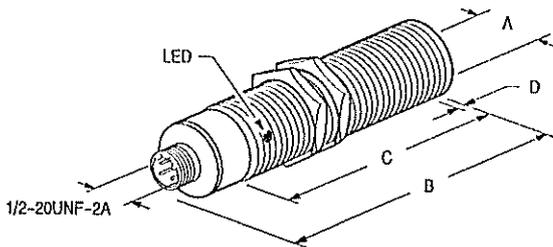
Diagrama de cableado



Nota 1: Conectar envoltorio a la tierra.  
Nota 2: La carga puede conmutarse al pin 3.

| Tamaño de la rosca | Blindado | mm (pulgadas) |             |             |             |
|--------------------|----------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                    |          | A             | B           | C           | D           |
| M12 X 1            | S        | 12.0 (0.47)   | 63.5 (2.50) | 25.4 (1.00) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 18.5 (0.73) | 9.4 (0.37)  |
| M18 X 1            | S        | 18.0 (0.71)   | 56.1 (2.21) | 35.1 (1.38) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 29.2 (1.15) | 14.5 (0.57) |
| M30 X 1,5          | S        | 30.0 (1.18)   | 68.1 (2.68) | 41.9 (1.65) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 39.4 (1.55) | 18.0 (0.71) |

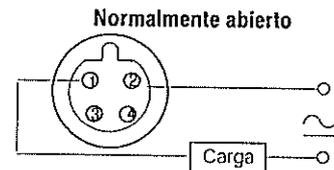
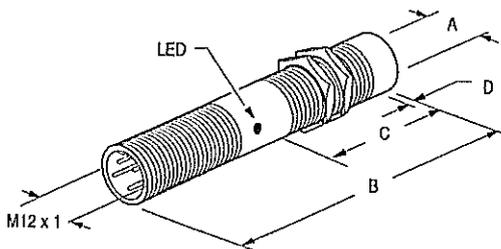
Tipo conector Micro



Nota 1: Conectar envoltorio a la tierra.  
Nota 2: La carga puede conmutarse al pin 2.

| Tamaño de la rosca | Blindado | mm (pulgadas) |             |             |             |
|--------------------|----------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                    |          | A             | B           | C           | D           |
| M12 X 1            | S        | 12.0 (0.47)   | 61.0 (2.40) | 26.4 (1.04) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 19.6 (0.77) | 9.4 (0.37)  |
| M18 X 1            | S        | 18.0 (0.71)   | 65.0 (2.56) | 41.7 (1.64) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 41.9 (1.65) | 14.5 (0.57) |
| M30 X 1,5          | S        | 30.0 (1.18)   | 66.3 (2.61) | 41.9 (1.65) | 2.5 (0.10)  |
|                    | N        |               |             | 39.4 (1.55) | 18.0 (0.71) |

Tipo conector EAC Micro



Nota 1: Sin pin de tierra. Conectar el envoltorio a la tierra.  
Nota 2: La carga puede conmutarse al pin 2.

| Tamaño de la rosca | Blindado | mm (pulgadas) |             |             |            |
|--------------------|----------|---------------|-------------|-------------|------------|
|                    |          | A             | B           | C           | D          |
| M12 X 1            | S        | 12.0 (0.47)   | 61.0 (2.40) | 26.4 (1.04) | 2.5 (0.10) |

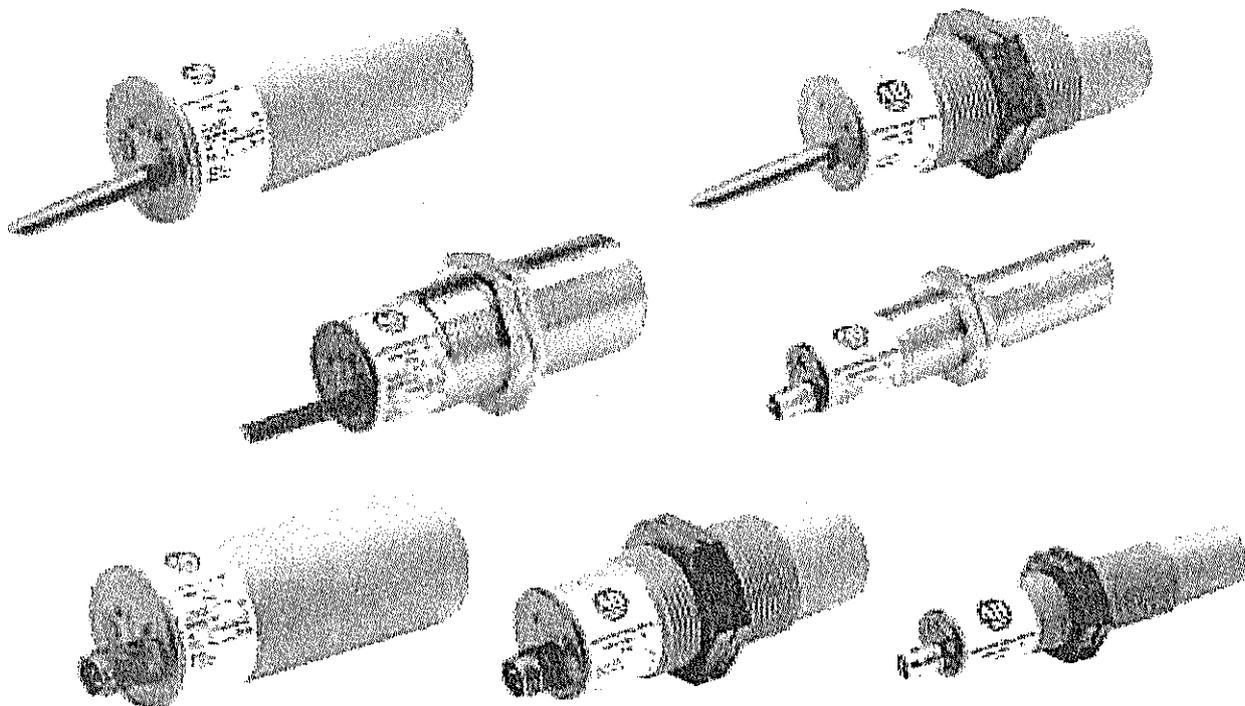
# Anexo A

## 1.2.2

### Sensor Capacitivo



CIB-ESPOL



### Descripción

Los detectores capacitivos de proximidad Boletín 875C y 875CP son dispositivos autocontenidos, de estado sólido, diseñados para detectar la proximidad de materiales diversos sin tocarlos.

A diferencia de los detectores inductivos de proximidad los modelos 875C y 875CP pueden detectar sólidos y líquidos no metálicos, además de los objetos metálicos corrientes. Pueden, incluso, detectar la presencia de ciertos objetos mezclados entre otros materiales, lo que los hace la elección ideal para ciertas aplicaciones donde los detectores inductivos de proximidad y los fotoeléctricos no pueden utilizarse.

Cada unidad posee distancia de detección ajustable y está equipada con dos indicadores LED que indican alimentación y salida. Están alojados en un cuerpo de latón niquelado (modelos con blindaje) o en un cuerpo de plástico (modelos sin blindaje) que cumplen con los estándares de envoltentes NEMA 12 e IP65 (IEC 529). Las opciones de conexión incluyen cable de PVC, así como también conectores micro y pico.

### Especificaciones

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Cables con conector de CA/CC
- Protección contra cortocircuito ❶, sobrecarga ❶, inversión de polaridad ❶ y ruido transitorio.
- Marca CE para todas las directivas aplicables

### Tipos

- CC 3 hilos ..... página 4-10
- CC 3 hilos cuerpo de plástico ..... página 4-13
- CA 2 hilos cilindro de plástico ..... página 4-16

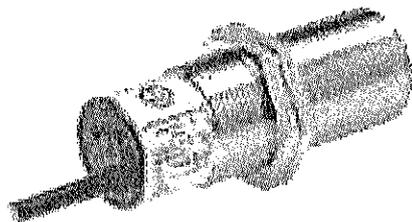
### Accesorios

- Cables con conector ..... página 5-1
- Soportes de montaje
- Tipo tubo indicador ..... página 4-22
- Anclajes para el sensor ... página 4-23

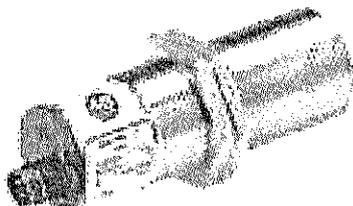
### Información general

- Tabla de conversión de medidas métricas/anglosajonas ..... página 11-1

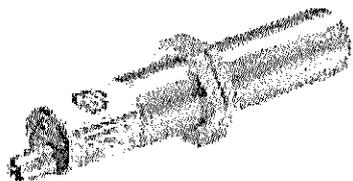
❶ Sólo modelos de CC.



875C tipo cable CC  
12, 18, 30 mm  
página 4-11



875C CC tipo conector  
Micro  
30 mm  
página 4-11



875C CC, tipo conector  
Pico  
12, 18 mm  
página 4-11



Especificaciones

|                                | 12 mm  | 18 mm     | 30 mm     |
|--------------------------------|--|-----------|-----------|
| Corriente de carga             | ≤ 200 mA   | ≤ 200 mA  | ≤ 400 mA  |
| Corriente de fuga              | 0.3 mA   | 0.1 mA    | 0.1 mA    |
| Tensión de trabajo             | 10-36 VCC  | 10-60 VCC | 10-60 VCC |
| Caída de tensión               | ≤ 2 V  | ≤ 2 V     | ≤ 3 V     |
| Repetibilidad                  | ≤ 10 %   |           |           |
| Histéresis                     | ≤ 20 %   |           |           |
| Prot. contra ruidos transit.   | Incorporado  |           |           |
| Prot. contra inv. de la polar. | Incorporado  |           |           |
| Prot. contra cortocircuitos    | Incorporado  |           |           |
| Prot. contra sobrecargas       | Incorporado  |           |           |
| Homologaciones                 | Marca CE para todas las directivas aplicables  |           |           |
| Envolvente                     | NEMA 12, IP65 (IEC 529)<br>Cilindro de latón niquelado   |           |           |
| Conexiones                     | Cable: 2 m de longitud<br>3 hilos PVC<br>Conector: Tipo Micro de 4 pines<br>Tipo Pico de 3 pines |           |           |
| Indicadores LED                | Verde: Alimentación<br>Amarillo: Salida  |           |           |
| Temperatura de operación       | -25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)   |           |           |

Factores de corrección

| Material específico     | Factor de corrección |
|-------------------------|----------------------|
| Aceite de soya          | 0.15                 |
| Aceite de terpenina     | 0.10                 |
| Aceite de transformador | 0.10                 |
| Acetona                 | 0.75                 |
| Agua                    | 1.0                  |
| Aire                    | 0.0                  |
| Alcohol                 | 0.85                 |
| Amoniaco                | 0.70 - 0.85          |
| Anilina                 | 0.40                 |
| Arena                   | 0.15 - 0.30          |
| Azúcar                  | 0.15                 |
| Azufre                  | 0.15                 |
| Baquelita               | 0.20                 |
| Barniz de silicón       | 0.15                 |
| Benceno                 | 0.10                 |
| Caliza de conchas       | <0.05                |
| Celuloide               | 0.15                 |
| Cemento en polvo        | 0.25                 |
| Cenizas                 | 0.05                 |
| Cereales                | 0.15 - 0.30          |
| Cloro líquido           | 0.10                 |
| Cristal de cuarzo       | 0.20                 |
| Dióxido de carbono      | 0.0                  |
| Ebonita                 | 0.15                 |
| Etanol                  | 0.85                 |
| Etilénglicol            | 0.93                 |
| Freón R22 y 502 (líq.)  | 0.35                 |
| Gasolina                | 0.10                 |
| Glicerina               | 0.98                 |
| Goma                    | 0.15 - 0.90          |
| Harina                  | 0.05                 |
| Laca                    | 0.15 - 0.25          |
| Leche en polvo          | 0.20                 |

Factores de corrección

| Material específico     | Factor de corrección |
|-------------------------|----------------------|
| Madera, seca            | 0.10 - 0.40          |
| Madera, verde           | 0.60 - 0.85          |
| Mármol                  | 0.50                 |
| Mica                    | 0.35                 |
| Nitrobenceno            | 0.93                 |
| Nylon                   | 0.20 - 0.30          |
| Panel de prensa         | 0.10 - 0.30          |
| Papel                   | 0.10                 |
| Papel satur. de aceite  | 0.25                 |
| Parafina                | 0.10                 |
| Perspex                 | 0.15                 |
| Petróleo                | 0.05                 |
| Poliacetal              | 0.20                 |
| Poliámida               | 0.30                 |
| Poliestireno            | 0.15                 |
| Poliétileno             | 0.10                 |
| Polipropileno           | 0.10                 |
| Porcelana               | 0.25 - 0.40          |
| Resina acrílica         | 0.10 - 0.25          |
| Resina de urea          | 0.30 - 0.45          |
| Resina epoxi            | 0.15 - 0.35          |
| Resina estireno         | 0.15                 |
| Resina fenólica         | 0.20 - 0.60          |
| Resina melamina         | 0.25 - 0.55          |
| Resina poliéster        | 0.15 - 0.50          |
| Resina PVC              | 0.15                 |
| Sal                     | 0.35                 |
| Soluciones acuosas      | 0.98 - 1.0           |
| Teflón                  | 0.10                 |
| Tetracloruro de carbono | 0.10                 |
| Tolueno                 | 0.10                 |
| Vaselina                | 0.10                 |
| Vidrio                  | 0.20 - 0.55          |

Características

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Operación por 3 hilos
- Conexión por 3 hilos, 3 patillas o 4 patillas
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protegidos contra cortocircuito, sobrecarga, inversión de la polaridad y ruidos transitorios
- Marca CE para todas las directivas aplicables



CIB-ESPOL

Guía de selección

| Diám. del cilindro y tipo | Distancia de detección nominal mm (pulgadas) | Blindado | Configuración de salida |                 | Frecuencia de conmutación (Hz) | Número de catálogo  |                 |                 |                |
|---------------------------|--|----------|-------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|
|                           |  |          |                         |                 |                                | Tipo cable          | Tipo Micro QD   | Tipo Pico QD    |                |
| Rosca de 12mm             | 0.04 (0.02) a 2 (0.08)                       | S        | N.A.                    | PNP             | 25                             | 875C-D2NP12-A2      | —               | —               |                |
|                           | 2 (0.08)                                     |          |                         |                 |                                | —                   | —               | 875C-D2NP12-P3  |                |
| 18 mm Rosca de            |  |          |                         |                 |                                | 1 (0.04) a 5 (0.20) | NPN             | 875C-D5NP18-A2  | —              |
|                           | N.C.   |          |                         |                 |                                |                     |                 | 875C-D5NN18-A2  | —              |
|                           |  |          |                         |                 |                                |                     | 875C-D5CP18-A2  | —               | 875C-D5CP18-P3 |
|                           |  |          |                         |                 |                                |                     | 875C-D5CN18-A2  | —               | 875C-D5CN18-P3 |
|                           |  |          | N.A.                    | 875C-D10NP30-A2 |                                |                     | 875C-D10NP30-D4 | —               |                |
|                           | 875C-D10NN30-A2                              |          |                         | 875C-D10NN30-D4 |                                |                     | —               |                 |                |
| 30 mm Rosca de            | 2 (0.08) a 10 (0.39)                         |          | N.C.                    | PNP             |                                | 875C-D10CP30-A2     | 875C-D10CP30-D4 | —               |                |
|                           |  |          |                         |                 |                                | NPN                 | 875C-D10CN30-A2 | 875C-D10CN30-D4 | —              |

Conjunto de cable QD estándar recomendado (-2 = 2 m (6.5 pies))

|             |             |
|-------------|-------------|
| 889D-F4AC-2 | 889P-F3AB-2 |
|-------------|-------------|

Conjuntos de cables QD y accesorios

| Descripción                           | Número de página |
|---------------------------------------|------------------|
| Soportes de montaje                   | 2-188 - 2-192    |
| Tuercas de montaje                    | 2-199 - 2-200    |
| Cajas de terminales                   | 5-19             |
| Otros conjuntos de cables disponibles | 5-25, 5-52       |

Dimensiones—mm (pulgadas)

Tipo cable

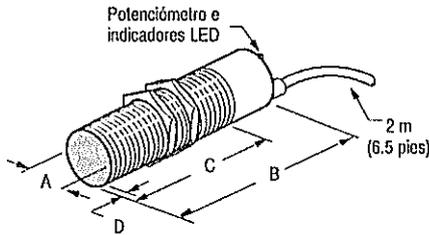
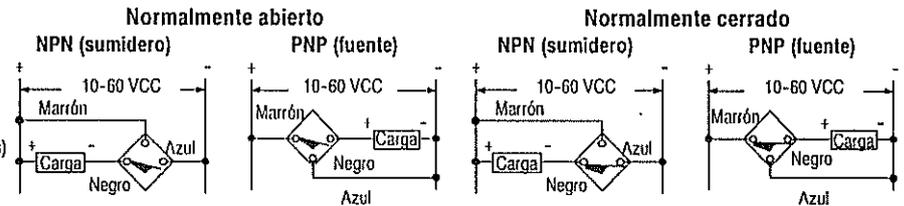


Diagrama de cableado



| Tamaño de la rosca | mm (pulgadas) |             |             |            |
|--------------------|---------------|-------------|-------------|------------|
|                    | A             | B           | C           | D          |
| M12 x 1            | 12.0 (0.47)   | 61.5 (2.42) | 40.5 (1.59) | 1.0 (0.04) |
| M18 x 1            | 18.0 (0.71)   | 82.0 (3.23) | 61.0 (2.40) | 1.0 (0.04) |
| M30 x 1.5          | 30.0 (1.18)   | 82.0 (3.23) | 61.0 (2.40) | 1.0 (0.04) |

**Sensores capacitivos de proximidad  
875C 3 hilos, CC**

Cara activa de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado

Dimensiones—mm (pulgadas)  
Tipo Micro QD

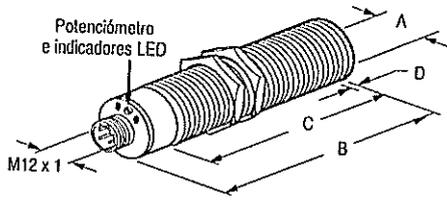
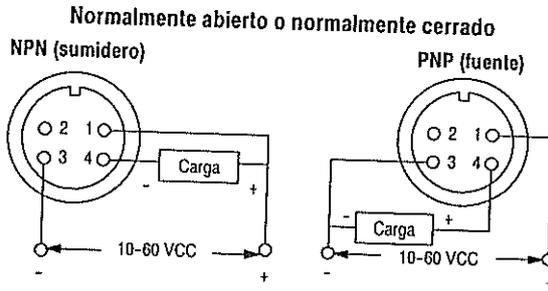
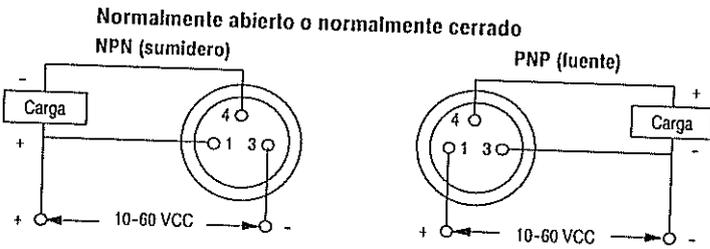
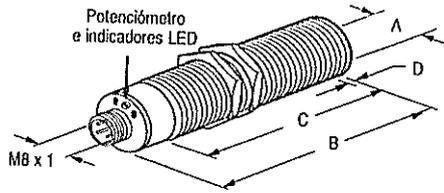


Diagrama de cableado



| Tamaño de la rosca | mm (pulgadas) |             |             |            |
|--------------------|---------------|-------------|-------------|------------|
|                    | A             | B           | C           | D          |
| M12 x 1.5          | 30.0 (1.18)   | 82.0 (3.23) | 61.0 (2.40) | 1.0 (0.04) |

Tipo Pico QD



| Tamaño de la rosca | mm (pulgadas) |             |             |            |
|--------------------|---------------|-------------|-------------|------------|
|                    | A             | B           | C           | D          |
| M12 x 1            | 12.0 (0.47)   | 63.5 (2.50) | 40.5 (1.59) | 1.0 (0.04) |
| M8 x 1             | 18.0 (0.71)   | 82.0 (3.23) | 61.0 (2.40) | 1.0 (0.04) |



CIB-ESPOL

# Anexo A

## 1.3

### Descripción de Motores

---

## DATOS DE PLACA DE LOS MOTORES DE LA PLANTA

### RUTA 1 SOTANO DE BOMBAS

| No. | Cedula. | Marca        | Potencia | Voltaje   | Corriente |
|-----|---------|--------------|----------|-----------|-----------|
| 1   | 75625   | BEN-NURNBERG | 9,5 KW   | 220/440 V | 19/10,5 A |

| Serie  | DESCRIPCION / UBICACIÓN  |
|--------|--|
| 621378 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladín 1. |

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |           |
|----------------------------|-----------|
| Potencia de salida         | 9,5 KW    |
| Voltaje                    | 440/220 V |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19 A |
| Velocidad                  | 1180 RPM  |
| Frecuencia                 | 60 HZ     |
| Factor de Potencia         | 0.76      |
| Eficiencia                 |           |
| Factor de servicio         |           |
| Frame                      | 180M      |

| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
|----------------------------|---------|
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |              |            |           |           |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|
| 2 | 75627 | BEN-NURNBERG | 4,6/9,5 KW | 220/440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|

|        |  |
|--------|--|
| 621376 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladín 2. |
|--------|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |              |
|----------------------------|--------------|
| Potencia de salida         | 4.6/9.5 KW   |
| Voltaje                    | 220/440 V    |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19 A    |
| Velocidad                  | 885/1180 RPM |
| Frecuencia                 | 60 HZ        |
| Factor de Potencia         | 0.76         |
| Eficiencia                 |              |
| Factor de servicio         |              |
| Frame                      | 180M         |

| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
|----------------------------|---------|
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |              |        |           |           |
|---|-------|--------------|--------|-----------|-----------|
| 3 | 75630 | BEN-NURNBERG | 9,5 KW | 220/440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|--------------|--------|-----------|-----------|

|        |  |
|--------|--|
| 621377 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladín 3. |
|--------|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |          |     |
|----------------------------|----------|-----|
| Potencia de salida         | 9,5      | KW  |
| Voltaje                    | 440/220  | V   |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19  | A   |
| Velocidad                  | 1180     | RPM |
| Frecuencia                 | 60       | HZ  |
| Factor de Potencia         | 0.7/0.76 |     |
| Eficiencia                 |          |     |
| Factor de servicio         |          |     |
| Frame                      | 180M     |     |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |              |            |           |           |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|
| 4 | 75632 | BEN-NURNBERG | 4,6/9,5 KW | 220/440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|

|        |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|
| 661746 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladín 4. |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |          |     |
|----------------------------|----------|-----|
| Potencia de salida         | 4.6/9.5  | KW  |
| Voltaje                    | 440      | V   |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19  | A   |
| Velocidad                  | 885/1180 | RPM |
| Frecuencia                 | 60       | HZ  |
| Factor de Potencia         | 0.7      |     |
| Eficiencia                 |          |     |
| Factor de servicio         |          |     |
| Frame                      | 132 S    |     |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |              |            |           |           |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|
| 5 | 75634 | BEN-NURNBERG | 4,6/9,5 KW | 220/440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|

|         |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|
| 2376043 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladín 5. |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |          |     |
|----------------------------|----------|-----|
| Potencia de salida         | 4.6/9.6  | KW  |
| Voltaje                    | 440      | V   |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19  | A   |
| Velocidad                  | 885/1180 | RPM |
| Frecuencia                 | 60       | HZ  |
| Factor de Potencia         | 0.7/0.76 |     |
| Eficiencia                 |          |     |
| Factor de servicio         |          |     |
| Frame                      | 180 M    |     |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |              |            |           |           |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|
| 6 | 75636 | BEN-NURNBERG | 4,6/9,5 KW | 220/440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|--------------|------------|-----------|-----------|

|        |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|
| 661745 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladin 6. |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |              |
|----------------------------|--------------|
| Potencia de salida         | 4.6/9.5 KW   |
| Voltaje                    | 440 V        |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19 A    |
| Velocidad                  | 885/1180 RPM |
| Frecuencia                 | 60 HZ        |
| Factor de Potencia         | 0.7/0.76     |
| Eficiencia                 |              |
| Factor de servicio         |              |
| Frame                      | 180 M        |

| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
|----------------------------|---------|
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |               |            |           |           |
|---|-------|---------------|------------|-----------|-----------|
| 7 | 75638 | BEN- NURNBERG | 4,6/9,5 KW | 254/440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|---------------|------------|-----------|-----------|

|        |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|
| 661744 | Motor eléctrico que acciona ventilador centrifugo entrada Saladin 7. |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |              |
|----------------------------|--------------|
| Potencia de salida         | 4.6/9.5 KW   |
| Voltaje                    | 440/254 V    |
| Corriente a plena carga    | 10.5/19 A    |
| Velocidad                  | 885/1180 RPM |
| Frecuencia                 | 60 HZ        |
| Factor de Potencia         | 0.7/0.76     |
| Eficiencia                 |              |
| Factor de servicio         |              |
| Frame                      | 180 M        |

| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
|----------------------------|---------|
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |



**RUTA 2  
MOTORES DE LOS SALADINES.**

**CIB-ESPOL**

|   |       |       |      |           |             |
|---|-------|-------|------|-----------|-------------|
| 8 | 90622 | DEMAG | 6 KW | 250/440 V | 21,5/12,4 A |
|---|-------|-------|------|-----------|-------------|

|        |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|
| 333446 | Motor principal del removedor del saladin No 1 |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |             |
|----------------------------|-------------|
| Potencia de salida         | 6 KW        |
| Voltaje                    | 250/440 V   |
| Corriente a plena carga    | 21.5/12.4 A |
| Velocidad                  | 1720 RPM    |
| Frecuencia                 | 60 HZ       |
| Factor de Potencia         | 0.79        |
| Eficiencia                 |             |
| Factor de servicio         |             |
| Frame                      | 24K / 14    |

| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
|----------------------------|---------|
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|   |       |     |            |       |           |
|---|-------|-----|------------|-------|-----------|
| 9 | 90621 | HEW | 7,9/9,6 KW | 440 V | 19/10,5 A |
|---|-------|-----|------------|-------|-----------|

|        |   |  |  |  |  |
|--------|---|--|--|--|--|
| 437347 | Motor que mueve helicoidales del saladin No 1 |  |  |  |  |
|--------|---|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |               |
|----------------------------|---------------|
| Potencia de salida         | 7.9/9.6 KW    |
| Voltaje                    | 440 V         |
| Corriente a plena carga    | 15.2/21 A     |
| Velocidad                  | 1750/3500 RPM |
| Frecuencia                 | 60 HZ         |
| Factor de Potencia         | 0.83/0.8      |
| Eficiencia                 |               |
| Factor de servicio         |               |
| Frame                      | 132M          |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|    |       |       |      |           |        |
|----|-------|-------|------|-----------|--------|
| 10 | 90623 | DEMAG | 6 KW | 250/440 V | 21,5 A |
|----|-------|-------|------|-----------|--------|

|         |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|
| 2376042 | Motor principal del removedor del saladin No 2 |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |             |
|----------------------------|-------------|
| Potencia de salida         | 6 KW        |
| Voltaje                    | 440/250 V   |
| Corriente a plena carga    | 12.4/21.5 A |
| Velocidad                  | 1702 RPM    |
| Frecuencia                 | 60 HZ       |
| Factor de Potencia         | 0.79        |
| Eficiencia                 |             |
| Factor de servicio         |             |
| Frame                      | 24K         |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

|    |       |     |            |       |         |
|----|-------|-----|------------|-------|---------|
| 11 | 90648 | HEW | 7,9/9,6 KW | 440 V | 15/21 A |
|----|-------|-----|------------|-------|---------|

|  |   |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|
|  | Motor que mueve helicoidales del saladin No 2 |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|

| CARACTERISTICAS ELECTRICAS |               |
|----------------------------|---------------|
| Potencia de salida         | 7,9/9,6 KW    |
| Voltaje                    | 440 V         |
| Corriente a plena carga    | 15,2/21 A     |
| Velocidad                  | 1750/3500 RPM |
| Frecuencia                 | 60 HZ         |
| Factor de Potencia         | 0,83          |
| Eficiencia                 |               |
| Factor de servicio         |               |
| Frame                      | RF132M /4-2   |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| COMPONENTES DEL ARRANCADOR |         |
| TIPO DE ARRANQUE           | DIRECTO |
| BREAKER                    |         |
| CONTACTOR                  |         |
| TERMICO                    |         |

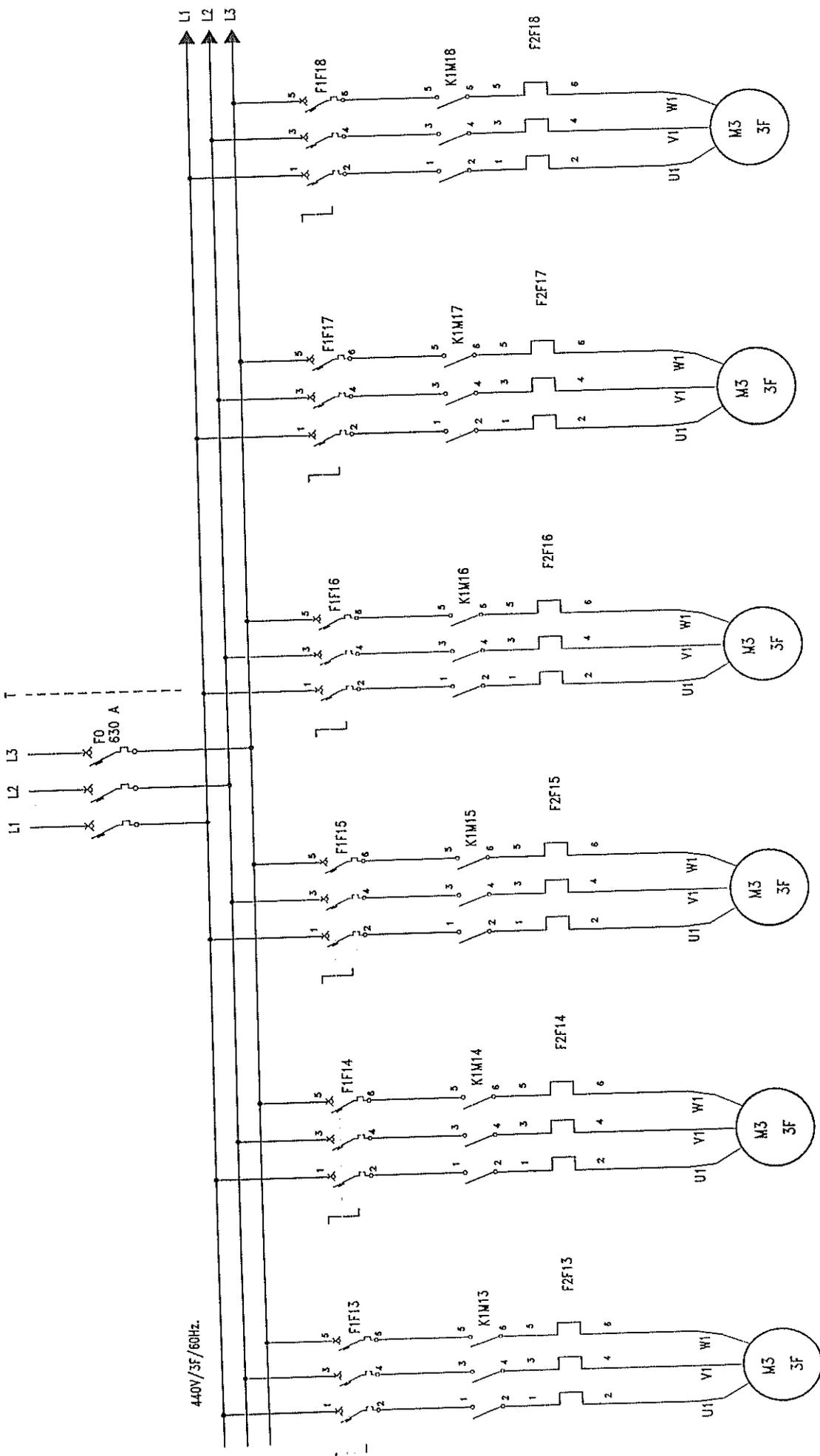
# Anexo A

## 1.4

### Tipos de Arranque de los Motores



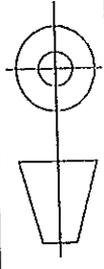
CIB-ESPOL

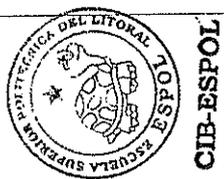
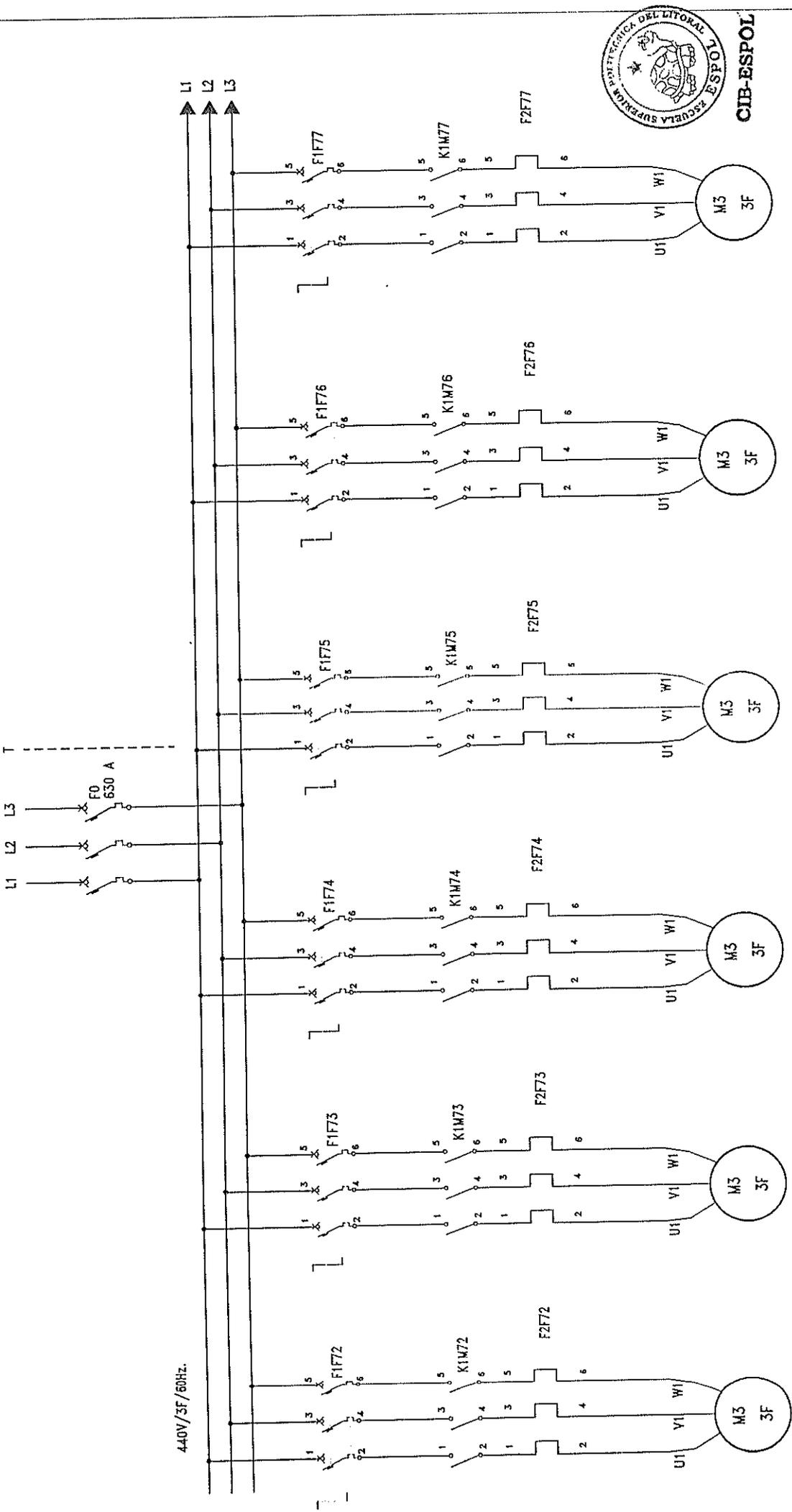


|  |   |   |   |  |
|--|---|---|---|--|
| <p>Motor sin fin de malta<br/>hacia la tolva de malta<br/>caliente<br/>Cédula:90611<br/>4 Kw</p> | <p>Motor del sinfin de malta<br/>hacia la tolva de malta caliente<br/>Cédula:90615<br/>1.1 Kw</p> | <p>Motor transportador de cebada<br/>Cédula:90612<br/>7.46 Kw</p> | <p>Motor de la desgerminadora<br/>de granos<br/>Cédula:90606<br/>5.5 Kw</p> | <p>Motor de la desgerminadora<br/>de malta caliente<br/>Cédula: 90649<br/>5.4 Kw</p> |
|--|---|---|---|--|

Contiene:

## DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA





Motor reductor principal de polvo  
 Cédula: 15685  
 1.1 Kw

Motor del ciclon de polvo principal  
 Cédula: 15686  
 1.1 Kw

Motor transportador de raicilla  
 Cédula: 15689  
 7.46 Kw

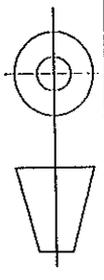
Motor transportador de ciclon #1  
 Cédula: 15690  
 5.5 Kw

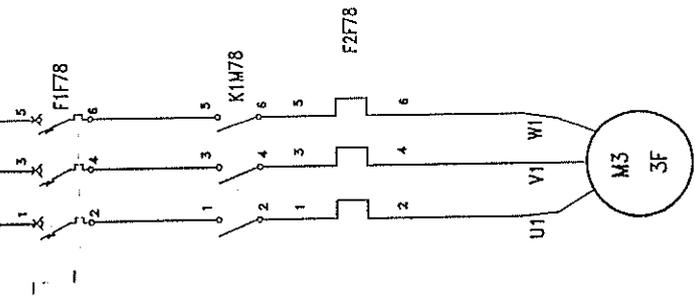
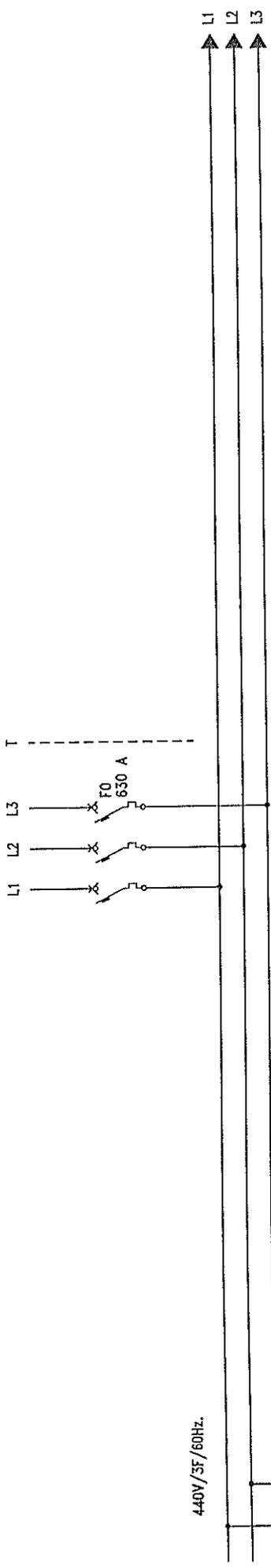
Motor transportador de ciclon #2  
 Cédula: 15691  
 5.5 Kw

Motor reductor de polvo #1  
 Cédula: 90649  
 5.4 Kw

Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA



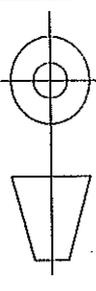


Motor reduccion  
#2 polvo #2

Cedula: 15693  
4 Kw

Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA



No. Plano: 24

1. 6 DISEÑO DE PANTALLAS  
FIGURA 2.26 VISTA PANORAMICA DE LA PLANTA

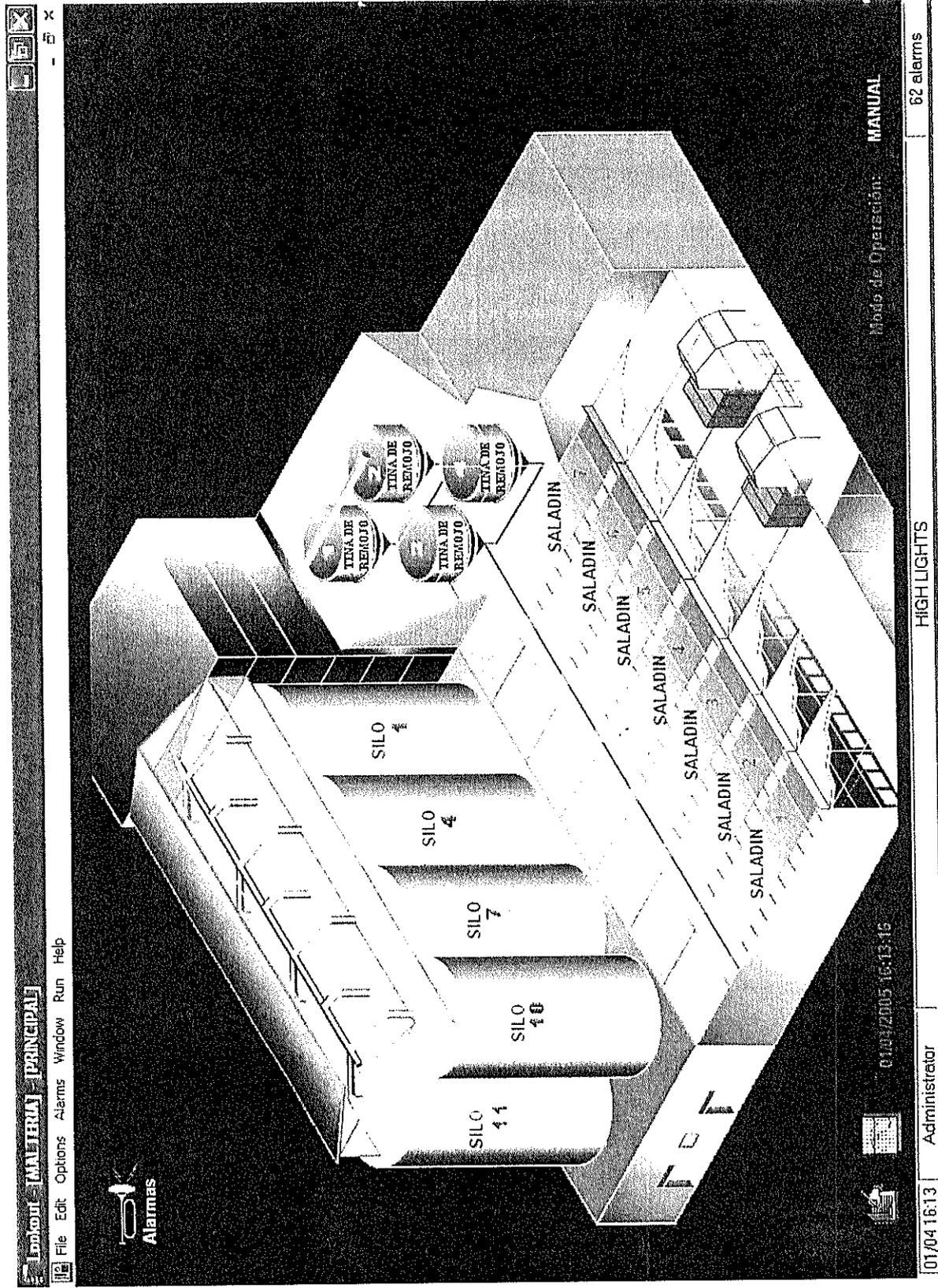


FIGURA 2.27 PANTALLA DE NAVEGACION

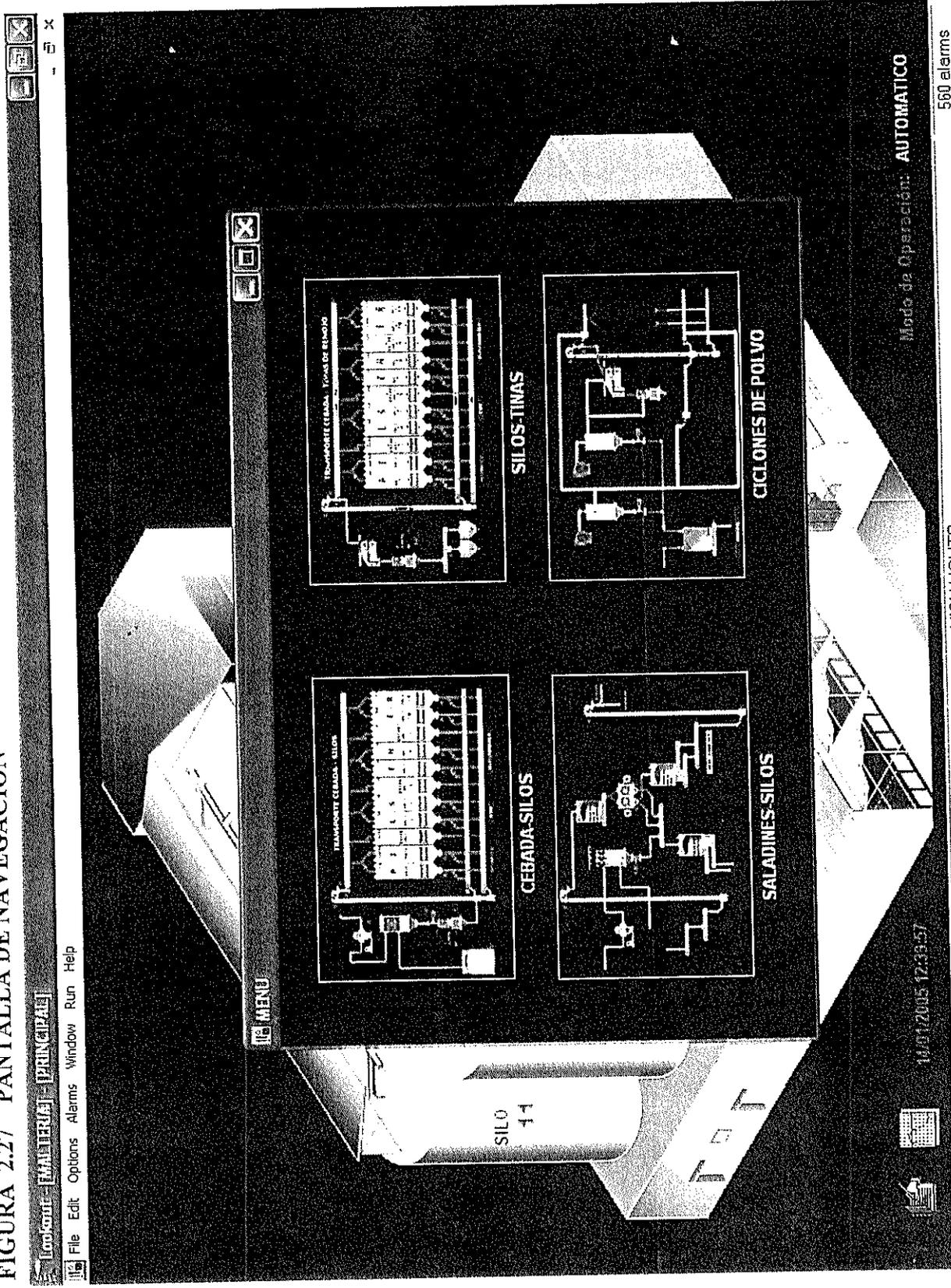


FIGURA 2.28 PANTALLA DE TRANSPORTE DE CEBADA A SILOS

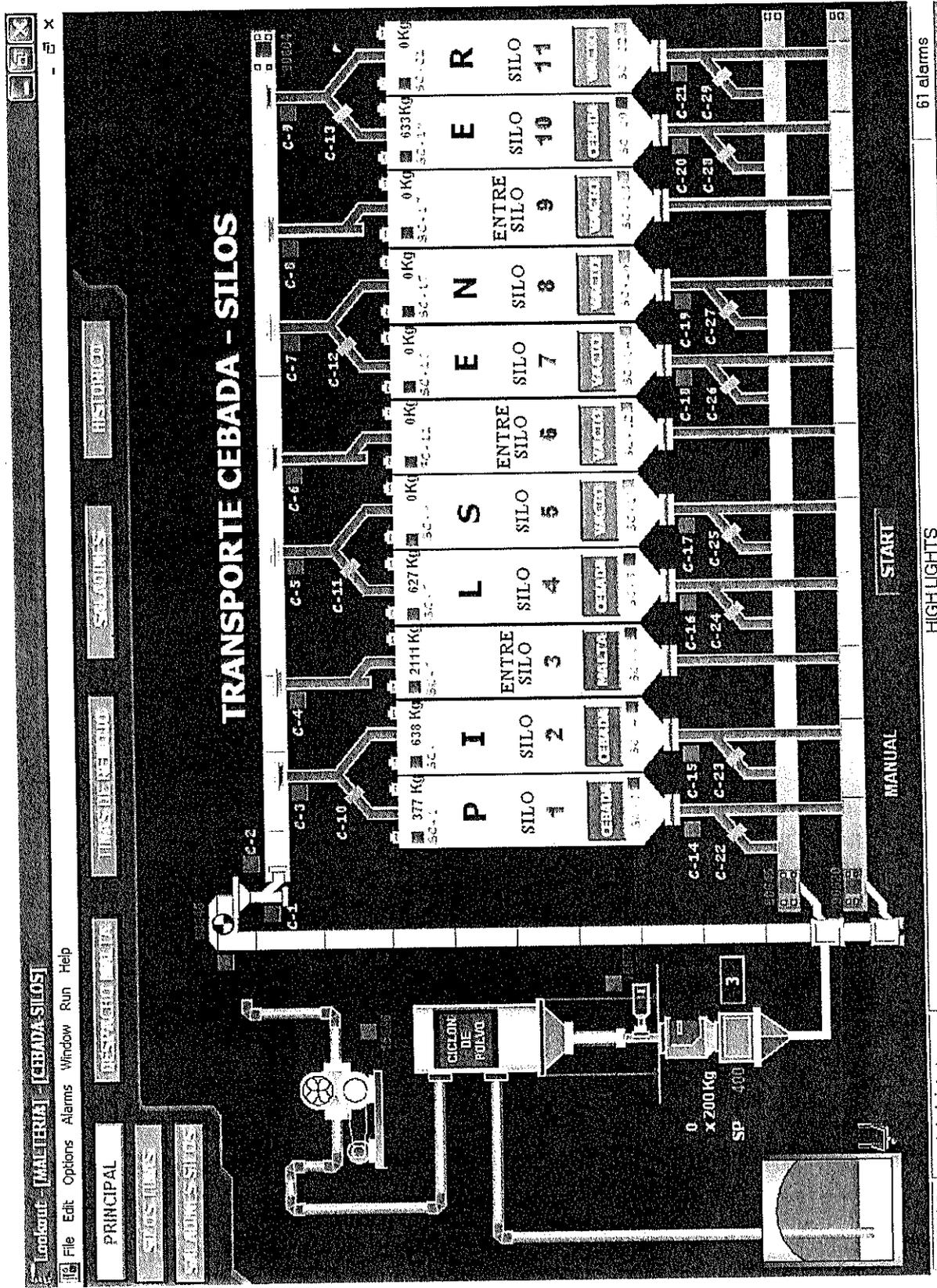


FIGURA 2.29 PANTALLA DE TRANSPORTE DE CEBADA A TINAS DE REMOJO

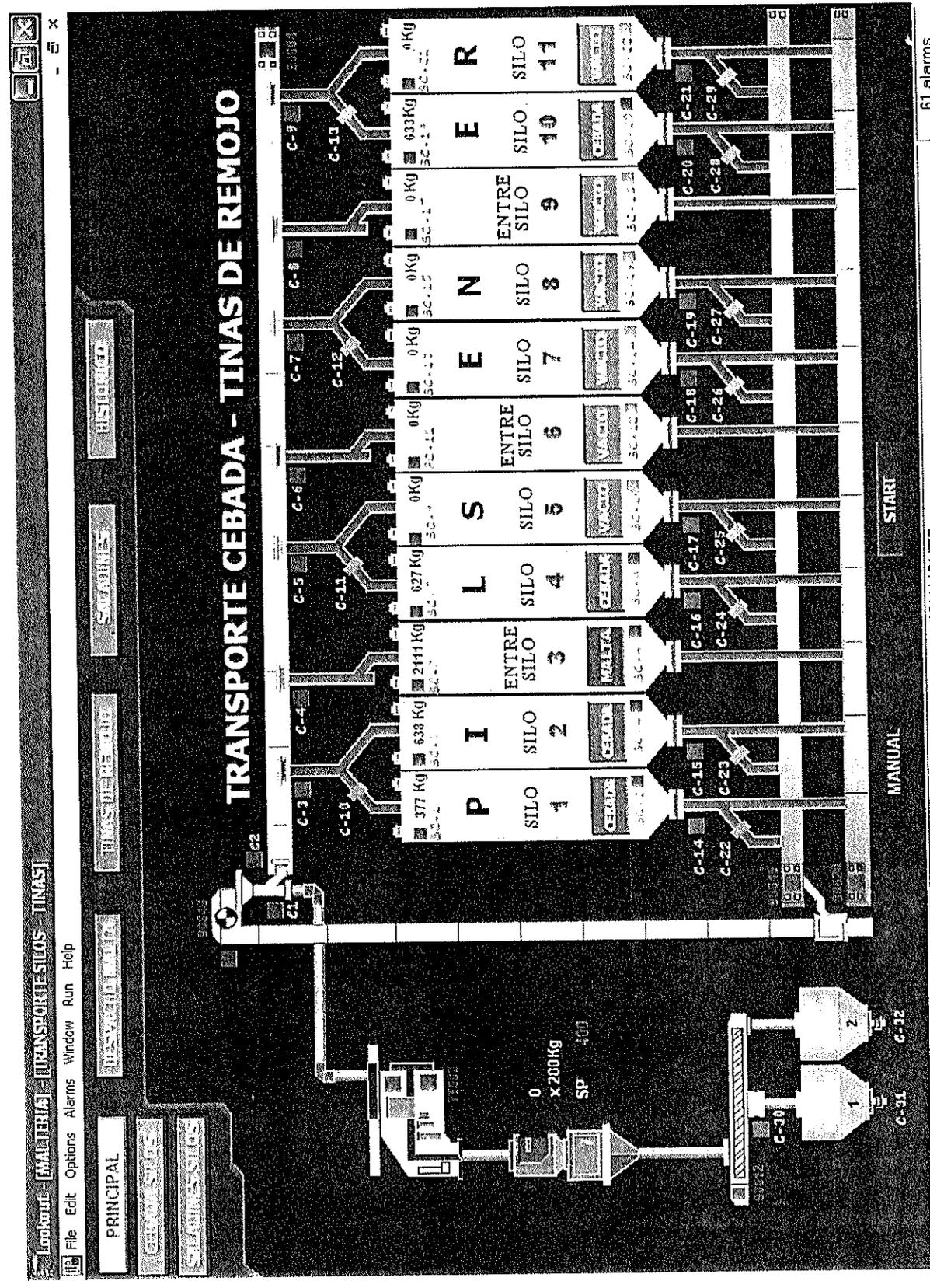


FIGURA 2.23 PANTALLA TINAS DE REMOJO

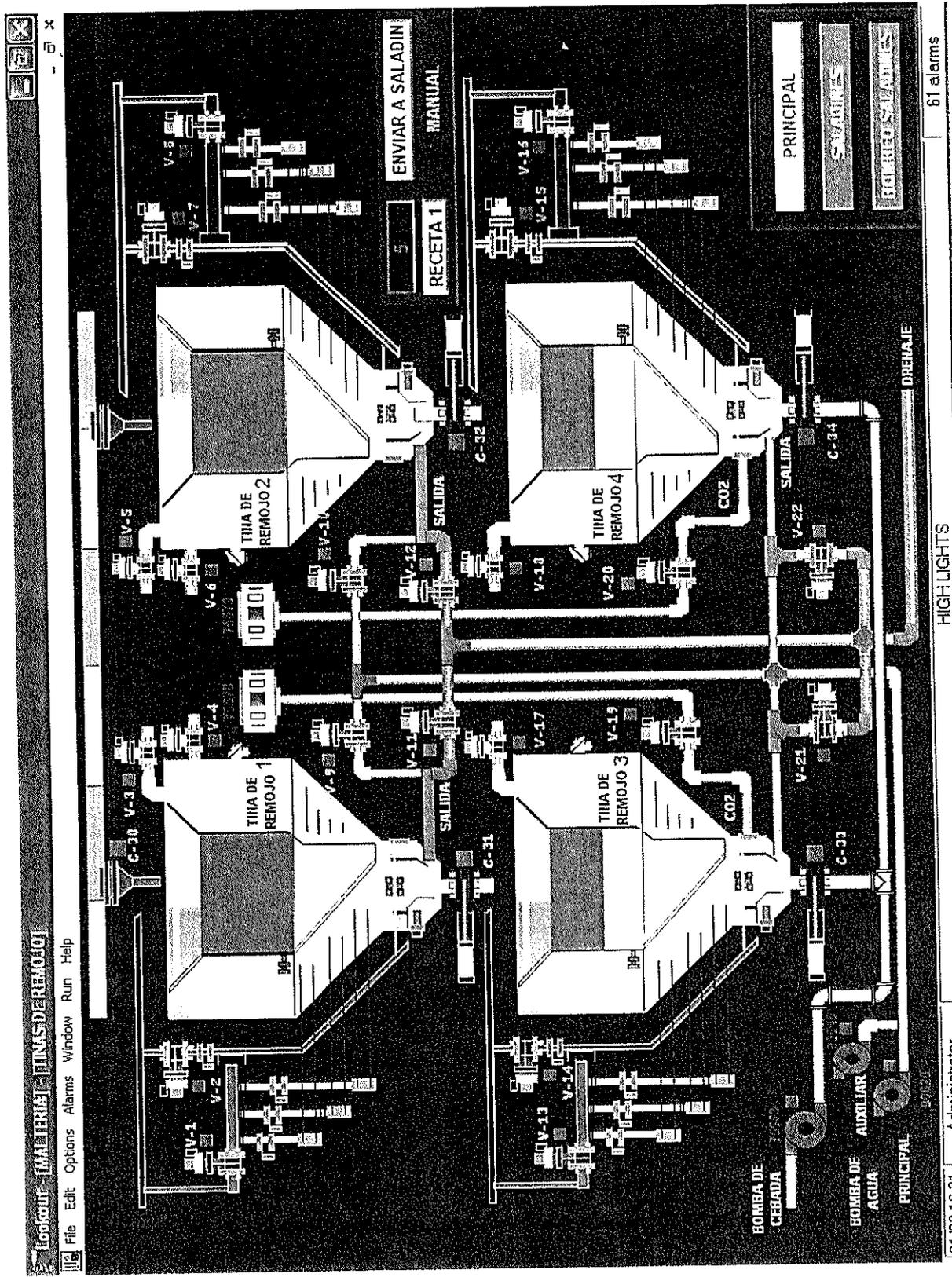


FIGURA 2.24 PANTALLA DE SALADINES

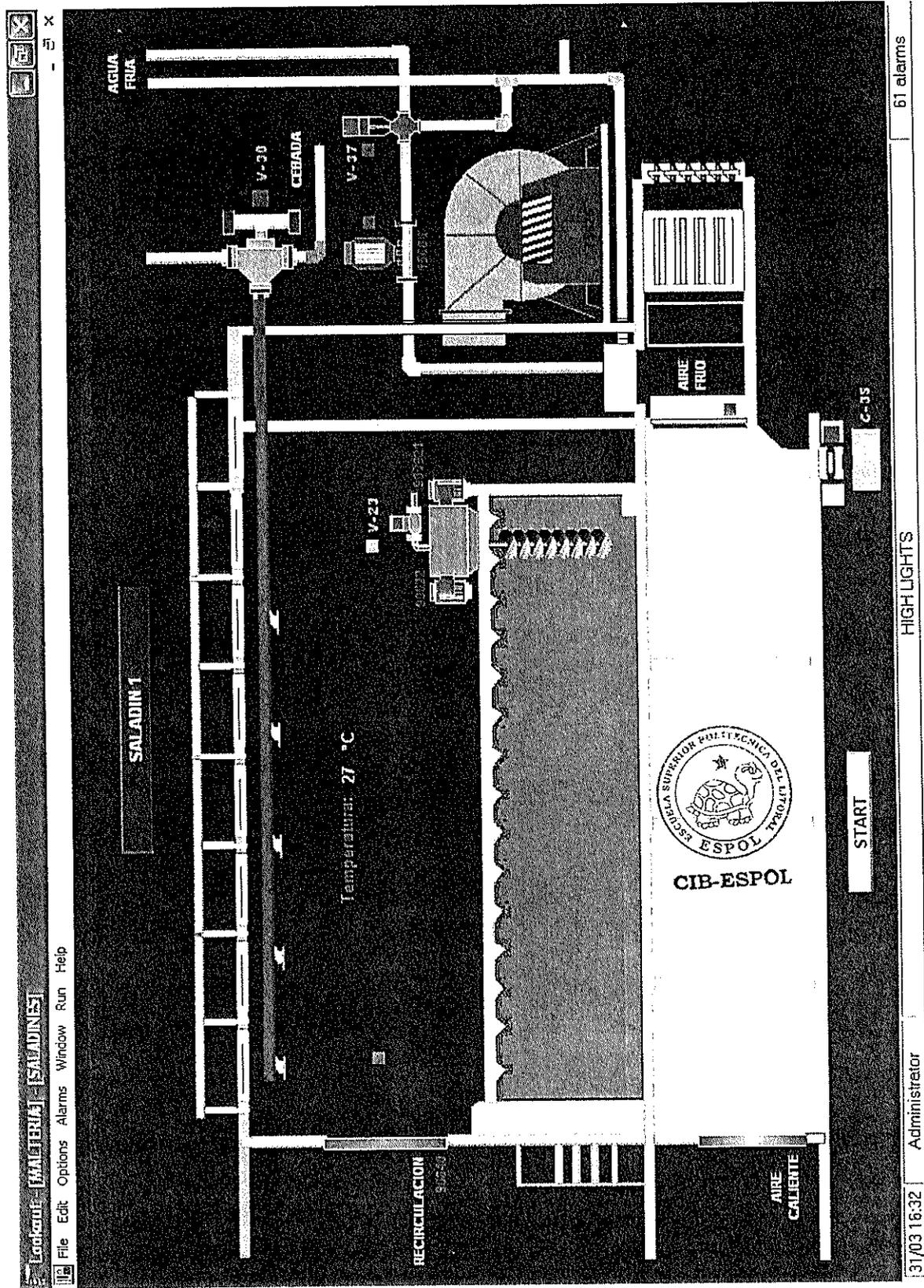


FIGURA 2. 25 PANTALLA DE VISUALIZACION DE LOS 7 SALADINES

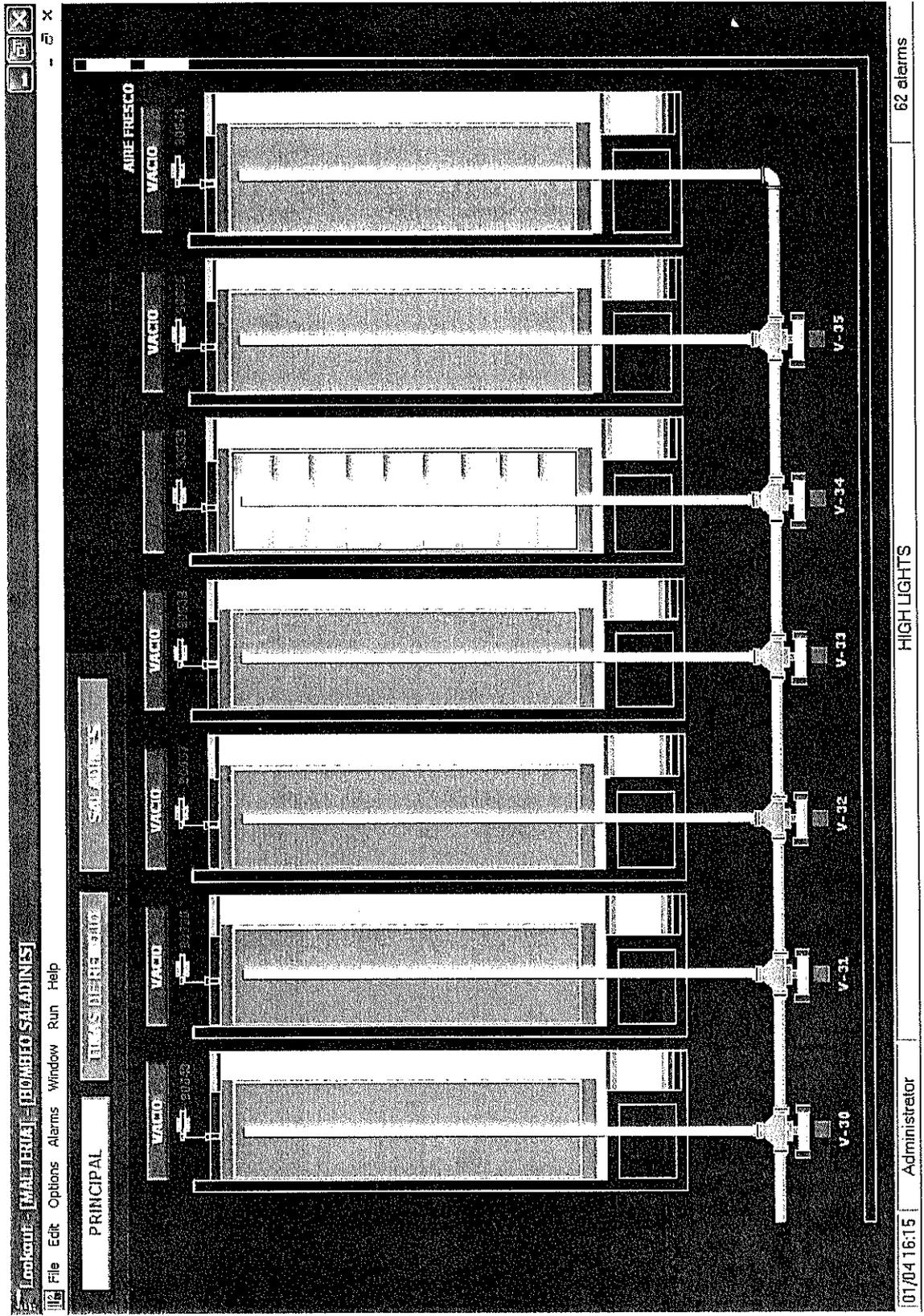


FIGURA 2.26 PANTALLA DE TRANSPORTE DE MALTA HACIA LOS SILOS DE ALMACENAMIENTO

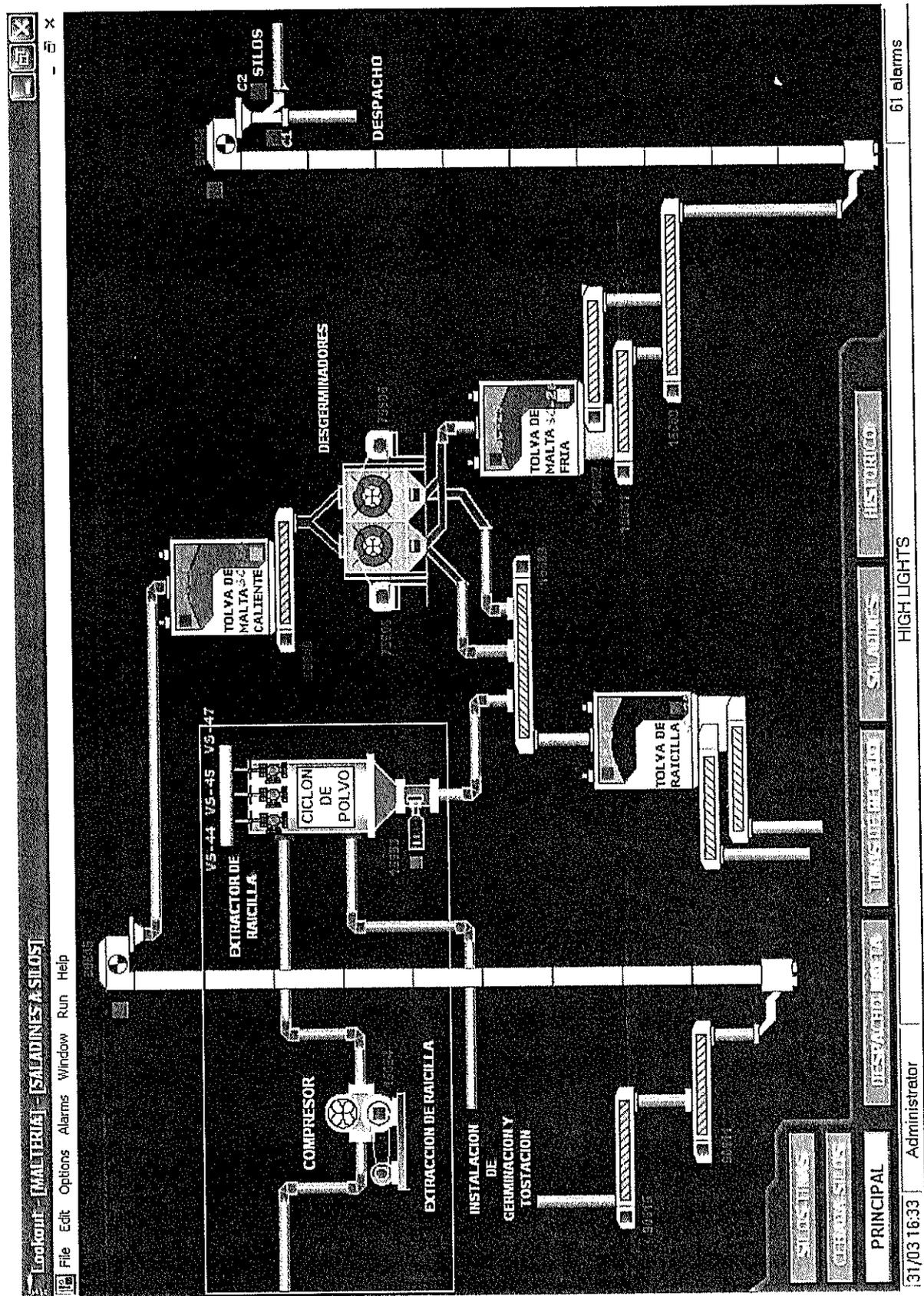


FIGURA 2.22 PANTALLA DE CAPTACIÓN DE POLVO CICLONES DE POLVO

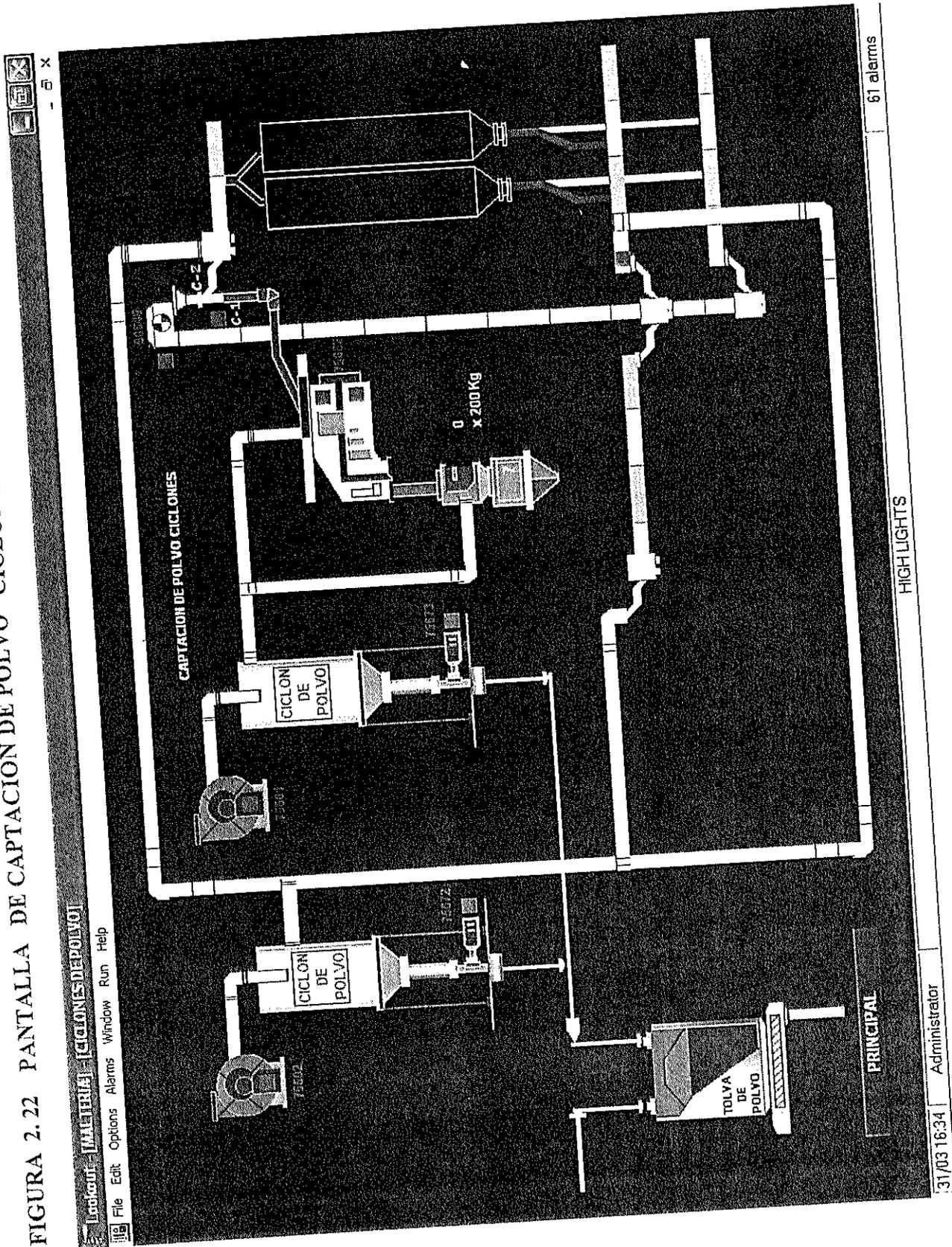
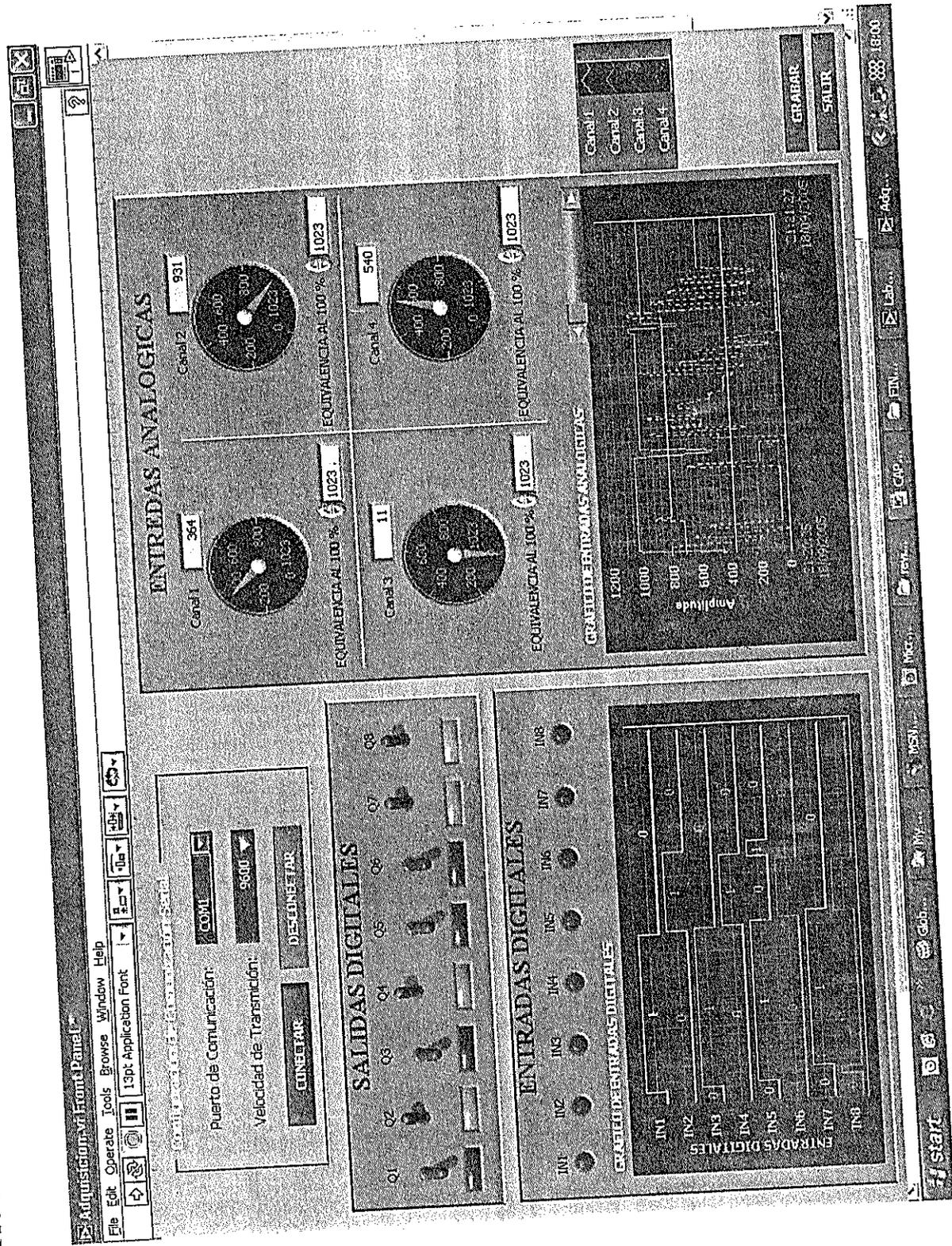


FIGURA 3.19B Pantalla de visualización de la Aplicación realizada en LABVIEW



# Anexo A

## 1.7

### Manual de Usuario



CIB-ESPOL

## 1.7 MANUAL DE USUARIO

### PROYECTO DE AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE MANEJO DE GRANO DE INDUSTRIA CERVECERA

#### INTRODUCCION

Este manual tiene por objetivo informar y enseñar la manera de operar la interfase hombre maquina del proyecto de AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE GRANOS, el cual fue desarrollado sobre el programa de supervisión, control y adquisición de datos LOOKOUT 5.1 DE NATIONAL INSTRUMENTS.

El software LOOKOUT 5.1 tiene dos ambientes de trabajo conocidos como:

- Edit mode
- Run mode

El **edit mode** es el ambiente requerido para realizar el desarrollo de ingeniería de la interfase hombre maquina, 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 **run mode** es el ambiente para ejecutar o correr la aplicación desarrollada en el **edit mode** y es el ambiente nativo de trabajo para cualquier persona encargada del sistema.

#### REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

##### Hardware y software requeridos

- Procesador: cualquier clase de Pentium
- Mínimo 32 MB de RAM
- 65MB de espacio libre en el disco mas 100MB para la base de datos de los históricos
- Sistema operativo Windows 2000/NT/XP para tener una optima estabilidad
- Monitor mínimo de 800\*600 píxeles.
- Puertos: serial , paralelo y USB.
- Periféricos: teclado y Mouse.
- CD ROM
- NIC 10/100

## CONVENCIONES USADAS EN EL SISTEMA

Las ventanas desarrolladas para la visualización del proceso proporcionan información en tiempo real de todas las variables y equipo del sistema. Para que esta información se presente de manera amigable y sea fácilmente comprensible para el operador se ha hecho uso de ciertos colores y/o gráficos especiales que están asociados con variables medidas y con el estado de operación de los equipos.

El color  rojo se usa en este caso para indicar lo siguiente:

- Un motor ,bomba ,compresor y válvula están desactivados
- Switch de nivel de tanque esta desactivado (nivel bajo)

El color  verde se usa en este caso para indicar lo siguiente:

- Un motor ,bomba ,compresor y válvula que están activados
- Switch de nivel de tolva o silo esta activado (nivel bajo)

**Valores numéricos:** Indicarán las unidades de ingeniería de variables del proceso

## EQUIPOS E INSTRUMENTACION DEL PROCESO

### SILOS:

- Silo 1
- Silo 2
- Silo 4
- Silo 5
- Silo 7
- Silo 8
- Silo 10
- Silo 11



**CIB-ESPOL**

### ENTRE SILOS:

- Entre silo 3
- Entre silo 6
- Entre silo 9

### TOLVAS:

- Tolva de recepción de grano
- Tolva de salida de raicilla
- Tolva de enfriamiento de malta

- Tolva de despacho de malta

#### **TRANSPORTADORES:**

- 2 transportadores de tipo paleta
- 2 transportadores de tipo paleta

#### **CANGUILONES:**

- Canguilon de cebada
- Canguilon de malta
- Canguilon de malta caliente

#### **EQUIPOS VARIOS:**

- 3 balanzas
- 1 desgerminador
- 1 zaranda

#### **BOMBAS Y MOTORES :**

- Motor compresor de succión.
- Motor reductor de exclusiva de polvo en recepción de cebada.
- Motor compresor de aire en recepción de cebada.
- 2 motores transportadores de paleta inferior.
- Motor elevador de cangilones en recepción de cebada.
- 1 motores transportadores de paleta superior.
- 2 motores de zaranda.
- 1 motor reductores sin fin de cebada.
- 1 motor de cebada en los tinas.
- 2 Motores bomba de agua en los tinas.
- 2 motores de extracción de CO<sub>2</sub> en los tinas.
- 14 motores que dan movimiento al carro en los paladines.
- 7 motores de bomba de agua en los paladines.
- 9 motor reductores sin fin de malta en el transporte de malta.
- Motor reductor de exclusiva de polvo en el transporte de malta.
- 1 motor de extracción de raicilla en el transporte de malta.
- Motor elevador de cangilones en el transporte de malta.
- 2 Motor reductor de exclusiva de polvo en recepción de cebada.
- 2 Motor compresor de aire en recepción de cebada.

#### **COMPUERTAS**

- 8 compuertas del transportador de paleta superior hacia la recepción de los silos.
- 11 compuertas del transportador de paleta superior hacia la recepción de los silos.
- 2 compuertas de descarga de las tinas 1 y 2.
- 2 compuertas de descarga de las tinas 3 y 4.
- 7 compuertas de aire caliente de cada saladin.
- 7 compuertas de recirculación de aire de cada saladin.

### **VALVULAS:**

- 4 válvulas simples de carga a los silos.
- 1 válvulas simples de carga a las tinas.
- 2 válvulas de aire de la tina #1.
- 1 válvula de soda de la tina #1.
- 1 válvula de limpieza de agua de la tina #1.
- 2 válvulas de aire de la tina #2.
- 1 válvula de soda de la tina #2.
- 1 válvula de limpieza de agua de la tina #2.
- 2 válvulas de aire de la tina #3.
- 1 válvula de limpieza de agua de la tina #3.
- 2 válvulas de aire de la tina #4.
- 1 válvula de limpieza de agua de la tina #4.
- 2 válvulas de descarga de tinas superiores.
- 2 válvulas de descarga de tinas inferiores.
- 2 válvulas de agua de tinas superiores.
- 7 válvulas solenoide de cada saladin.
- 7 compuertas de descarga de saladin.
- 7 compuertas de aire frío.
- 7 válvulas reguladoras de agua.



**CIB-ESPOL**

### **SENSORES DE NIVEL**

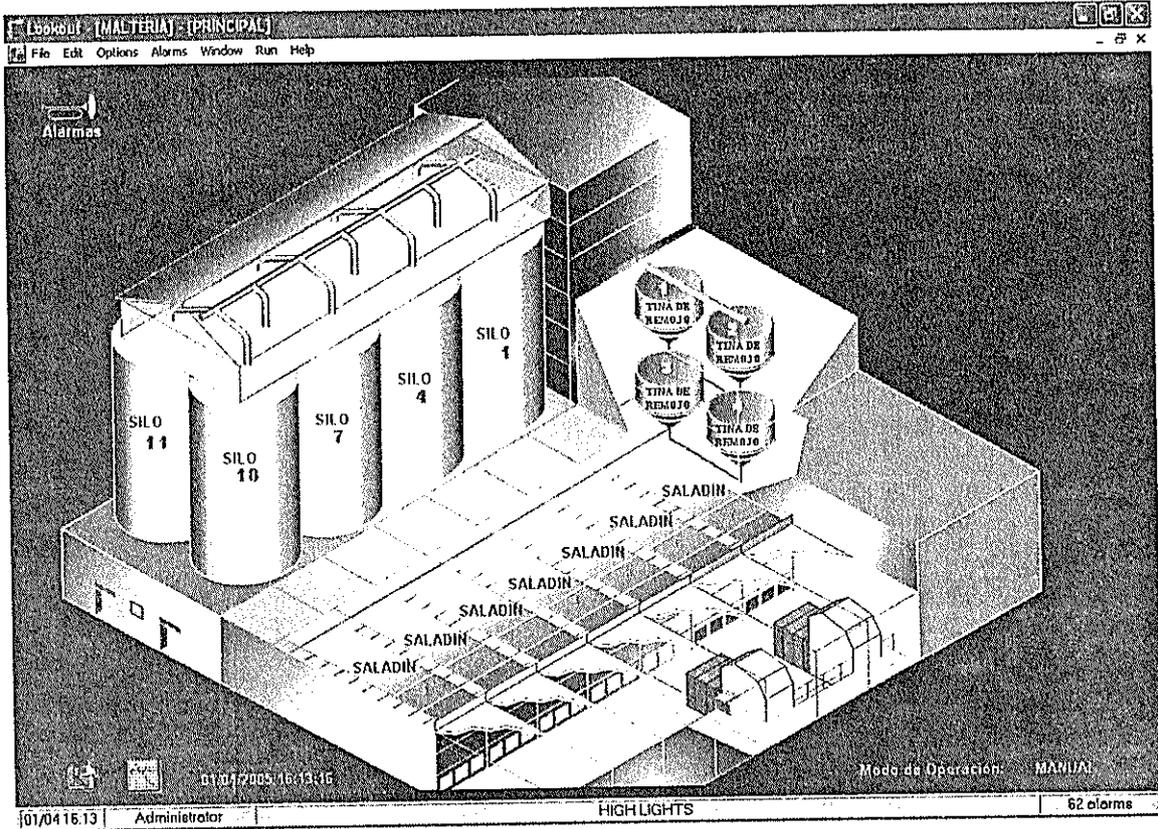
- 11 sensores de nivel alto tipo capacitivo
- 11 sensores de nivel bajo tipo capacitivo

### **OPERACIÓN Y EJECUCION DEL SISTEMA**

Para comenzar a operar el sistema debe de encenderse la computadora principal en donde se encuentra cargada la aplicación y esta le debe de dar arranque al servidor de comunicaciones siempre y cuando el PLC se le haya cargado la aplicación correspondiente y se lo haya dejado en offline al mismo.

## INTERFACE HOMBRE MAQUINA

La primera pantalla que visualiza la persona encargada del sistema va a ser la pantalla PRINCIPAL DE MALTERIA la cual se la muestra a continuación:



**FIGURA 2.26 VISTA PANORAMICA DE LA PLANTA**

Con esta pantalla el operador tendrá una visión general de todas las áreas que se pueden supervisar desde la maquina principal de control y a las cuales se le puede acceder por medio del Mouse moviéndose y posicionándose sobre el área que desea acceder. Cada vez que el Mouse se posicione sobre un área en particular aparece un recuadro que resalta, si se desea ingresar a dicha área, entonces es necesario presionar el botón izquierdo de Mouse para conseguirlo.

En el caso de que se desee acceder a la pantalla CEBADA-SILOS, SILOS-TINAS, SALADINES-SILOS Y CCLONES DE POLVO entonces es necesario presionar el botón izquierdo de Mouse sobre cualquier silo de la pantalla principal. Al presionar este icono se mostrara una ventana que contiene varias subventanas, se debe presionar el botón izquierdo del Mouse a cualquiera de estas subventanas.

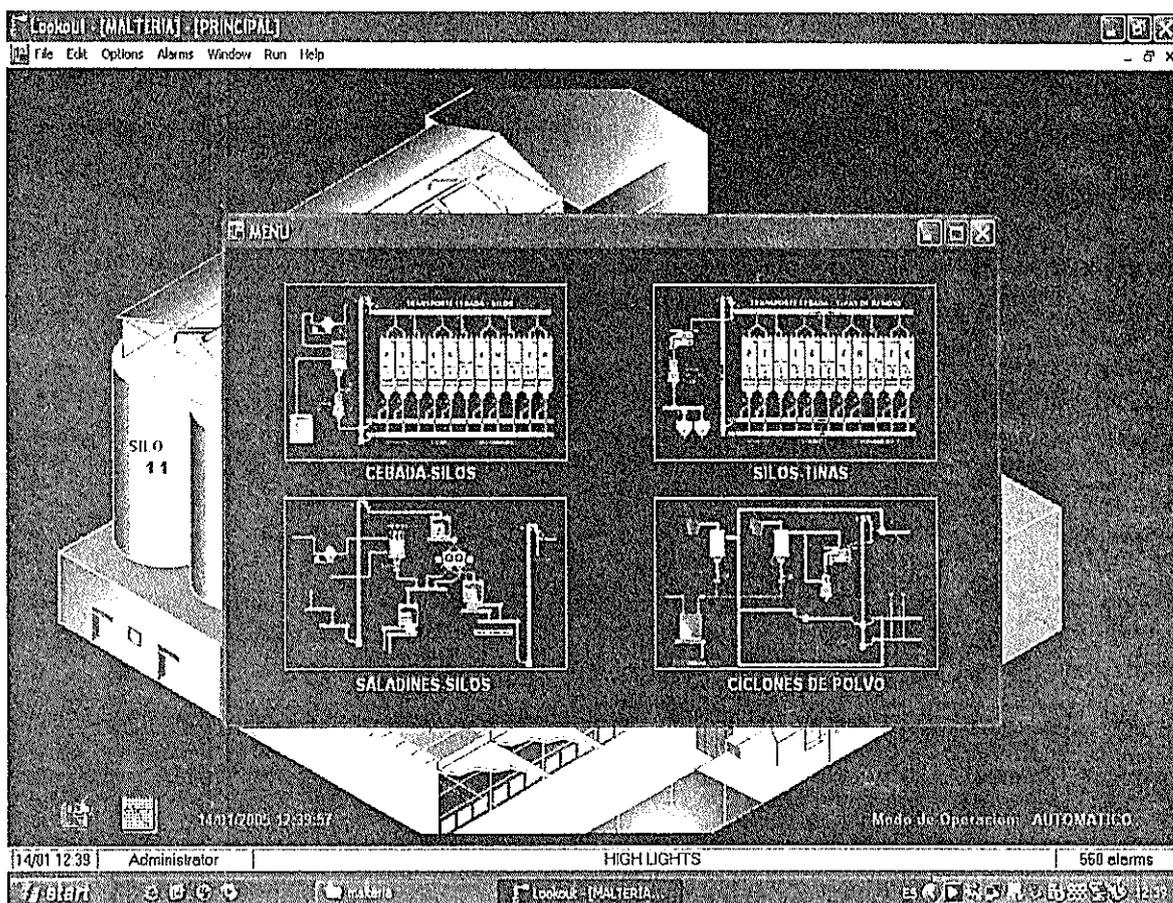


FIGURA 2.27 PANTALLA DE NAVEGACION

Para dirigirnos a la ventana principal de transporte de **CEBADA SILOS** se lo puede realizar de desde tres formas diferentes que son:

- Desde la pantalla **PRINCIPAL**
- Desde la pantalla de **DESPACHO DE MALTA**
- Desde la pantalla de **SALADINES A SILOS**



**CIB-ESPOL**

En la pantalla de **HISTORICOS, SALADINES, TINAS DE REMOJO, BOMBEO DE SALADINES, CICLONES DE POLVO** y **CARGAR RECETAS A SALADINES** se puede acceder a la pantalla principal por medio de un icono que dice **PRINCIPAL** la cual nos accede

a dicha pantalla , mientras que en la pantalla PRINCIPAL y desde hay se requiere posicionar el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre **CEBADA SILOS** y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente Ventana:

### Monitoreo del Proceso de Transporte de Cebada desde las tolvas de recepción a los silos

En esta ventana comienza el manejo de granos desde la tolva de recepción de cebada a los silos de recepción.

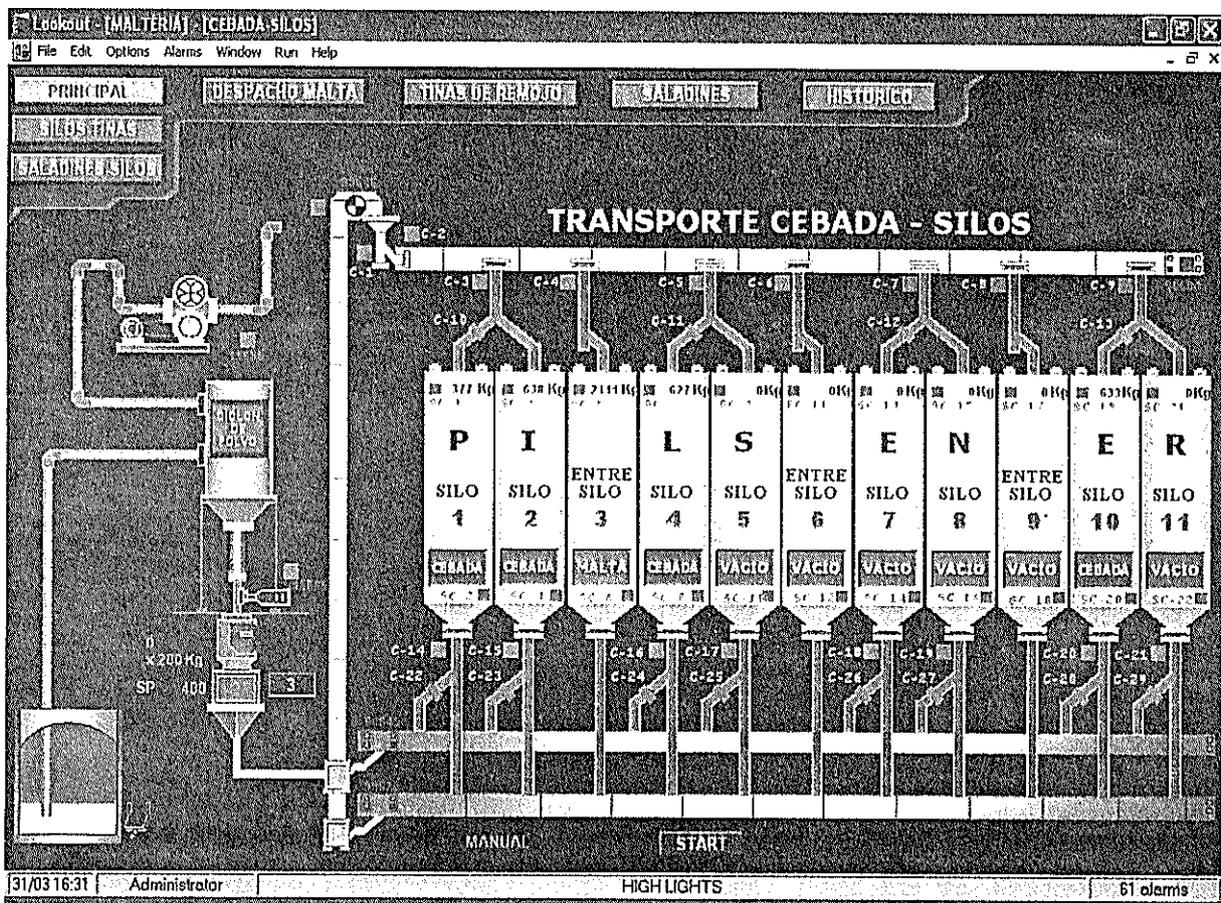


FIGURA 2.28 PANTALLA DE TRANSPORTE DE CEBADA A SILOS

#### MANEJO DE LA PANTALLA: TRANSPORTE DE CEBADA A SILOS

- I. Seleccionar silos de almacenamiento de cebada: presionando el botón izquierdo en el icono que dice **SELECCIONAR SILO** y ahí se pone el numero de silo escogido pudiendo escoger cualquier silo doble y cámbiele la etiqueta con el botón izquierdo del Mouse de vacío a cebada.

- II. Por medio del SP que se encuentra junto a la balanza de cebada se ingresa la cantidad deseada.
- III. Una vez escogido el silo y seteado el SP: haciendo clic izquierdo sobre el botón **START** entonces se empieza el desarrollo del proceso que consiste en la siguiente secuencia:
- Verificación de compuertas de descarga de los silos cerrada.
  - Válvula simple de cebada de ingreso de cebada a silo
  - Válvula simple de cebada de las paletas superiores
  - Motor transportador de paletas superior.
  - Motor elevador de canguilones.
  - Motor reductor del ciclón de polvo de recepción.
  - Motor Compresor.

IV. La secuencia de apagado es en el sentido contrario

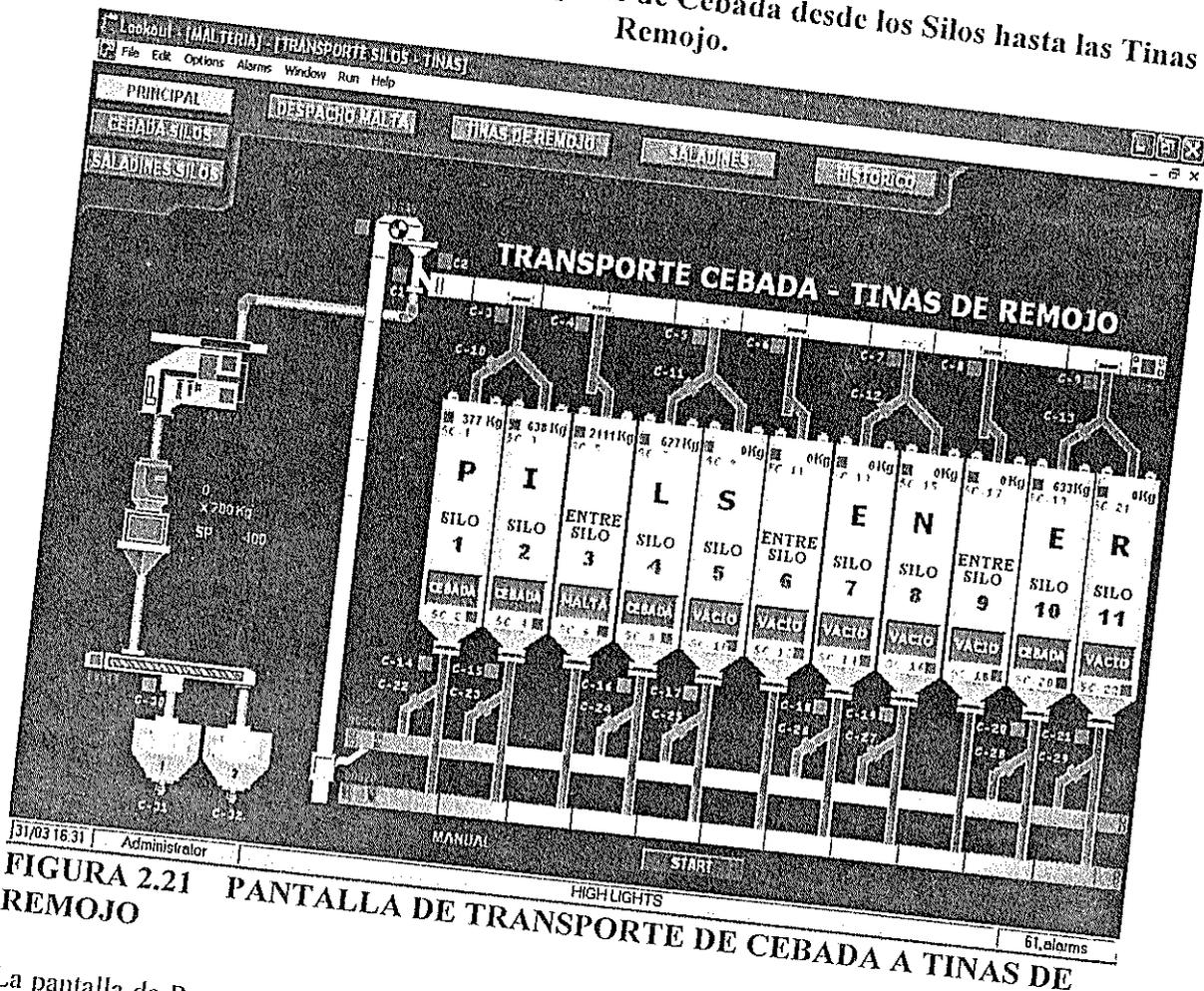
Nota: como se puede ver en la pantalla la balanza esta seteada para que pese 200Kg por basculadas

### **MANEJO DE LA PANTALLA: TRANSPORTE DE CEBADA A TINAS DE REMOJO**

Por medio del menú de navegación de la pantalla anterior posicionando el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre **SILOS TINAS** y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:



## Monitoreo del Proceso de Transporte de Cebada desde los Silos hasta las Tinajas de Remojo.



**FIGURA 2.21 PANTALLA DE TRANSPORTE DE CEBADA A TINAS DE REMOJO**

La pantalla de Proceso de transporte de cebada a las tinajas de remojo posee ventajas de enlaces, las cuales se denotan en la parte superior izquierda de la pantalla, nos ubicaran en los diferentes puntos donde el grano es transportado.

Se pueden observar también la disposición de todos los silos de almacenamiento, compuertas de carga y descarga de producto de los silos, el transportador de paletas superior para cebada e inferior para malta, el elevador de canguilones, la balanza de recepción, la zaranda con sus respectivos motores, el motor con su respectivo sin fin de desalajo de cebada a las tinajas, y la compuerta de descarga de cebada a las tinajas.

La secuencia lógica de activación es la siguiente:

- V. Seleccionar silos de almacenamiento de cebada: presionando el botón izquierdo **SELECCIONAR SILO** en el icono que dice y ahí se pone el numero de silo escogido pudiendo escoger cualquier silo

VI. Por medio del SP que se encuentra junto a la balanza de cebada se ingresa la cantidad deseada hacia las tinajas de remojo.

VII. Una vez escogido el silo y seteado el SP: haciendo clic izquierdo sobre el botón **START** entonces se empieza el desarrollo del proceso que consiste en la siguiente secuencia:

- Válvula simple de cebada de ingreso a la tina #1
- Motor sin fin de transporte de cebada hacia las tinajas
- Motores de la zaranda
- Válvula simple de cebada de descarga de las paletas inferior hacia las tinajas
- Motor elevador de canguilones.
- Motor transportador de paletas inferior
- Válvula simple de cebada de descarga de cebada a silo
- Válvula simple de cebada de descarga hacia las paletas inferiores

VIII. La secuencia de apagado es en el sentido contrario

Nota: como se puede ver en la pantalla la balanza esta seteada para que pese 200Kg por basculadas y además la máxima capacidad de las tinajas es 500Kg por cada tina.



**CIB-ESPOL**

## MANEJO DE LA PANTALLA: TINAS DE REMOJO

Por medio del menú de navegación de la pantalla anterior posicionando el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre **TINAS DE REMOJO** y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:

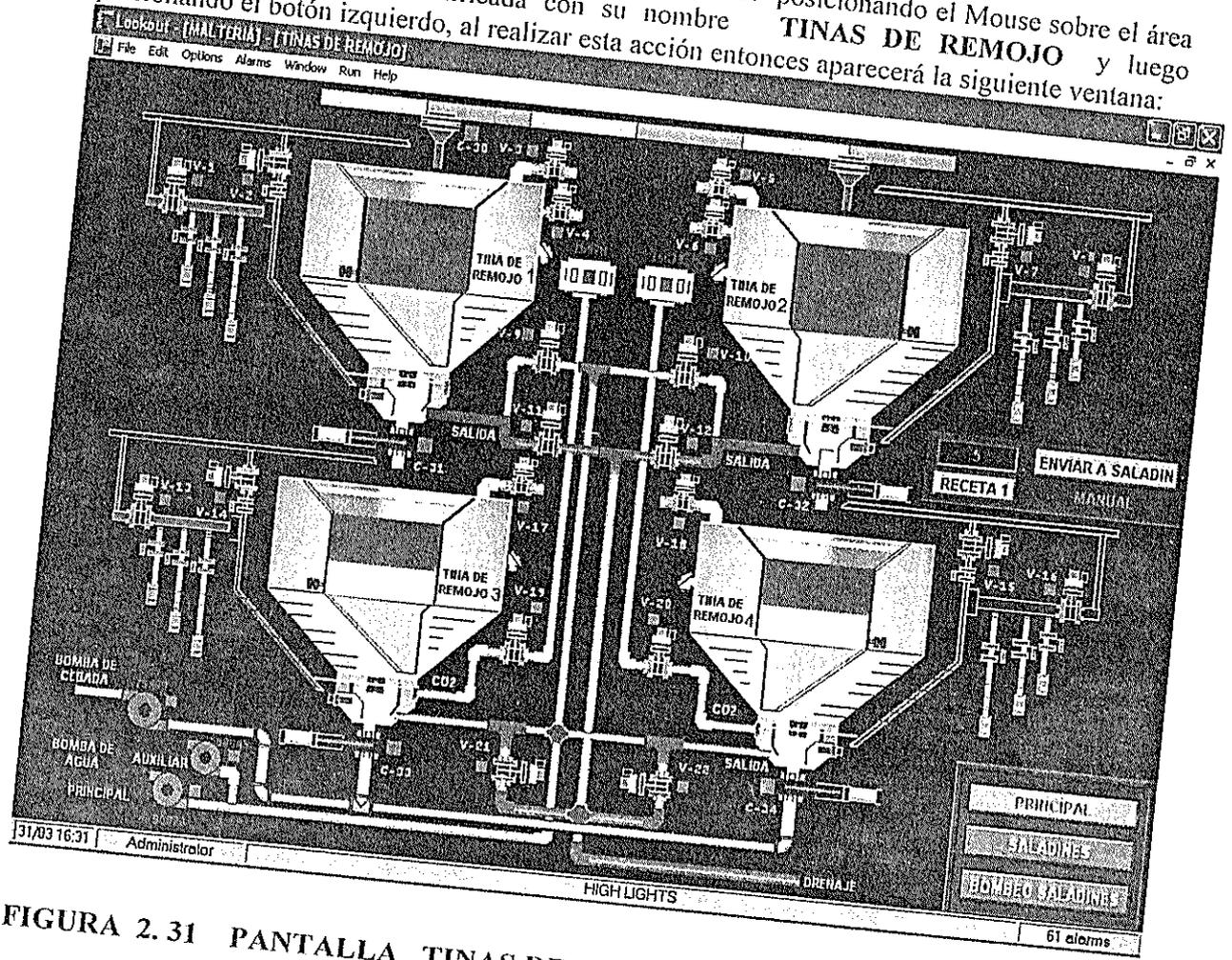


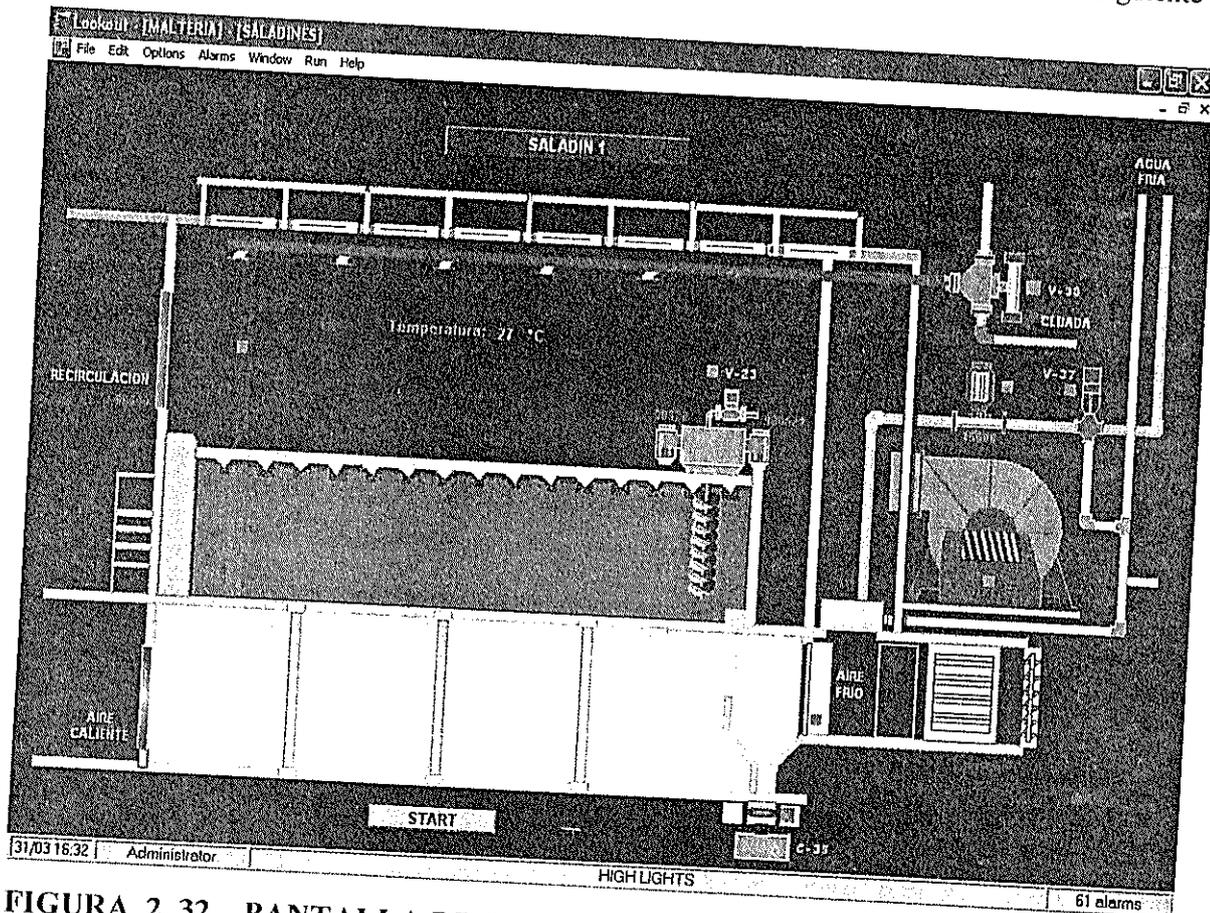
FIGURA 2.31 PANTALLA TINAS DE REMOJO

- IX. Una vez que se llenaron ambas tinas comienza el proceso:
  - Se ingresa agua según la receta por la válvula que se encuentra en la parte superior de la tina.
  - Después soda cáustica según la receta por medio de la válvula que se encuentra justo debajo de la válvula de agua
  - Después se inician los burbujeos según la receta que se la llama la etapa de aireación:
    - ❖ Primer burbujeo
    - ❖ Segundo burbujeo
    - ❖ Tercer burbujeo
    - ❖ Cuarto burbujeo
- Entonces una vez terminado este proceso comienza la descarga hacia las tina inferiores:
- Se ingresa agua según la receta por la válvula que se encuentra en la parte superior de la tina.
- se prenden los extractores de CO2
- Después se inician los burbujeos según la receta que se la llama la etapa de aireación:

- ❖ Primer burbujeo
  - ❖ Segundo burbujeo
  - ❖ Tercer burbujeo
  - ❖ Cuarto burbujeo
  - ❖ Quinto burbujeo
- Una vez terminada la etapa de aireación entonces comienza se hace visible un botón que me dice escoger el saladin y otro botón que me dice enviar a saladin.
  - Una vez que la persona responsable dio estos pasos entonces ahí empieza la descarga de las tinas inferiores.

## MANEJO DE LA PANTALLA: SALADINES

Por medio del menú de navegación de la pantalla anterior posicionando el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre **SALADINES** según el saladin escogido y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:



**FIGURA 2. 32 PANTALLA DE SALADINES**

Una vez que cayo todo el contenido de las tinas inferiores al saladin seleccionado entonces luego presionando el botón izquierdo sobre el botón **START** al realizar esta acción entonces comienza el proceso de los saladines se dividen en tres etapas:

1. Germinación
2. Secado y tostado
3. Descarga



CIB-ESPOL

## 1. PROCESO DE GERMINACION

- X. Este proceso comienza haciendo mover el carro tres veces al día según la receta cargada y cada vez que se encienda el carro entonces la válvula solenoide se activa dejando caer agua al saladin
  
- XI. Se activa el compresor de agua fría y la compuerta de aire frío

## 2. PROCESO DE SECADO Y TOSTADO

- XII. No hay moviendo del carro
- XIII. Se encuentra cerrado y apagado todo el sistema de frío
- XIV. Se habré la compuerta de aire caliente
- XV. Después de un tiempo entonces se habré la compuerta de recirculación de aire

## 3. PROCESO DE DESCARGA

- XVI. Una vez que se ha terminado el proceso de secado y tostado entonces el operador tiene presionar el botón izquierdo sobre el botón  que inicie la secuencia de descarga
- XVII. Que consiste en dar el movimiento al carro hasta que el sp de la corriente del carro llegue a 15Amp entonces ahí el carro comienza su recorrido inverso hasta llegar al principio y así sucesivamente hasta que se vacié todo el contenido del saladin.

## MANEJO DE LA PANTALLA: VISUALIZACION DE LOS 7 SALADINES

Visualizar el estado de los 7 saladines si se encuentran llenos o vacíos, el tipo de proceso que se esta desarrollando en cada uno de los paladines es decir en que etapa se encuentra que puede ser germinación, secado y tostado y descarga y además desde esta pantalla se puede navegar hacia la pantalla principal, alas tinas de remojo y saladines.

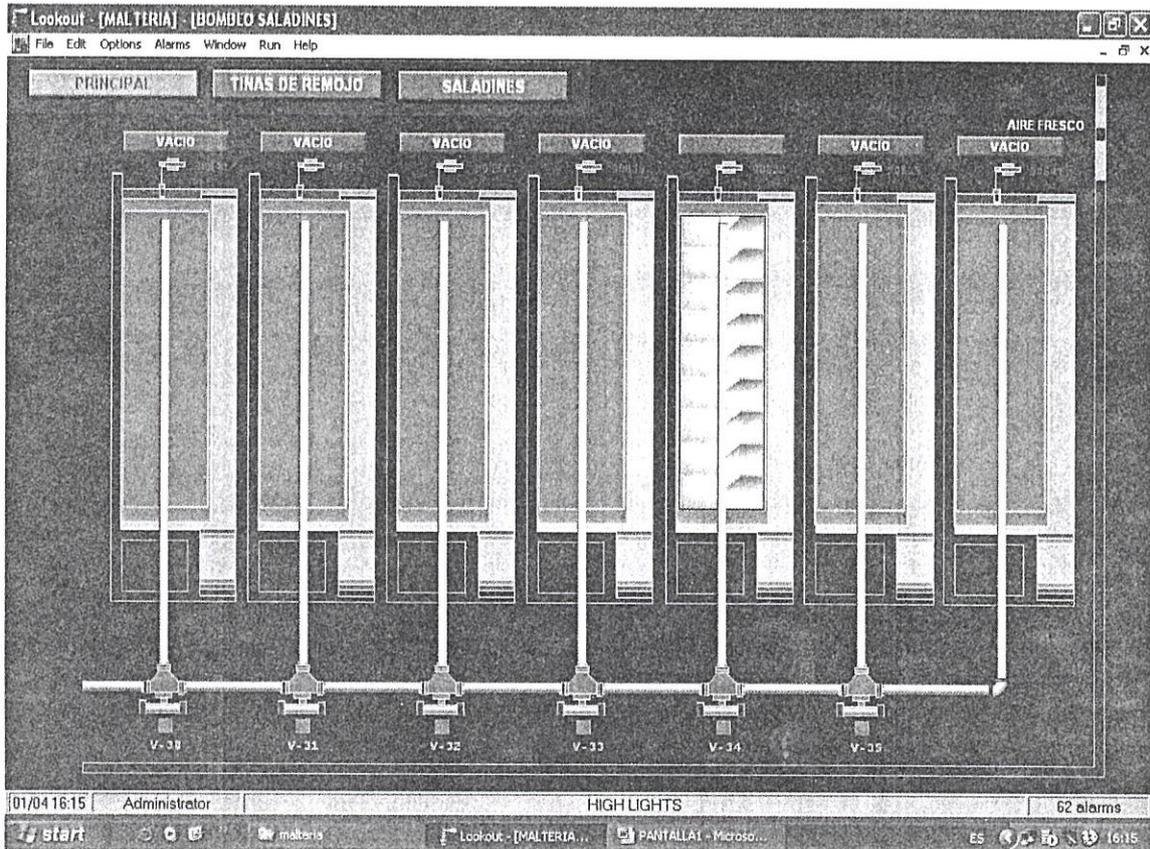


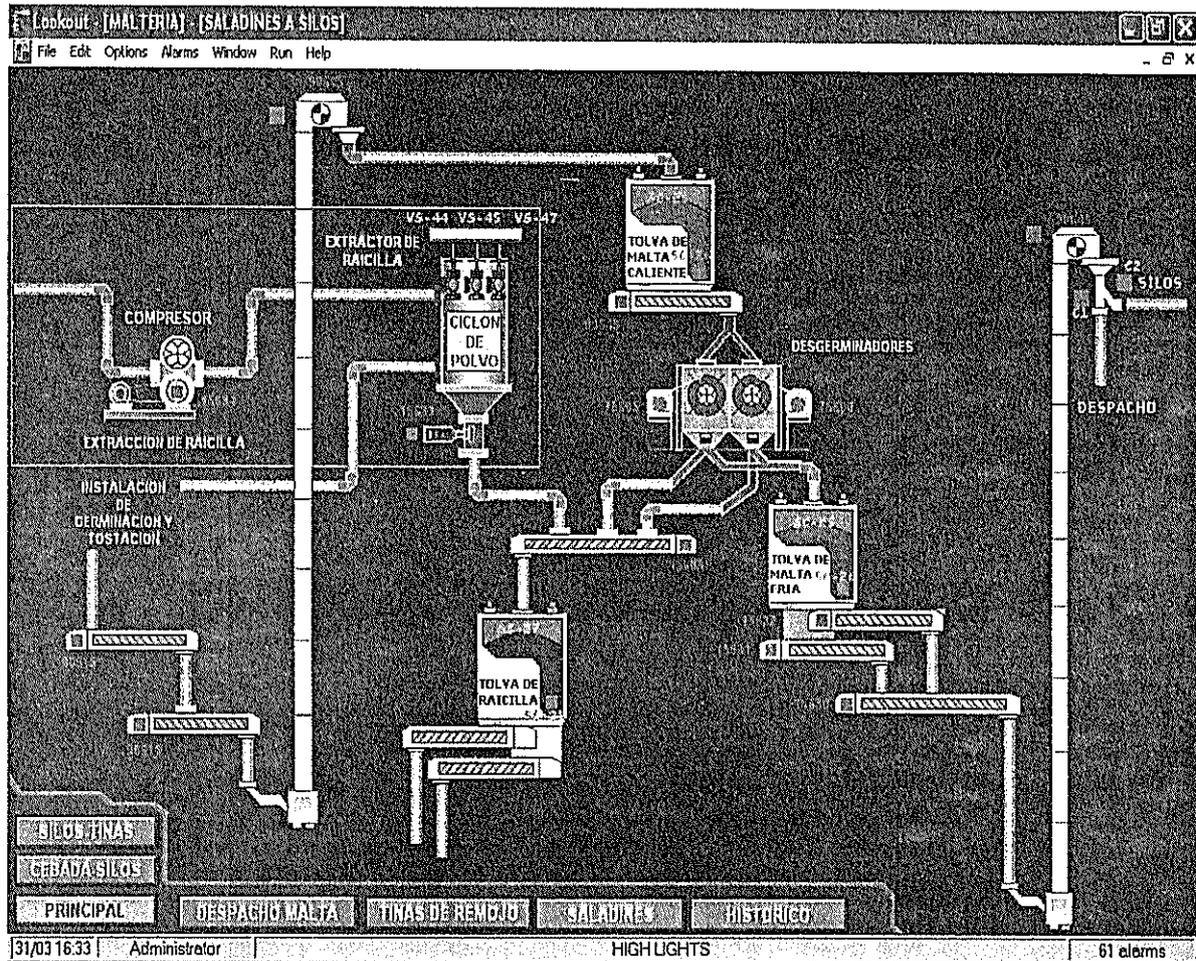
FIGURA 2. 33 PANTALLA DE VISUALIZACION DE LOS 7 SALADINES



CIB-ESPOL

## MANEJO DE LA PANTALLA: SALADINES A SILOS

Por medio del menú de navegación de la pantalla anterior posicionando el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre **SALADINES A SILOS** y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:



**FIGURA 2.34 PANTALLA DE TRANSPORTE DE MALTA HACIA LOS SILOS DE ALMACENAMIENTO**

La pantalla de Proceso de transporte de malta desde los saladines hasta los silos posee ventanas de enlaces, las cuales se denotan en la parte inferior izquierda de la pantalla, nos ubicaran en los diferentes puntos donde el grano es transportado.

Se pueden observar también la disposición de todas las tolvas de almacenamiento, compuerta de selección silos, elevador de canguilones, elevador de canguilones de malta caliente, balanza de recepción de malta desde los saladines, motores de recepción de malta caliente desde los saladines con sus respectivos sin fin, la desgerminadora con sus respectivos motores, los motores de recepción de malta fría con sus respectivos tornillos sin fin, motor compresor de

raicilla, motor reductor con su respectivo filtro de mangas, motor de desalojo de raicilla en su respectiva tolva fría, motores de despacho de malta.

En esta pantalla se desarrollan cinco procesos diferentes que son los siguientes:

1. transportación desde los paladines hasta la tolva de malta caliente la cual se desarrolla de la siguiente secuencia de encendido:

**XVIII.** Motor elevador de canguilones de transporte de malta caliente.

**XIX.** Motor sin fin de recepción de malta caliente inferior.

**XX.** Motor sin fin de recepción de malta caliente superior.

2. transportación de la tolva de malta caliente hasta la tolva de malta fría y se observara la siguiente secuencia:

**XXI.** Motor sin fin de desalojo de raicilla.

**XXII.** Motores de desgerminadota.

**XXIII.** Motor sin fin de desalojo de malta caliente.



**CIB-ESPOL**

3. transportación de la tolva de malta fría hasta los silos y se observara la siguiente secuencia:

**XXIV.** Una vez que se lleno completamente la tolva de malta fría entonces debo de elegir el silo y a continuación presionando el botón izquierdo sobre el botón que dice **ENVIAR A SILO**, al realizar esta acción entonces comienza el proceso de desalojo de malta fría hacia el silo seleccionado con la respectiva secuencia:

**XXV.** Motor de canguilones de malta fría hacia los silos

**XXVI.** Motor de descarga de malta fría hacia el elevador de canguilones

**XXVII.** Motor inferior de descarga de malta de la tolva de malta fría

**XXVIII.** Motor superior de descarga de malta de la tolva de malta fría.

4. Despacho de raicilla:

XXIX. Para el despacho de raicilla se pueden prender cualquier motor.

5. Extracción de raicilla:

XXX. Motor de desalojo de raicilla.

XXXI. Motor reductor con su respectivo filtro de mangas.

XXXII. Motor de compresor de succión de raicilla.

Para la desactivación se deberá visualizar o desactivar en el orden inverso.

### MANEJO DE LA PANTALLA: CICLONES DE POLVO

Por medio del menú de navegación de la pantalla anterior posicionando el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre **CICLONES DE POLVO** y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:

#### Monitoreo del Proceso de Succión de Polvo a través de los Ciclones de Polvo.

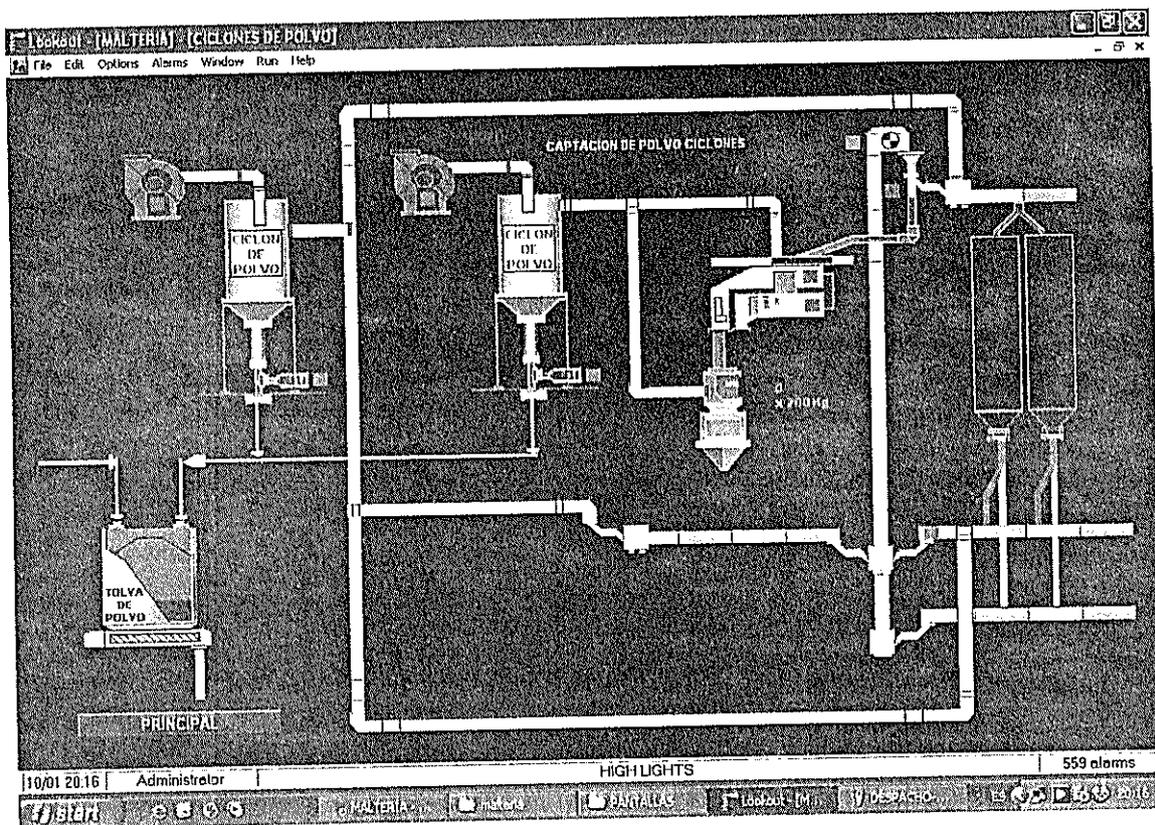


FIGURA 2.30 PANTALLA DE CAPTACIÓN DE POLVO CICLONES DE POLVO.

La pantalla de Proceso de succión de polvo a través de los ciclones de polvo posee ventanas de enlaces, las cuales se denotan en la parte inferior izquierda de la pantalla, y nos ubicaran en los diferentes puntos donde el grano es transportado.

Se puede observar los diferentes sitios en donde los ciclones extraen el polvo, el uno extrae el polvo desde la zaranda hacia las tinas y el otro de manera general en el transporte de cebada, para realizar esta secuencia de trabajo se debe realizar los siguientes pasos:

- Encender el motor reductor 1.
- Motor ventilador de extracción de polvo 1.
- Encender el motor reductor 2.
- Motor ventilador de extracción de polvo 2.



Esta pantalla de proceso es muy importante ya que para transportar cebada o descargar cebada a las tinas de remojo se debe encender este tipo de captación de polvo.

Para la desactivación se deberá visualizar o desactivar en el orden inverso.

Desde la pantalla principal se puede visualizar un icono de la pantalla del histórico y de la receta y posicionando el Mouse sobre el área en donde se encuentra identificada con su nombre

figura (HISTORICOS)  y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:

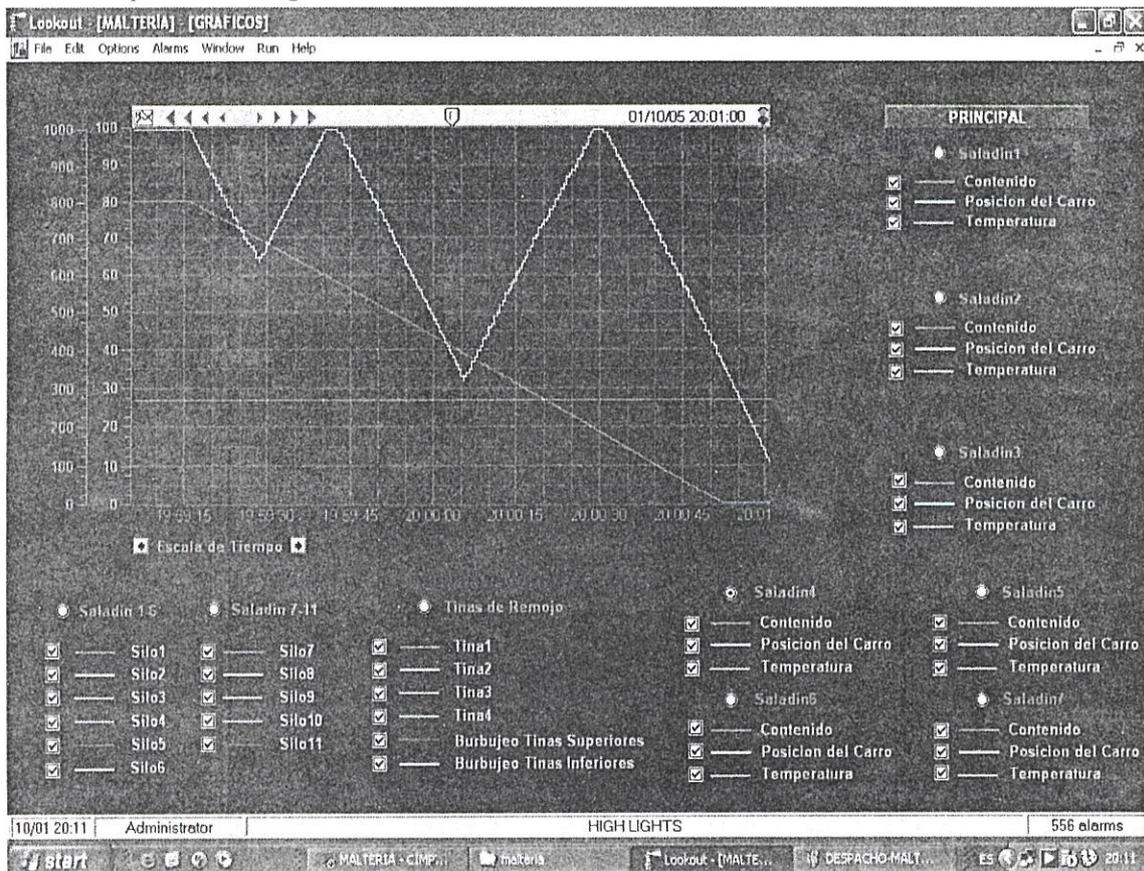


FIGURA 2.36 PANTALLA DE HISTORICOS



En esta ventana podemos visualizar la temperatura de los saladin 1-6, saladin 7-11, el contenido de cada tina con su respectivo burbujeo y el contenido de la posición del carro y temperatura de cada saladin.

Sobre la figura (RECETA)  y luego presionando el botón izquierdo, al realizar esta acción entonces aparecerá la siguiente ventana:

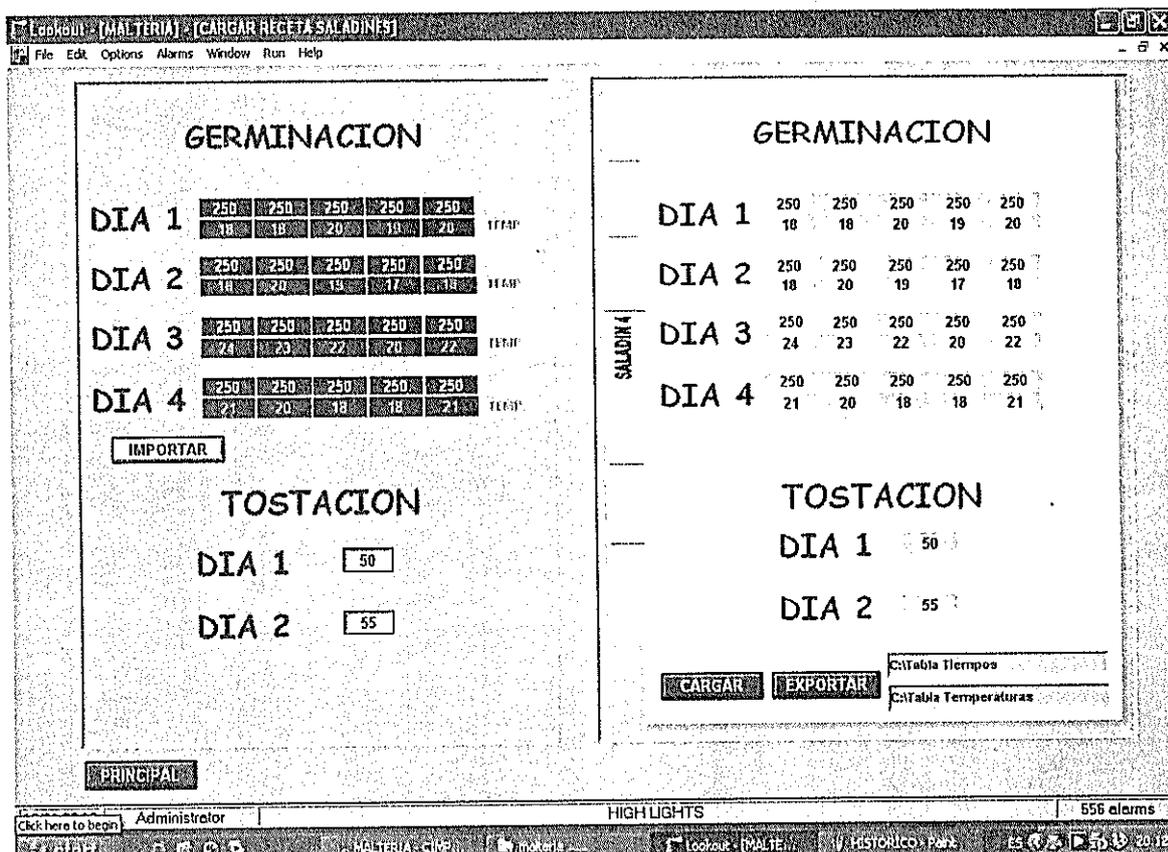


FIGURA 2.35 PANTALLA DE RECETAS

Aquí en esta pantalla el operador carga la receta deseada para germinación y tostación de los paladines presionando el botón izquierdo sobre **IMPORTAR** al realizar esta acción entonces se cargarán los datos seteados en la nueva receta y al presionar el botón izquierdo sobre **CARGAR** entonces se va a actualizar la receta pudiendo exportar los datos a cualquier archivo donde se requiera y exportando los datos al presionar el botón izquierdo sobre **EXPORTAR**.



# **Anexo B**

## **1.1**

**Datasheets de los principales integrados  
utilizados en el diseño de la tarjeta de  
adquisición de datos.**

# GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS

4N25  
4N37

4N26  
H11A1

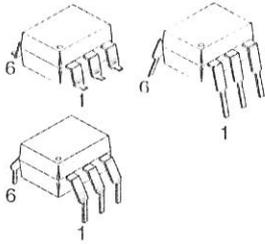
4N27  
H11A2

4N28  
H11A3

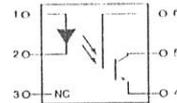
4N35  
H11A4

4N36  
H11A5

## WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

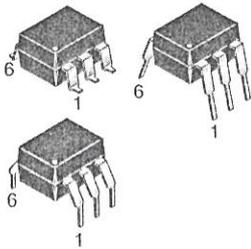


## SCHEMATIC



PIN 1 ANODE  
2 CATHODE  
3 NO CONNECTION  
4 EMITTER  
5 COLLECTOR  
6 BASE

## BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



## DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

## FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
  - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
  - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

## APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs



CIB-ESPOL

**GENERAL PURPOSE 6-PIN  
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

4N25  
4N37

4N26  
H11A1

4N27  
H11A2

4N28  
H11A3

4N35  
H11A4

4N36  
H11A5

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

| Parameter  | Symbol    | Value   | Units                      |
|--|-----------|---|----------------------------|
| <b>TOTAL DEVICE</b>  |           |   |                            |
| Storage Temperature  | $T_{STG}$ | -55 to +150                                     | $^\circ\text{C}$           |
| Operating Temperature  | $T_{OPR}$ | -55 to +100                                     | $^\circ\text{C}$           |
| Wave solder temperature (see page 14 for reflow solder profiles)                             | $T_{SOL}$ | 260 for 10 sec                                  | $^\circ\text{C}$           |
| Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$<br>Derate above $25^\circ\text{C}$ | $P_D$     | 250<br>3.3 (non-M), 2.94 (-M)                   | mW                         |
| <b>EMITTER</b>   |           |   |                            |
| DC/Average Forward Input Current   | $I_F$     | 100 (non-M), 60 (-M)                            | mA                         |
| Reverse Input Voltage  | $V_R$     | 6   | V                          |
| Forward Current - Peak (300 $\mu\text{s}$ , 2% Duty Cycle)                                   | $I_F(pk)$ | 3   | A                          |
| LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$<br>Derate above $25^\circ\text{C}$          | $P_D$     | 150 (non-M), 120 (-M)<br>2.0 (non-M), 1.41 (-M) | mW<br>mW/ $^\circ\text{C}$ |
| <b>DETECTOR</b>  |           |   |                            |
| Collector-Emitter Voltage  | $V_{CEO}$ | 30  | V                          |
| Collector-Base Voltage   | $V_{CBO}$ | 70  | V                          |
| Emitter-Collector Voltage  | $V_{ECO}$ | 7   | V                          |
| Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$<br>Derate above $25^\circ\text{C}$     | $P_D$     | 150<br>2.0 (non-M), 1.76 (-M)                   | mW<br>mW/ $^\circ\text{C}$ |

## GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

|              |               |               |               |               |               |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 4N25<br>4N37 | 4N26<br>H11A1 | 4N27<br>H11A2 | 4N28<br>H11A3 | 4N35<br>H11A4 | 4N36<br>H11A5 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|

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

#### INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

| Parameter                           | Test Conditions                                | Symbol     | Min | Typ*  | Max  | Unit          |
|-------------------------------------|--|------------|-----|-------|------|---------------|
| <b>EMITTER</b>                      |  |            |     |       |      |               |
| Input Forward Voltage               | ( $I_F = 10\text{ mA}$ )                       | $V_F$      |     | 1.18  | 1.50 | V             |
| Reverse Leakage Current             | ( $V_R = 6.0\text{ V}$ )                       | $I_R$      |     | 0.001 | 10   | $\mu\text{A}$ |
| <b>DETECTOR</b>                     |  |            |     |       |      |               |
| Collector-Emitter Breakdown Voltage | ( $I_C = 1.0\text{ mA}$ , $I_F = 0$ )          | $BV_{CEO}$ | 30  | 100   |      | V             |
| Collector-Base Breakdown Voltage    | ( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ , $I_F = 0$ ) | $BV_{CBO}$ | 70  | 120   |      | V             |
| Emitter-Collector Breakdown Voltage | ( $I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$ , $I_F = 0$ ) | $BV_{ECO}$ | 7   | 10    |      | V             |
| Collector-Emitter Dark Current      | ( $V_{CE} = 10\text{ V}$ , $I_F = 0$ )         | $I_{CEO}$  |     | 1     | 50   | nA            |
| Collector-Base Dark Current         | ( $V_{CB} = 10\text{ V}$ )                     | $I_{CBO}$  |     |       | 20   | nA            |
| Capacitance                         | ( $V_{CE} = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ ) | $C_{CE}$   |     | 8     |      | pF            |

#### ISOLATION CHARACTERISTICS

| Characteristic                 | Test Conditions   | Symbol    | Min       | Typ* | Max | Units    |
|--------------------------------|---|-----------|-----------|------|-----|----------|
| Input-Output Isolation Voltage | (Non '-M', Black Package) ( $f = 60\text{ Hz}$ , $t = 1\text{ min}$ ) | $V_{ISO}$ | 5300      |      |     | Vac(rms) |
|                                | ('-'M', White Package) ( $f = 60\text{ Hz}$ , $t = 1\text{ sec}$ )    |           | 7500      |      |     | Vac(pk)  |
| Isolation Resistance           | ( $V_{I-O} = 500\text{ VDC}$ )  | $R_{ISO}$ | $10^{11}$ |      |     | $\Omega$ |
| Isolation Capacitance          | ( $V_{I-O} = 8\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ )                       | $C_{ISO}$ |           | 0.5  |     | pF       |
|                                | ('-'M' White Package)   |           |           | 0.2  | 2   | pF       |

Note

\* Typical values at  $T_A = 25^\circ\text{C}$



CIB-ESPOL

**GENERAL PURPOSE 6-PIN  
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

4N25  
4N37

4N26  
H11A1

4N27  
H11A2

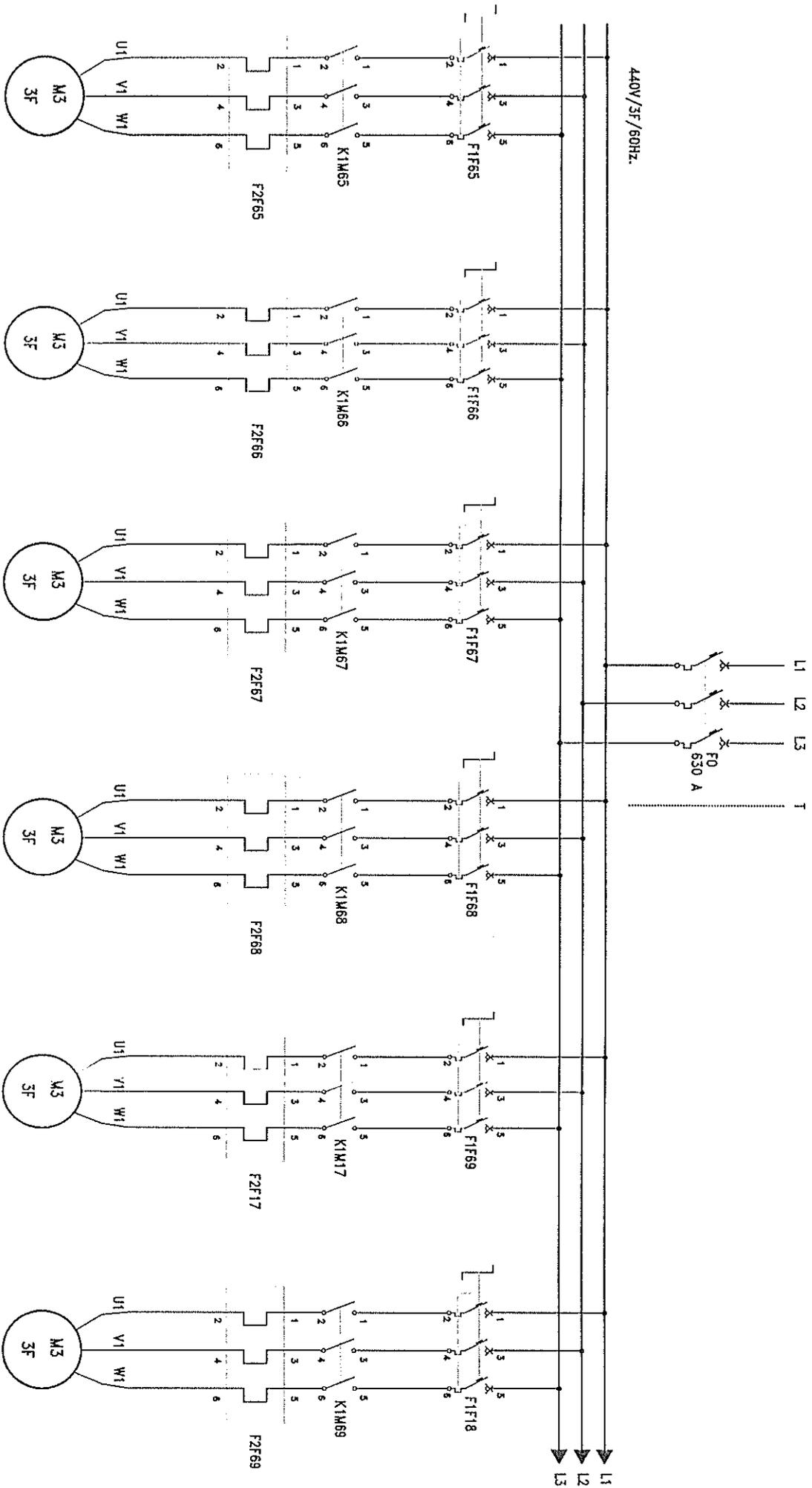
4N28  
H11A3

4N35  
H11A4

4N36  
H11A5

| TRANSFER CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.) |   |               |   |     |      |                |               |
|--|---|---------------|---|-----|------|----------------|---------------|
| DC Characteristic  | Test Conditions   | Symbol        | Device  | Min | Typ* | Max            | Unit          |
| Current Transfer Ratio,<br>Collector to Emitter                                  | $(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V})$                              | CTR           | 4N35<br>4N36<br>4N37  | 100 |      |                | %             |
|  |   |               | H11A1   | 50  |      |                |               |
|  |   |               | H11A5   | 30  |      |                |               |
|  | 4N25<br>4N26<br>H11A2<br>H11A3  |               | 20  |     |      |                |               |
|  | 4N27<br>4N28<br>H11A4   |               | 10  |     |      |                |               |
|  | 4N35<br>4N36<br>4N37  |               | 40  |     |      |                |               |
|  | $(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = -55^\circ\text{C})$     |               | 4N35<br>4N36<br>4N37  | 40  |      |                |               |
|  | $(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = +100^\circ\text{C})$    |               | 4N35<br>4N36<br>4N37  | 40  |      |                |               |
| Collector-Emitter<br>Saturation Voltage  | $(I_C = 2 \text{ mA}, I_F = 50 \text{ mA})$                                 | $V_{CE(SAT)}$ | 4N25<br>4N26<br>4N27<br>4N28  |     |      | 0.5            | V             |
|  | $(I_C = 0.5 \text{ mA}, I_F = 10 \text{ mA})$                               |               | 4N35<br>4N36<br>4N37<br>H11A1<br>H11A2<br>H11A3<br>H11A4<br>H11A5         |     |      | 0.3<br><br>0.4 |               |
| AC Characteristic  |   |               |   |     |      |                |               |
| Non-Saturated<br>Turn-on Time  | $(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$<br>(Fig.20) | $T_{ON}$      | 4N25<br>4N26<br>4N27<br>4N28<br>H11A1<br>H11A2<br>H11A3<br>H11A4<br>H11A5 |     | 2    |                | $\mu\text{s}$ |
| Non Saturated<br>Turn-on Time  | $(I_C = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$<br>(Fig.20)  | $T_{ON}$      | 4N35<br>4N36<br>4N37  |     | 2    | 10             | $\mu\text{s}$ |

440V/3F/60Hz.



Motor eléctrico que acciona ventilador centrífugo entrada Sala 3.

Cédula: 75625  
3,5 KW

Motor eléctrico que acciona ventilador centrífugo entrada Sala 21.

Cédula: 75627  
4,6/9,5 KW

Motor eléctrico que acciona ventilador centrífugo entrada Sala 3.

Cédula: 75630  
3,5 KW

Motor eléctrico que acciona ventilador centrífugo entrada Sala 4.

Cédula: 75632  
4,6/9,5 KW

Motor eléctrico que acciona ventilador centrífugo entrada Sala 5.

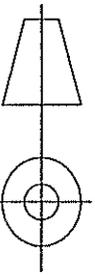
Cédula: 75634  
4,6/9,5 KW

Motor eléctrico que acciona ventilador centrífugo entrada Sala 6.

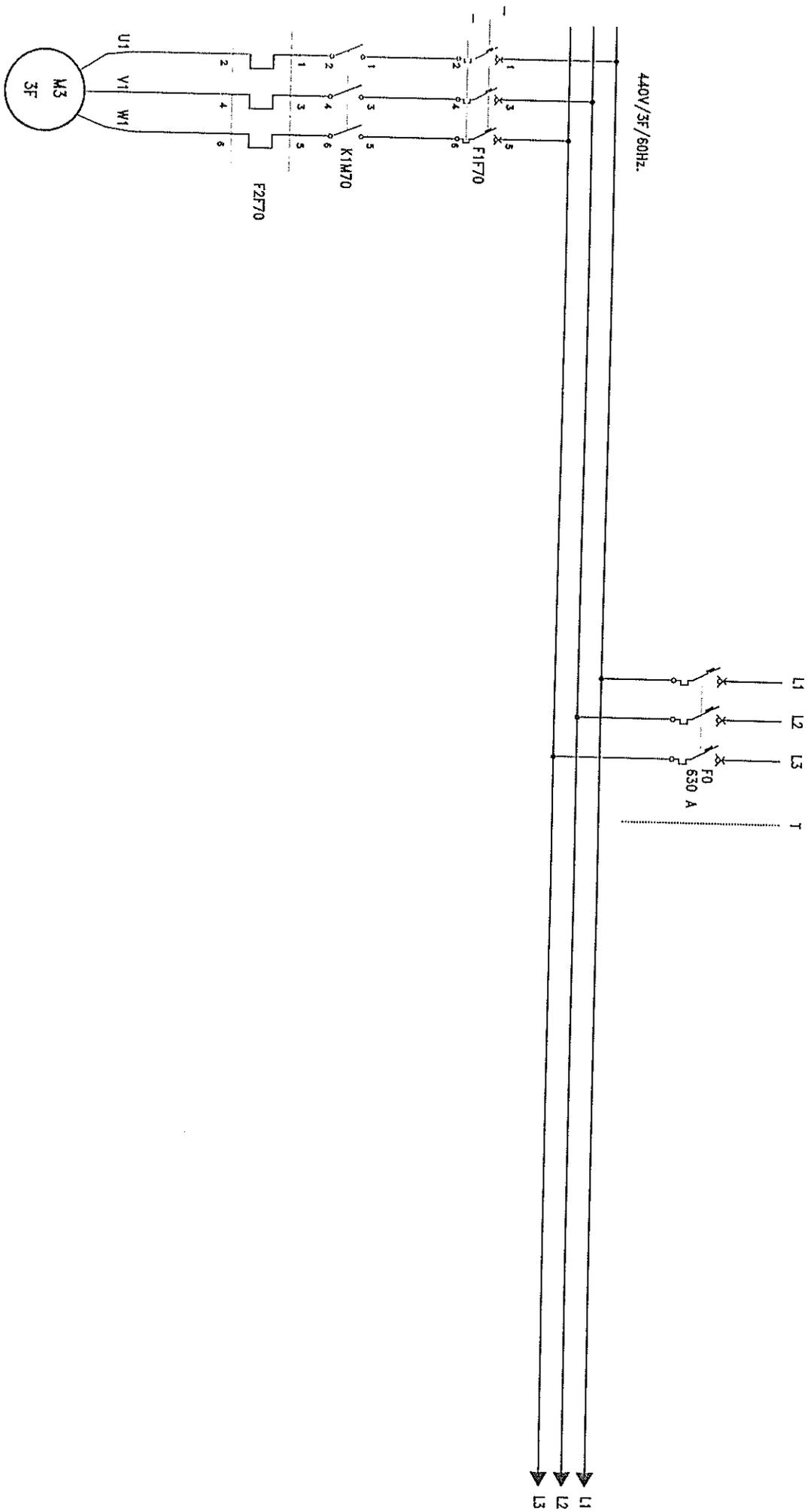
Cédula: 75636  
4,6/9,5 KW

Contiene:

# DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA



No. Plano: 25

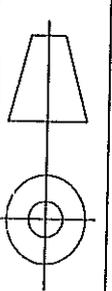


Motor eléctrico que acciona  
 el elevador centrífugo entrada  
 en el punto 7.

Cédula: 75638  
 4,6/9,5 KW

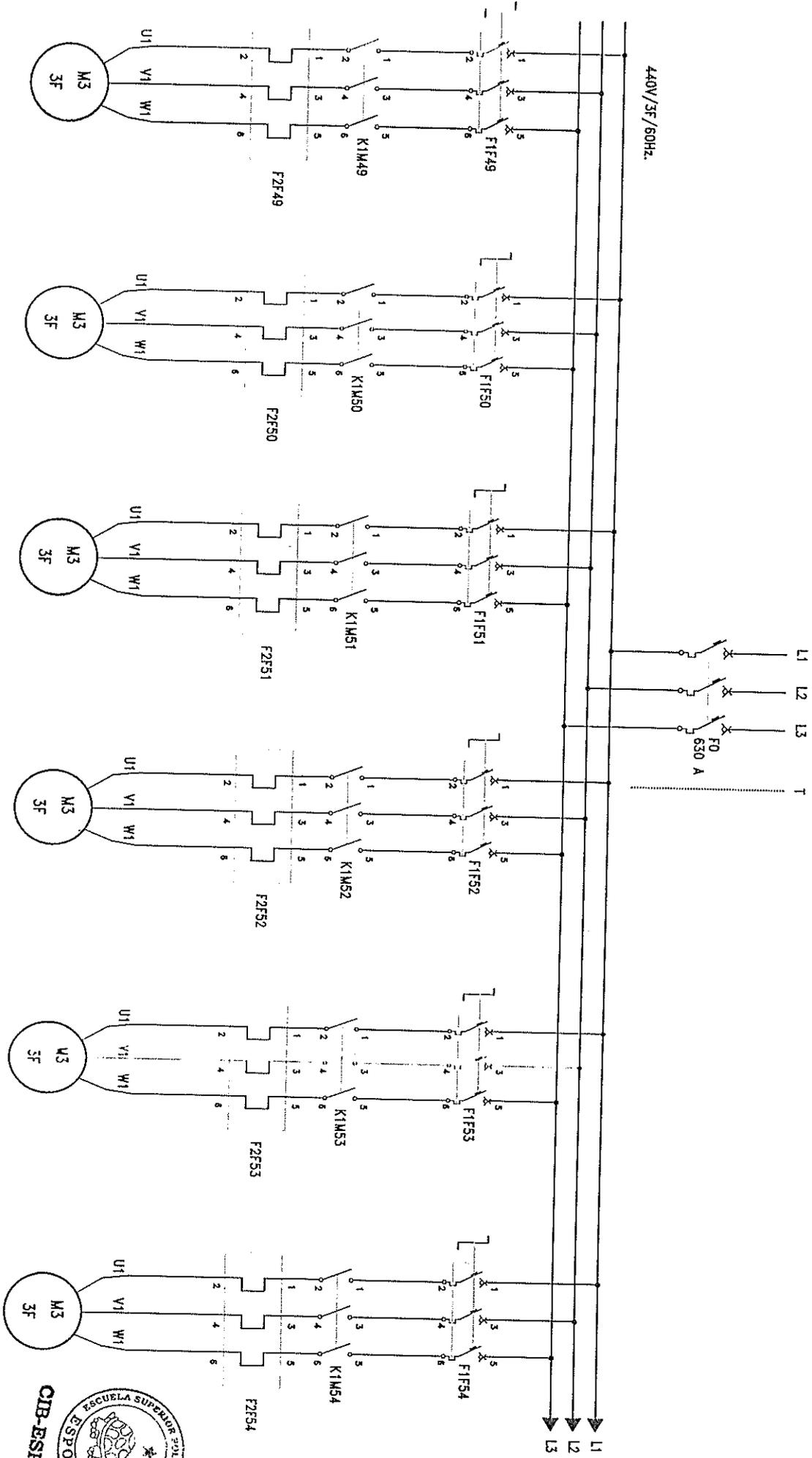
Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA



No. Plano: 26

440V/3F/60Hz.



Motorreductor principal del  
removedor del saladin No 1

Cédula:90622  
6 Kw

Motorreductor que mueve  
helicoidales del saladin No 1

Cédula:90621  
7,9/9,6 Kw

Motorreductor principal del  
removedor del saladin No 2

Cédula:90623  
6 Kw

Motorreductor que mueve  
helicoidales del saladin No 2

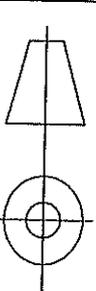
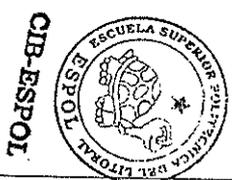
Cédula:90648  
7,9/9,6 Kw

Motorreductor principal del  
removedor del saladin No 3

Cédula:90626  
6 Kw

Motorreductor que mueve  
helicoidales del saladin No 3

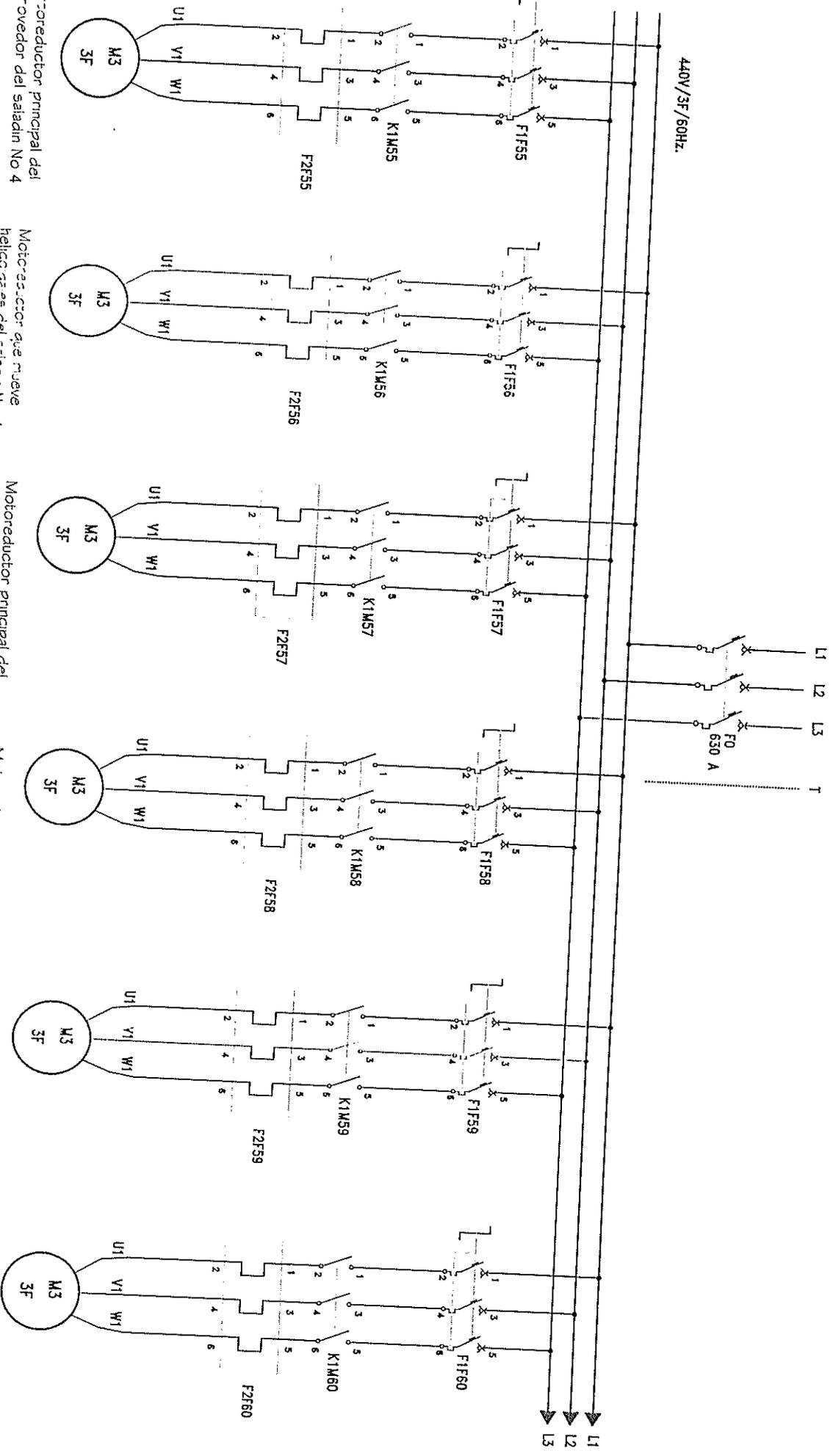
Cédula:90625  
7,9/9,6 Kw



CONTIENE:  
DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA

No. Plano:27

440V/3F/60HZ.

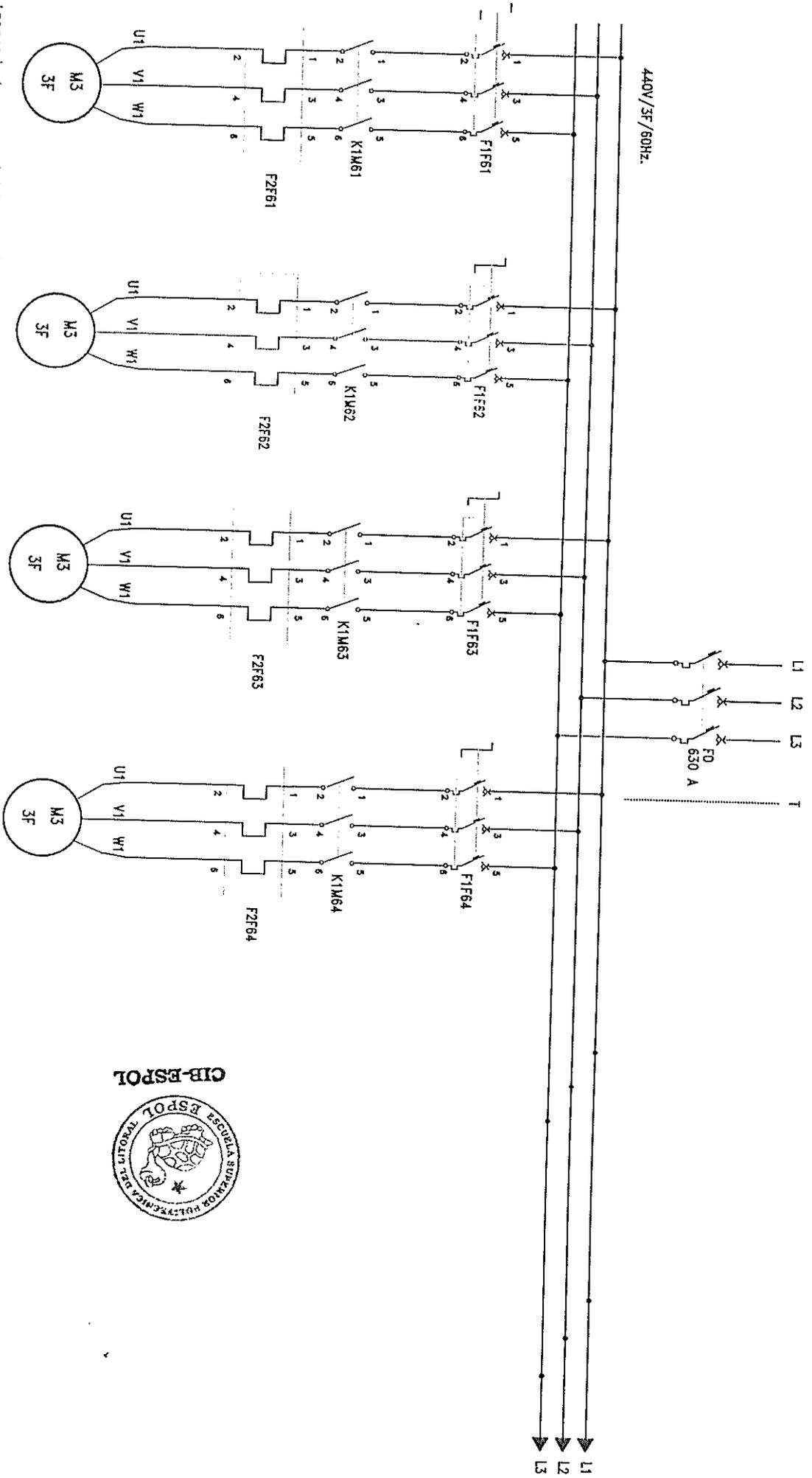


Contiene:

# DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE FUERZA

No. Plano:28

440V/3F/60HZ.



Motorreductor principal del  
-2- Overdor del saladin No 7

Cédula:90633  
5 Kw

Motorreductor que mueve  
helicoides de la sección No 7

Cédula:90634  
7,9/9,6 Kw

Motor electrico que acciona  
ventilador centrifugo entrada  
Saladin 3.

Cédula:90641  
0,015 Kw

Motorreductor de pensana de  
aire fresco atrás de todos los  
saladines.

Cédula:90642  
0,02 Kw

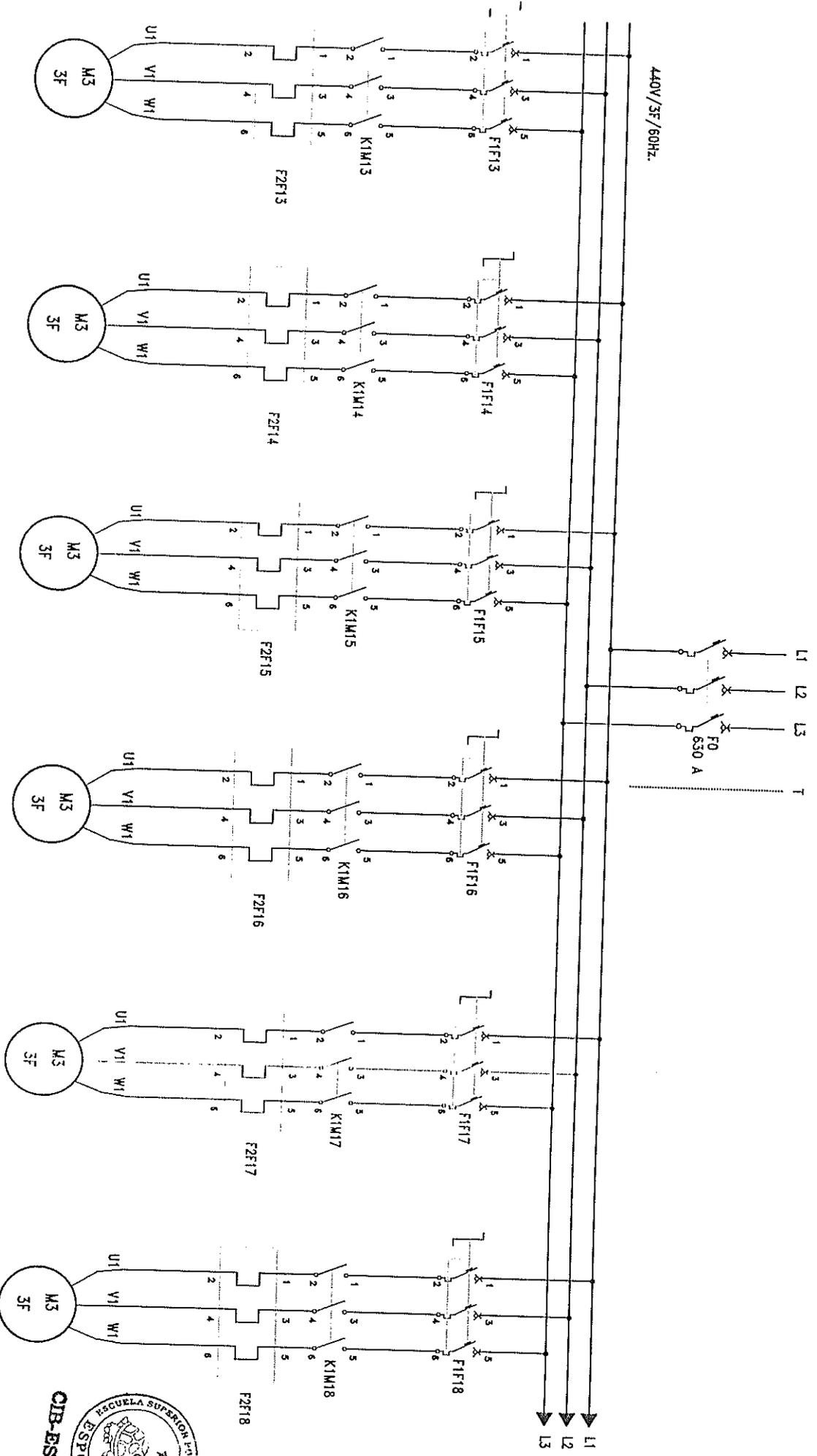


Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA

No. Plano:29

440V/3F/60HZ.



Motorventilador extractor de  
C-2 de tinas de remojo 1

Cédula:75678  
12,7 Kw

Motorventilador extractor de  
C-2 de tinas de remojo 2

Cédula:75679  
12,7 Kw

Motorreductor del transportador  
de paletas.

Cédula:90619-A  
3 PH  
3 Kw

Motor que acciona compresor de  
aire de tinas de remojo / zotano

M-5 P-1  
Cédula:75652  
30 Kw

Motorreductor transportador de  
paletas inferiores / zotano

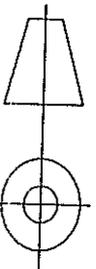
Cédula: 90643  
11 Kw



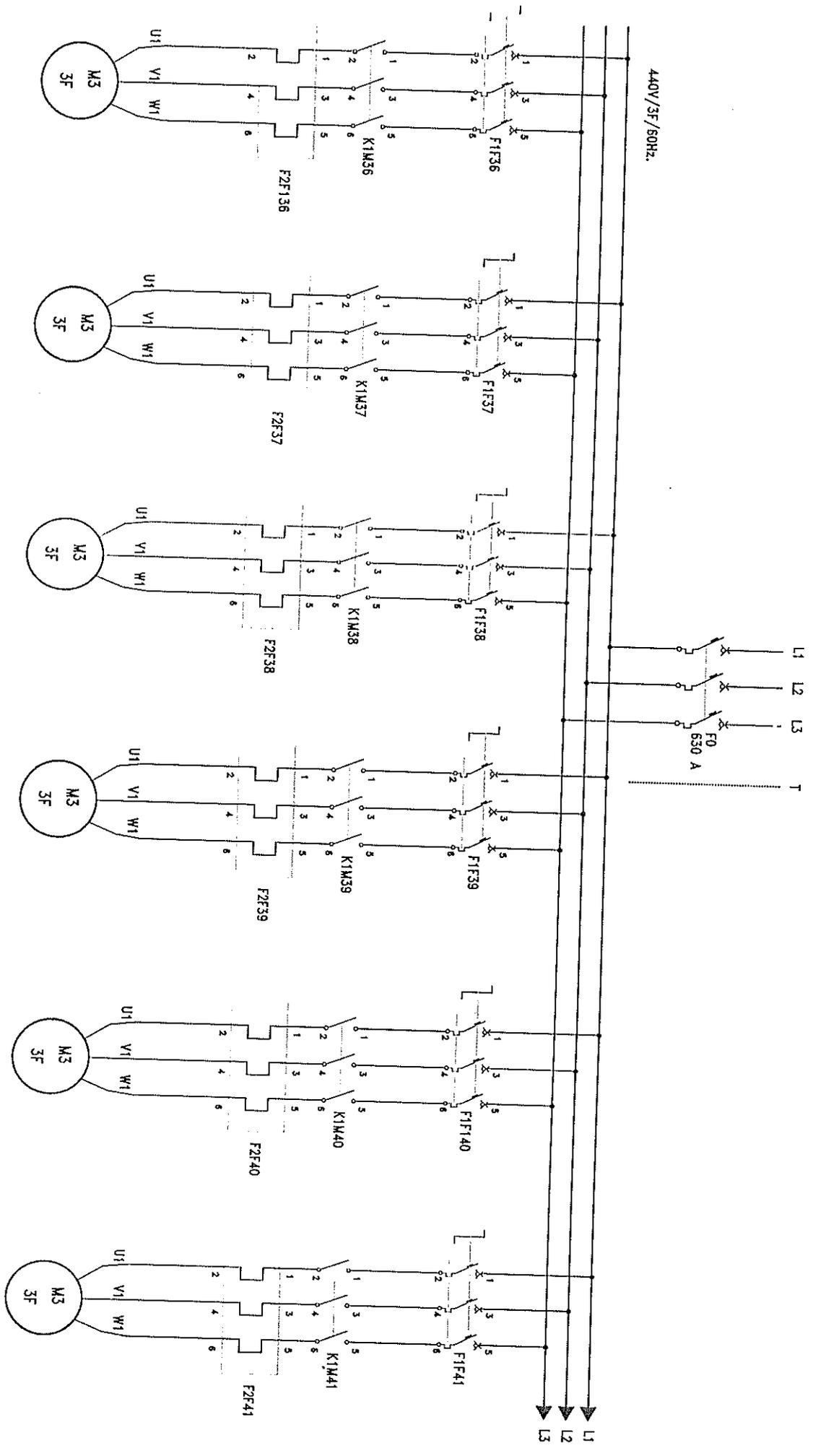
Contiene:

# DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA

No. Plano:30



440V/3F/50HZ.



Motor de la desgranadora de grano

Cédula:75805  
3 Kw

Motor de la desgranadora de grano

Cédula:75805  
3 Kw

Motor sin fin de malta 1

Cédula:90615  
2.2 Kw

Motor sin fin de malta 2

Cédula:90611  
3 HP

Motorreductor transportador de paletas inferiores

Cédula:90620  
3 Kw

Motorreductor transportador de paletas

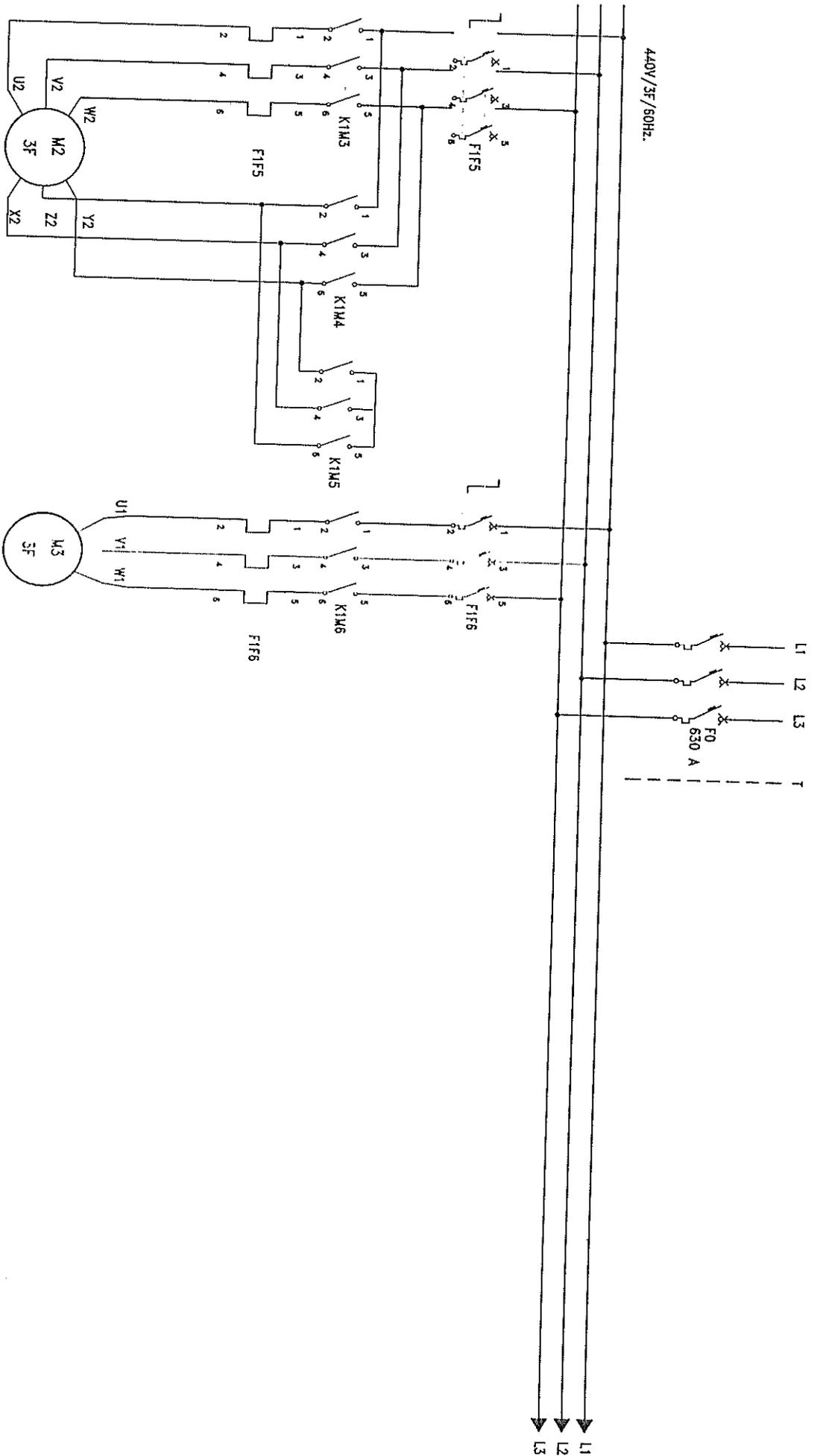
Cédula: 90643  
5/3,5 Kw

Contiene:

# DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE FUERZA

No. Plano:31





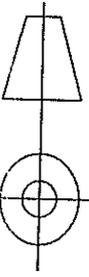
Sótano motor que acciona bomba principal de agua fresca hacia las tinas  
 Cédulo: 75646  
 45 Kw

Bombas de alta presión para limpieza  
 Cédulo: 75675  
 5,6 Kw

Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA

No. Plano: 32



CIB-ESPOL

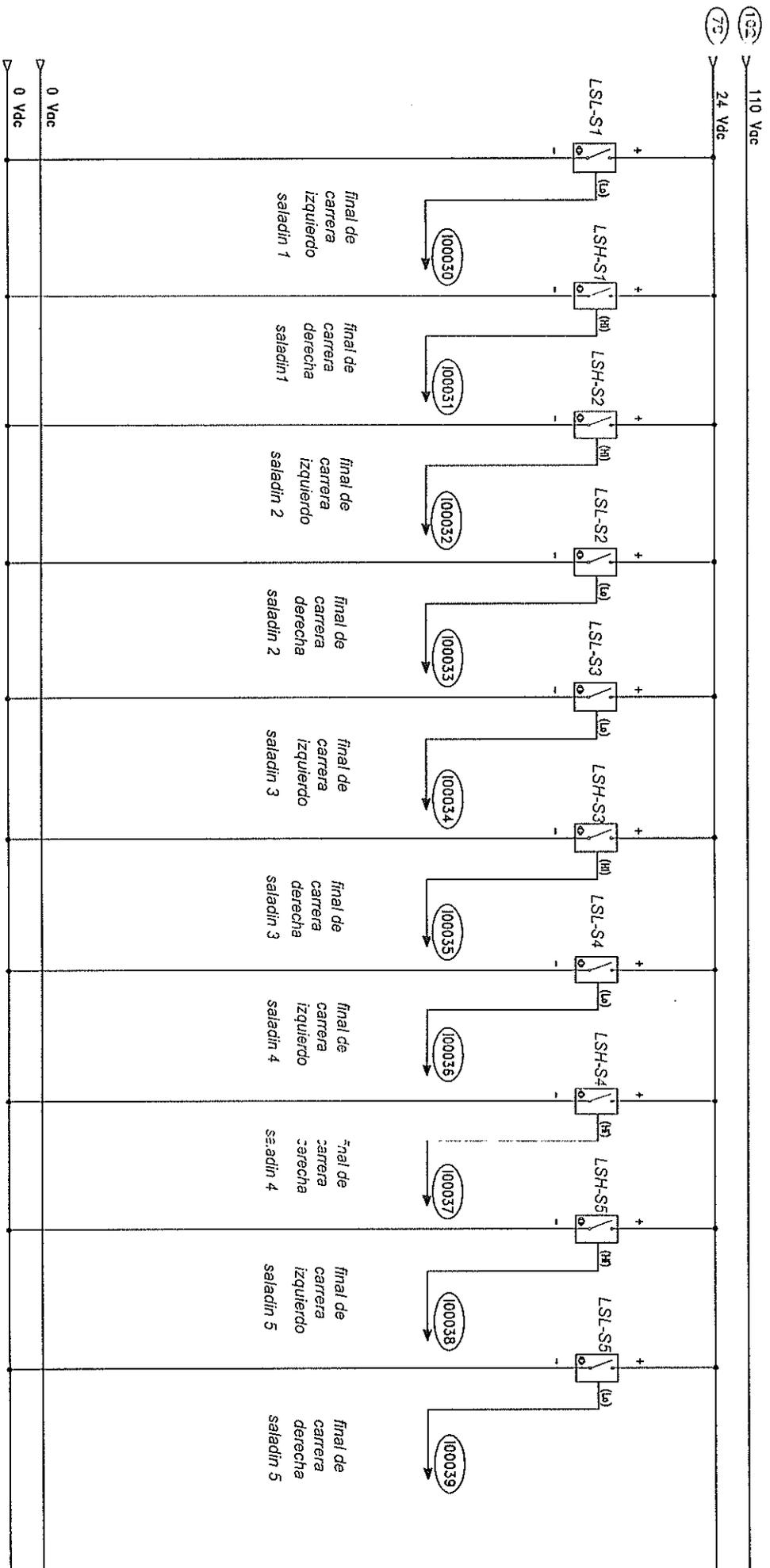


Planos de las entradas al PLC

1.5

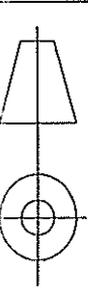
ANEXO A

ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC



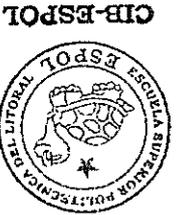
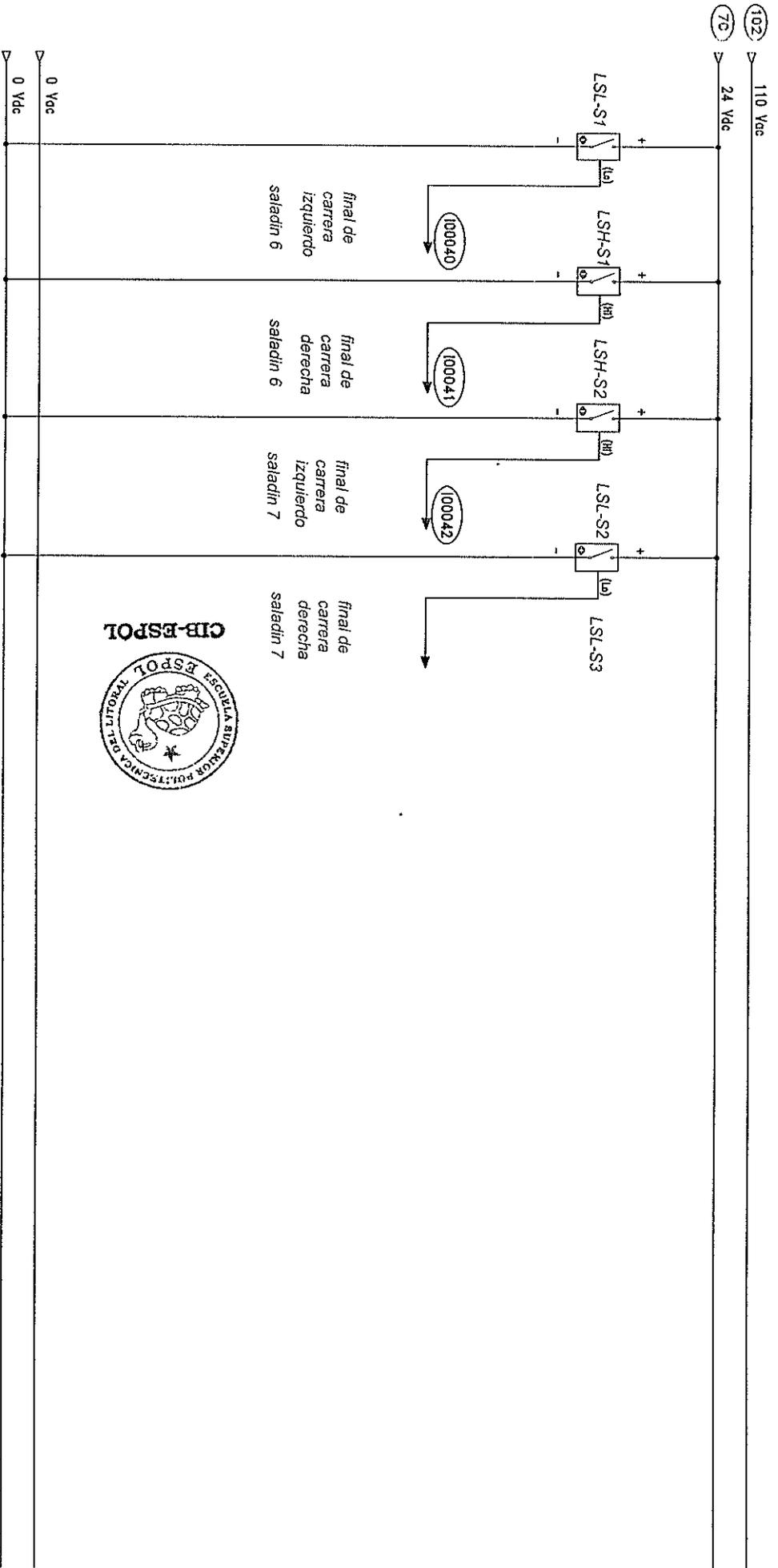
Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL



No. Plano:1

ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC



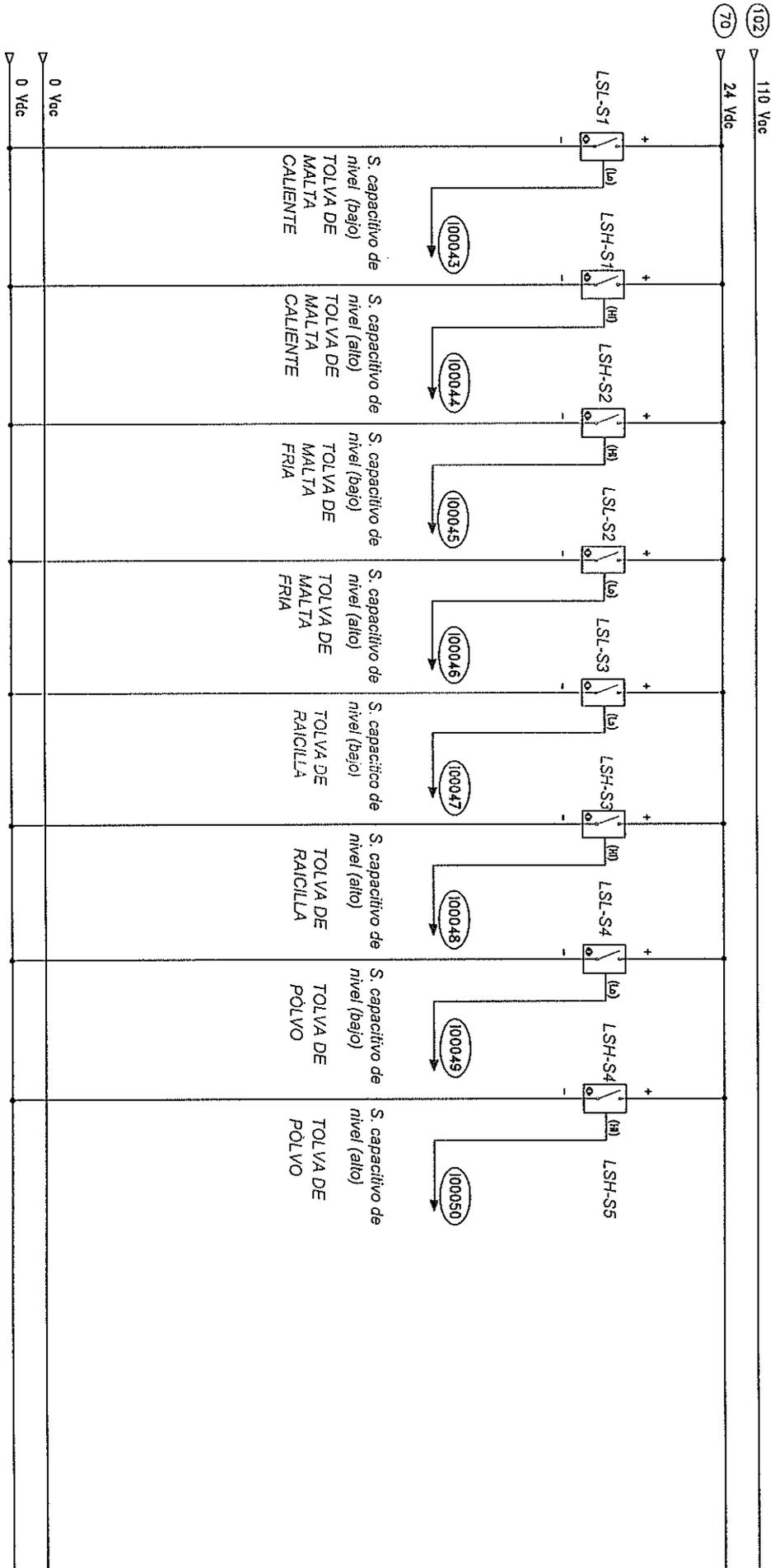
Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

No. Plano: 2

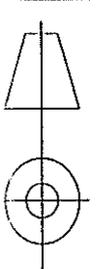


ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC



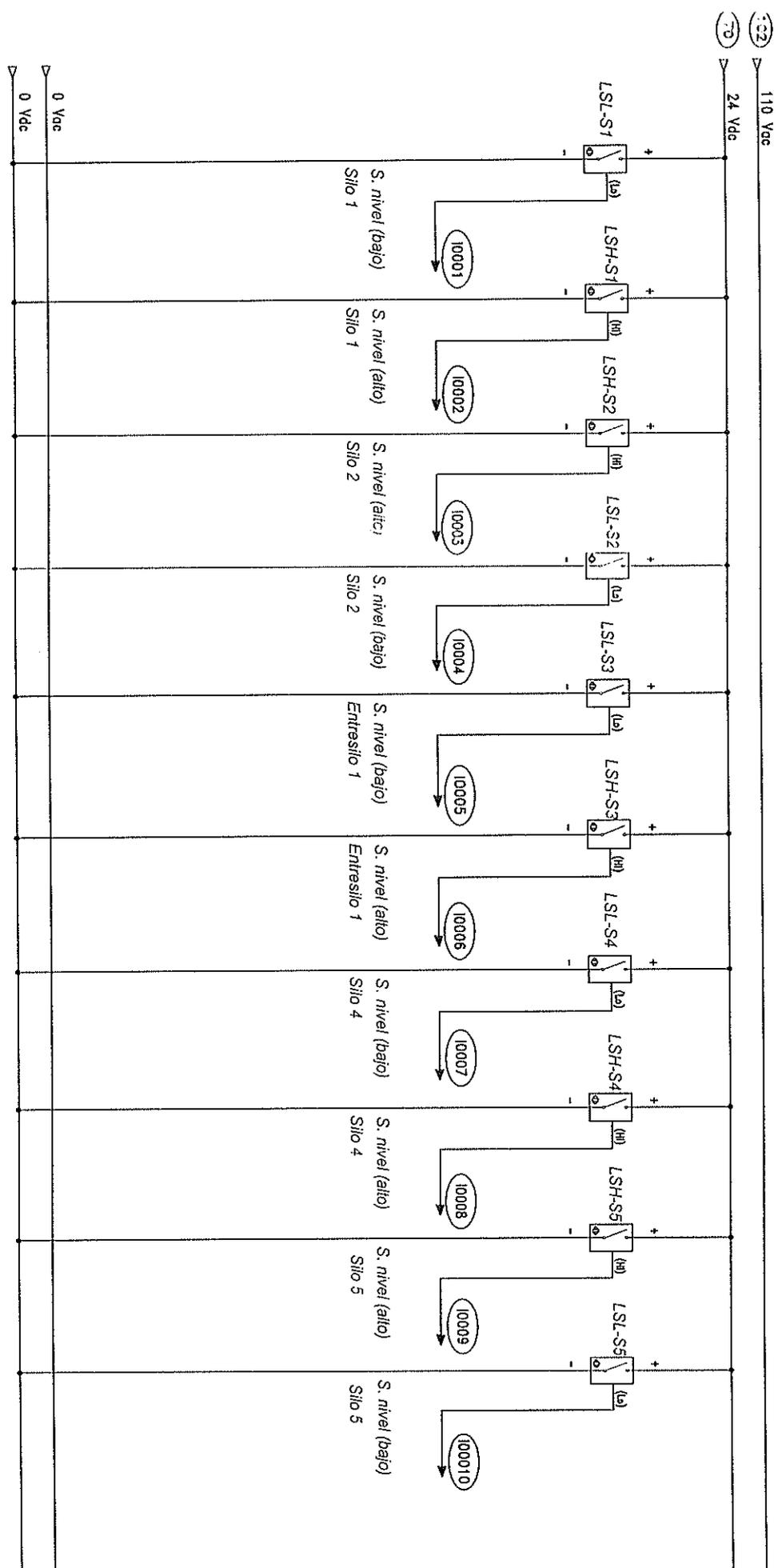
Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL



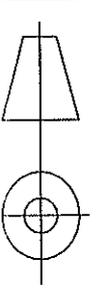
No. Plano:3

ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC



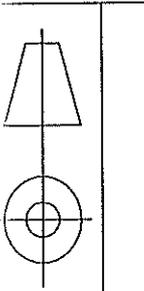
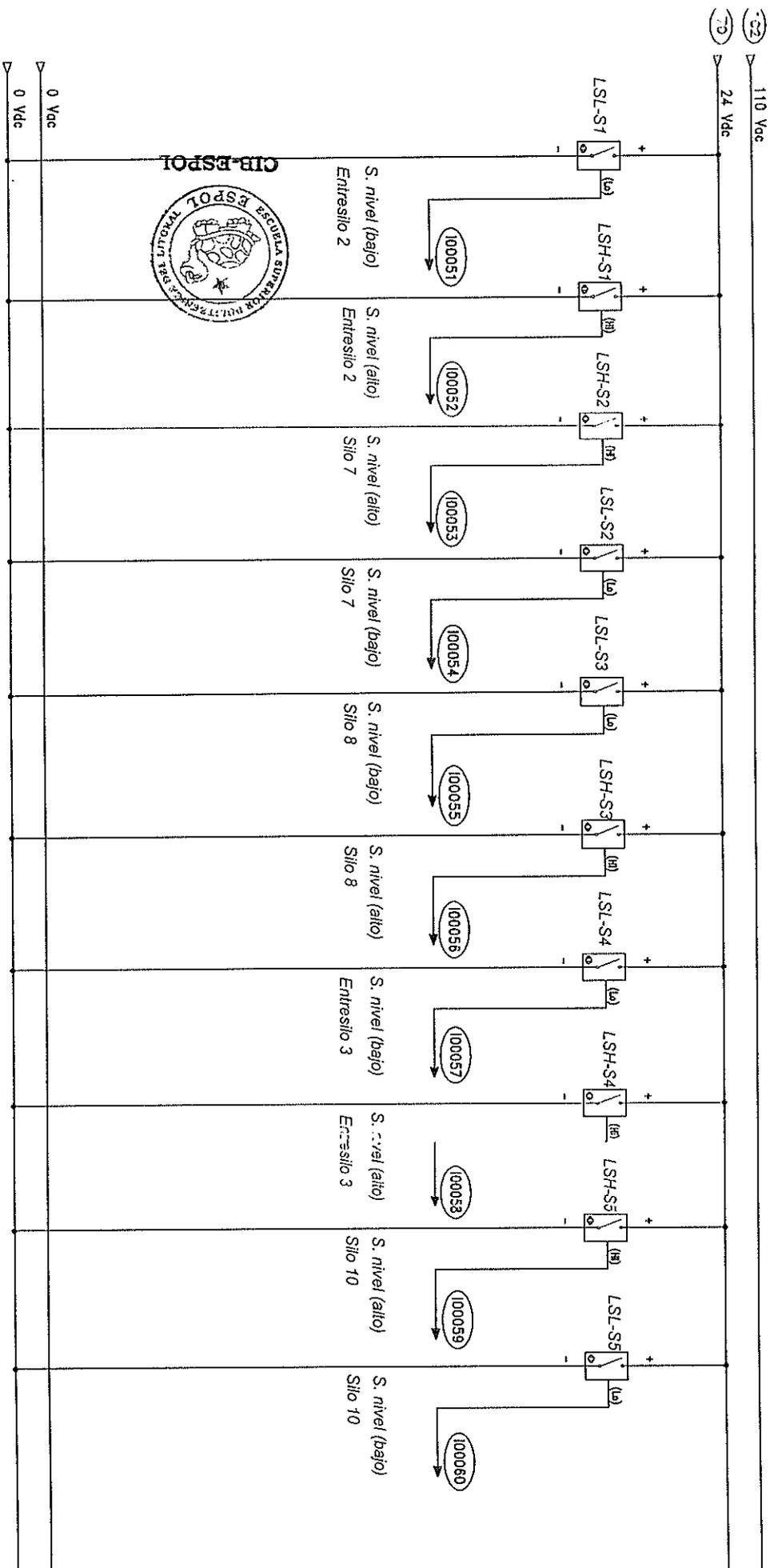
Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL



No. Plano: 4

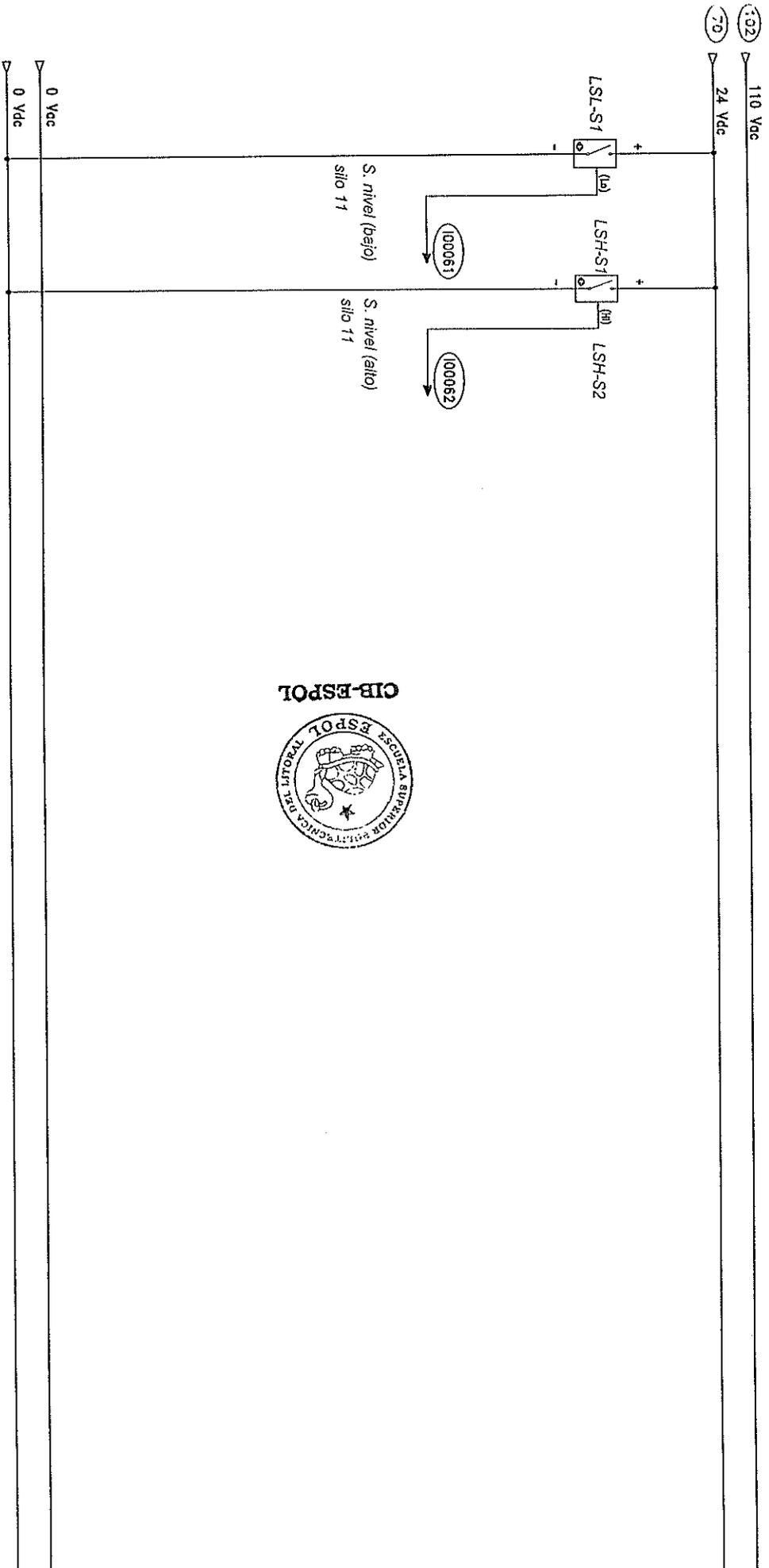
ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC



Contiene:  
DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

No. Plano:5

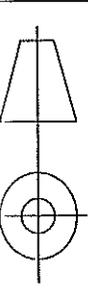
ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC



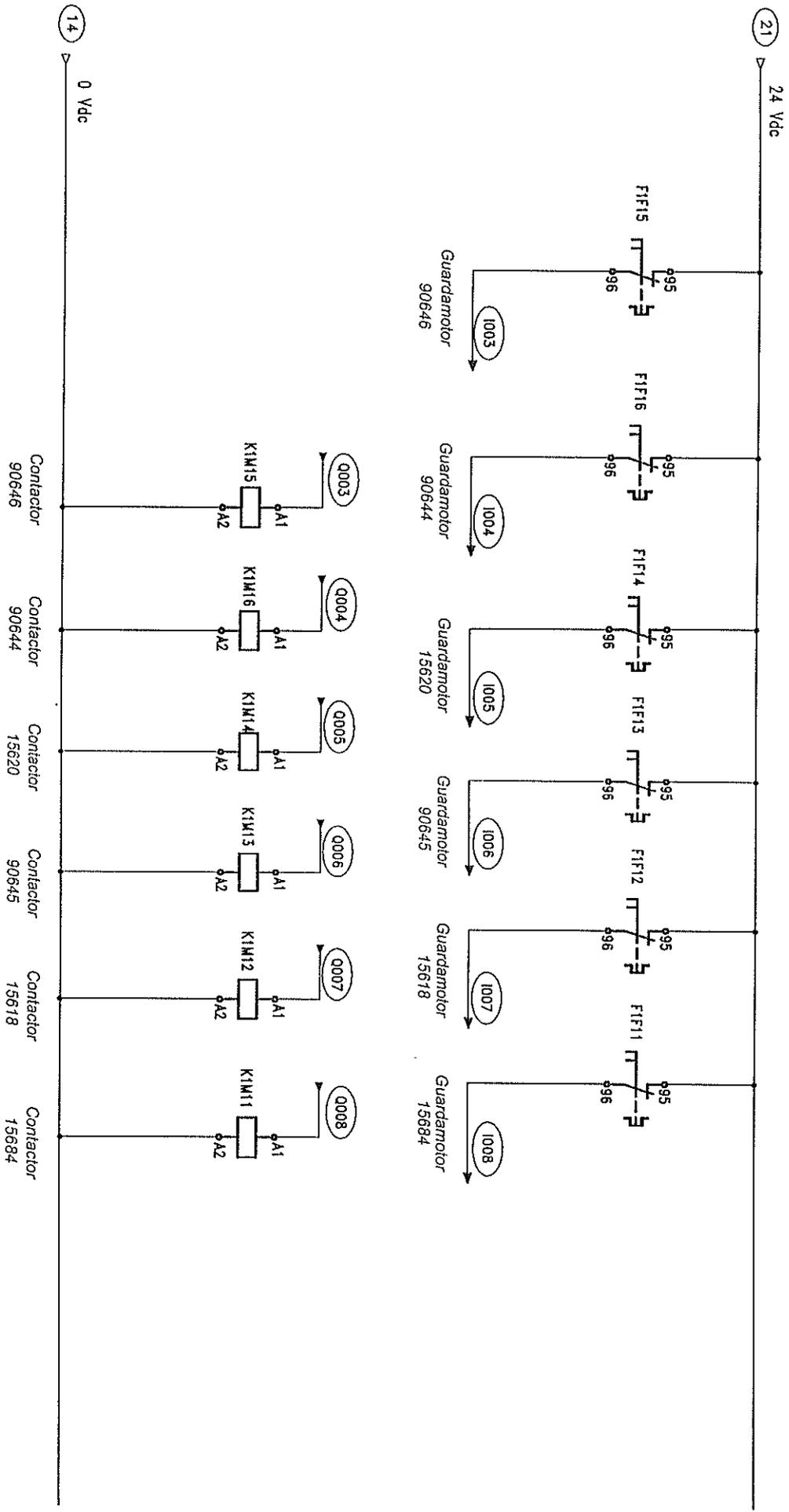
CIB-ESPOL

Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL



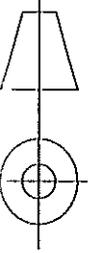
No. Plano:6

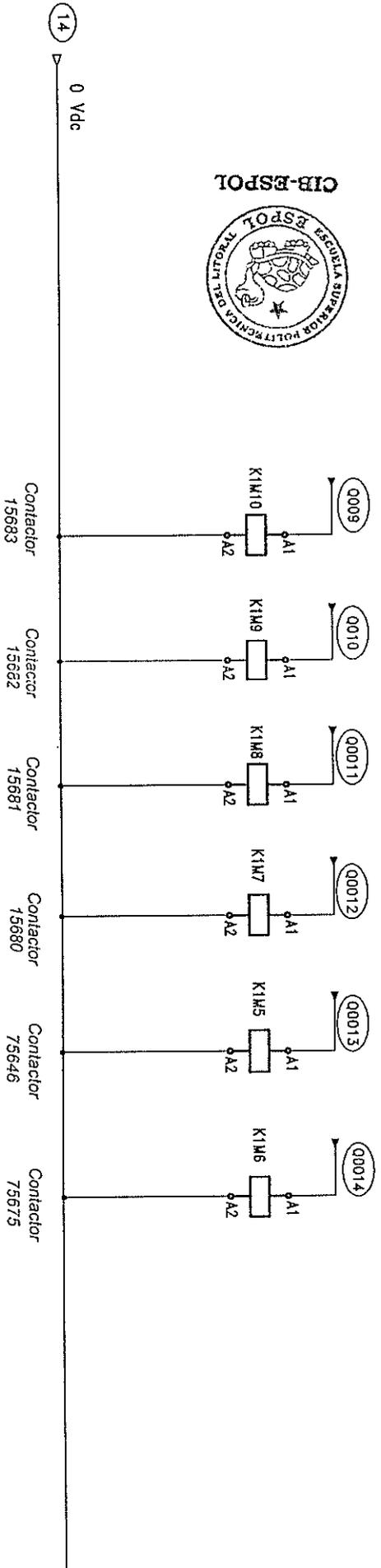
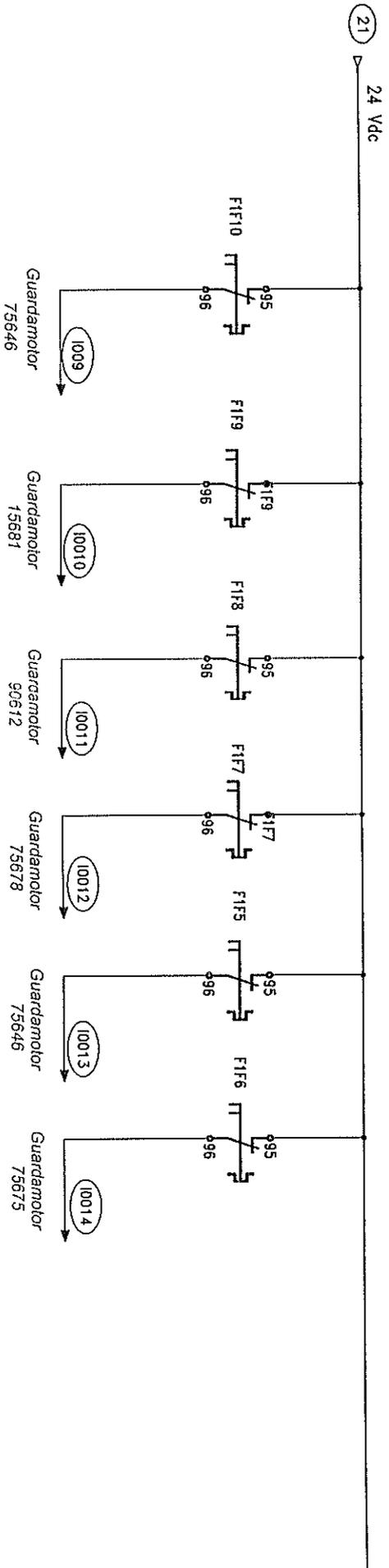


Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

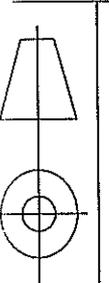
No. Plano: 7



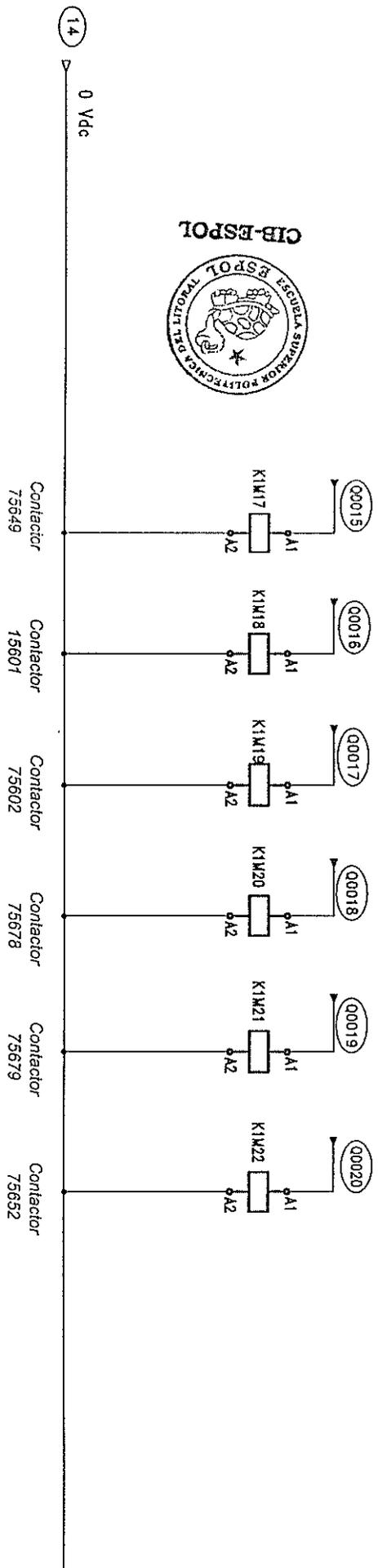
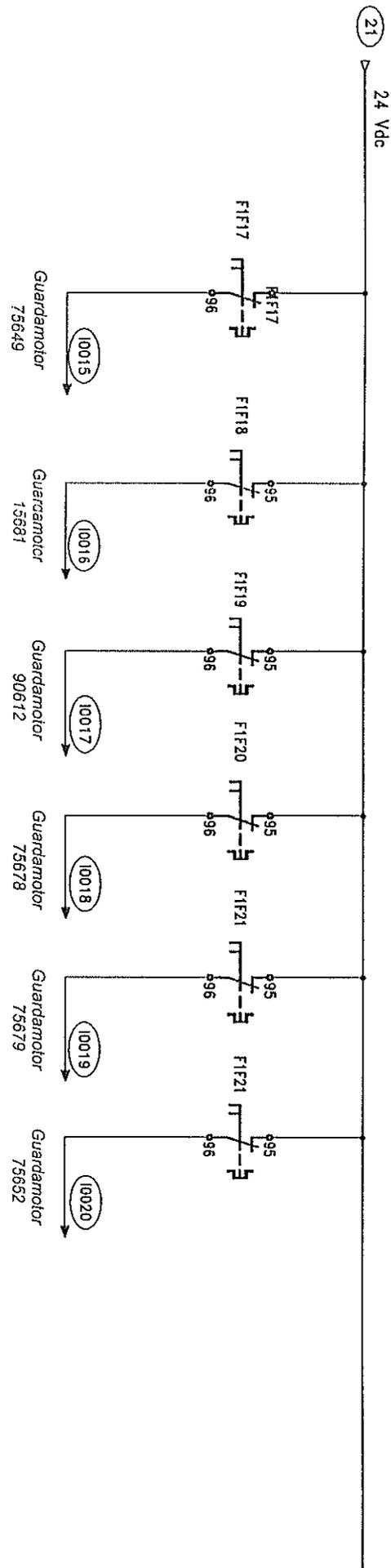


Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

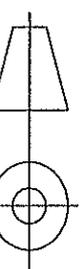


ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC QUANTUM

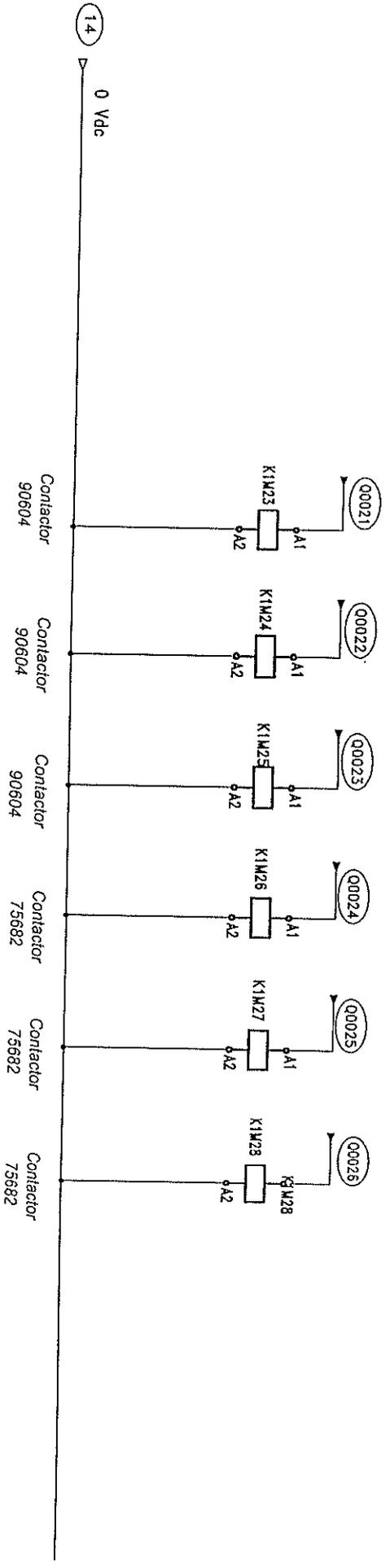
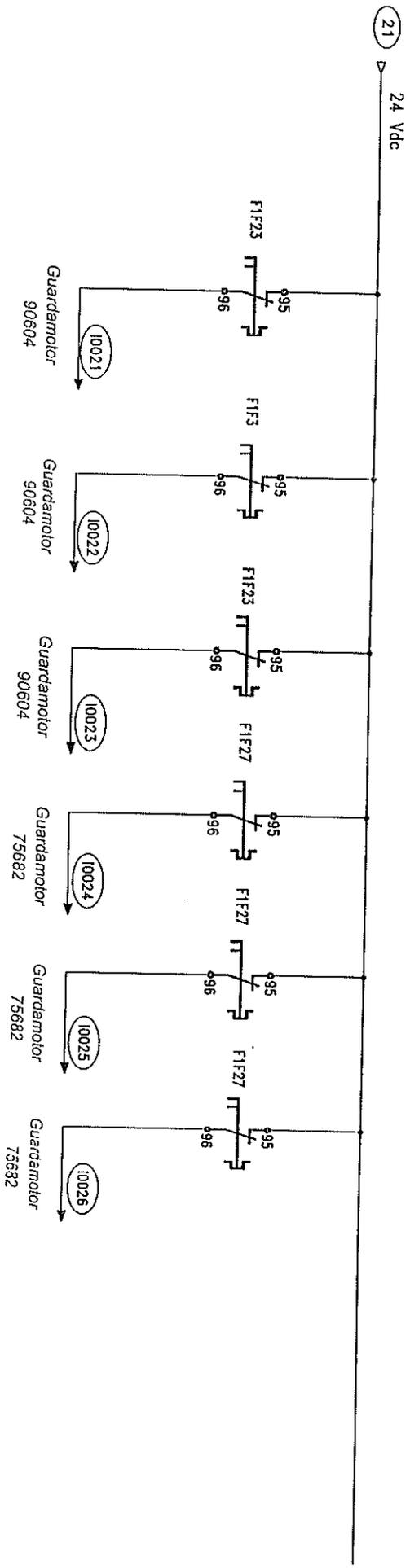


Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

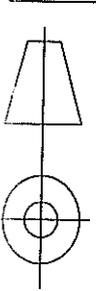


No. Plano:9

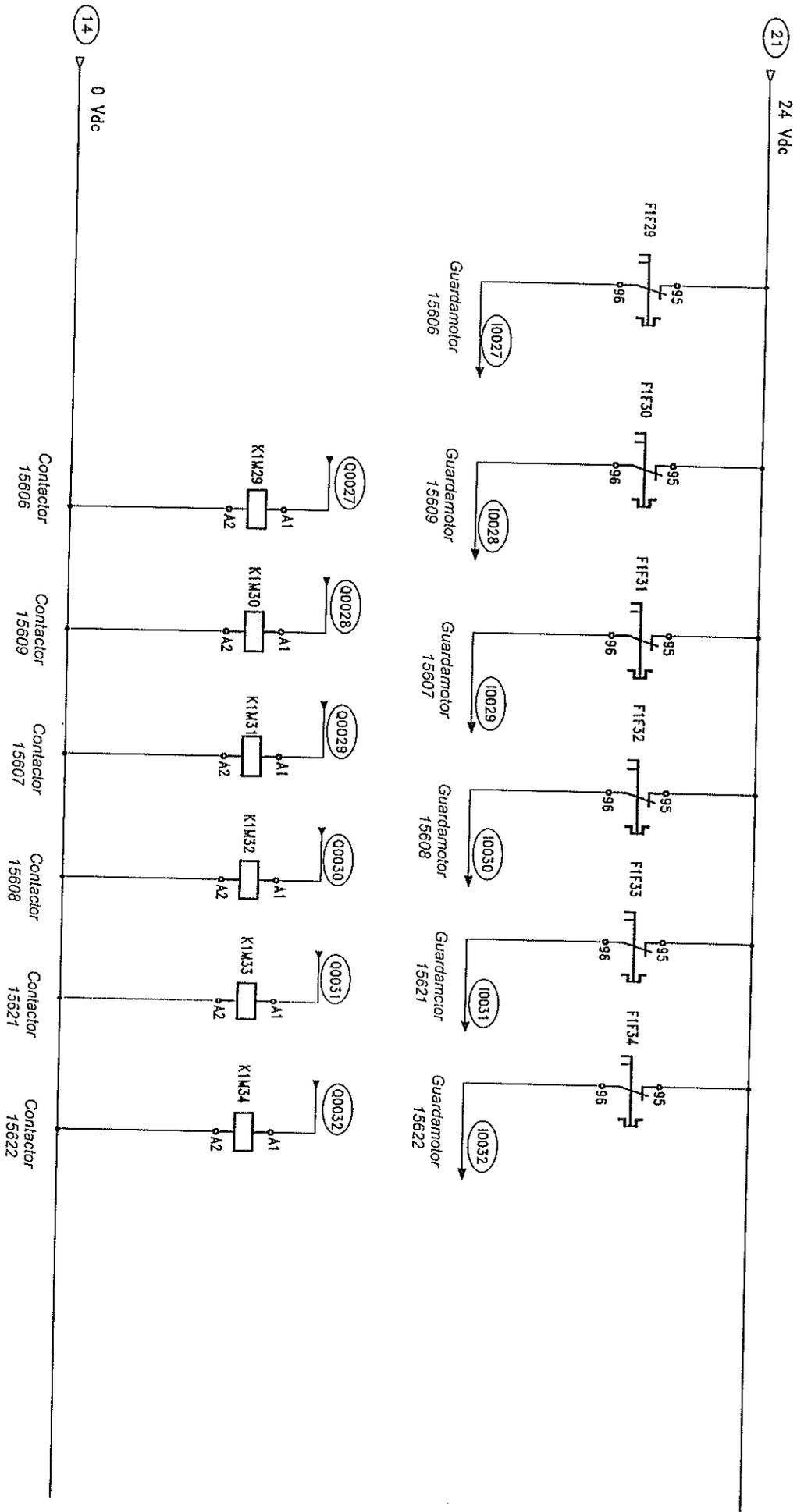


Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

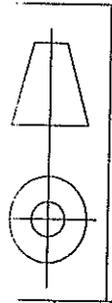


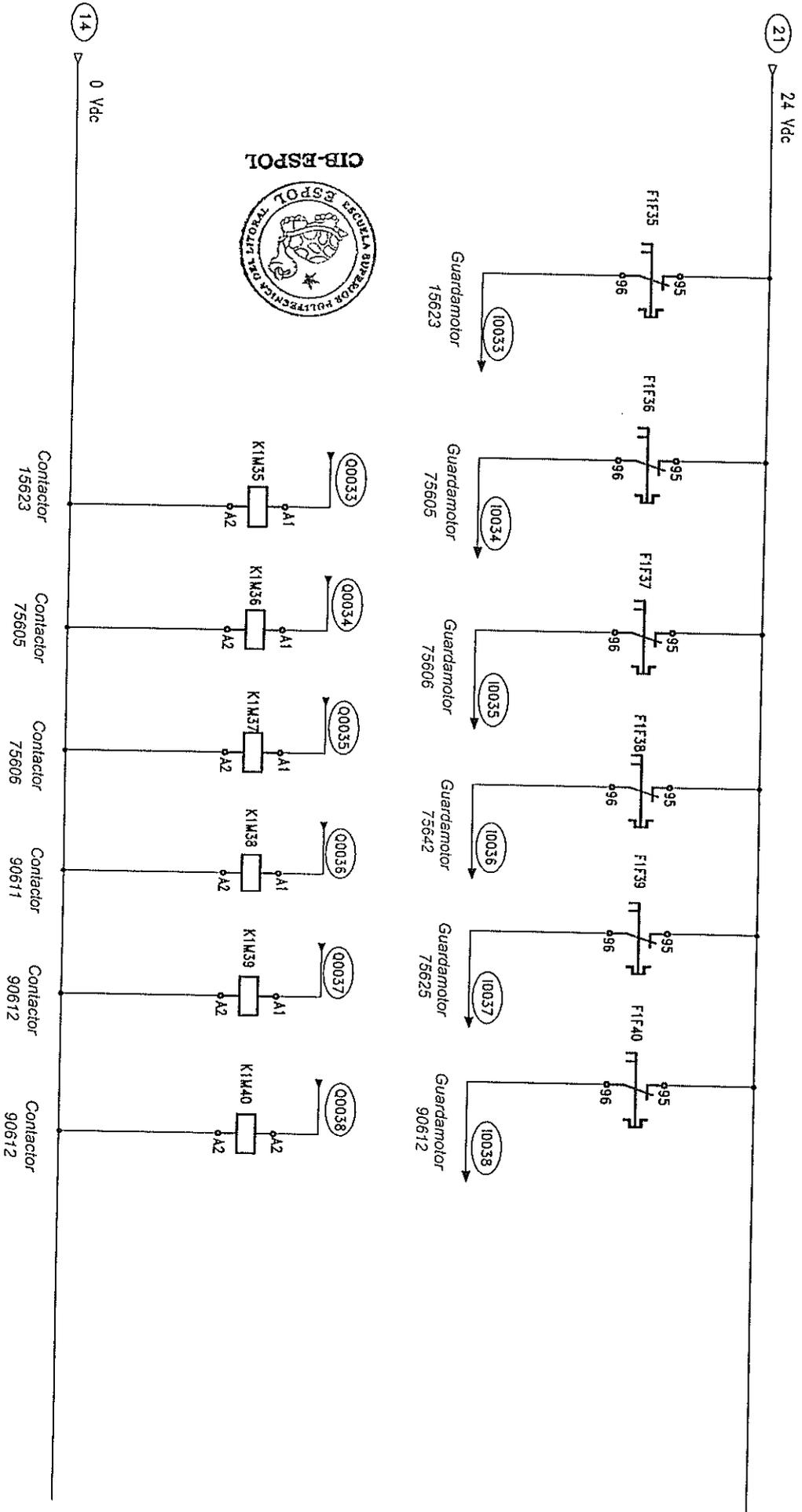
ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC GE-FANUC



Contiene:

DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE CONTROL

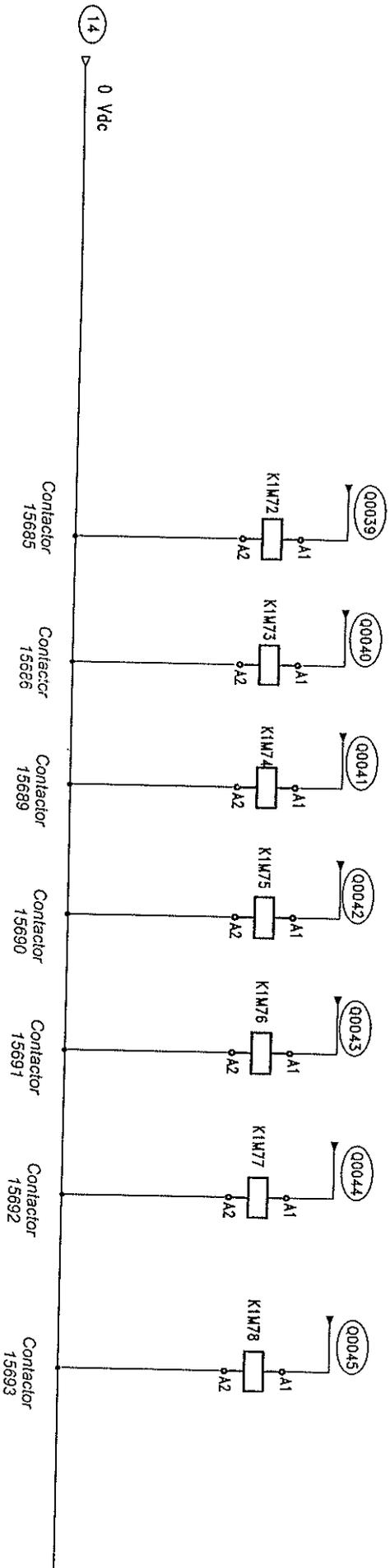
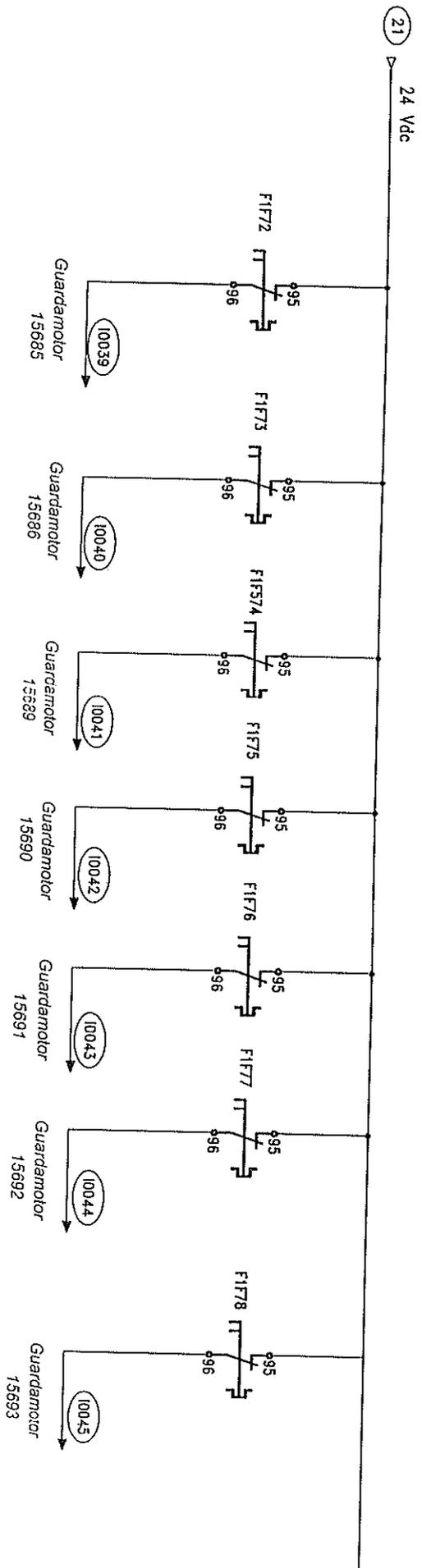




Contiene:

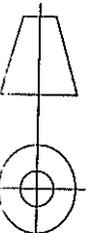
DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE CONTROL

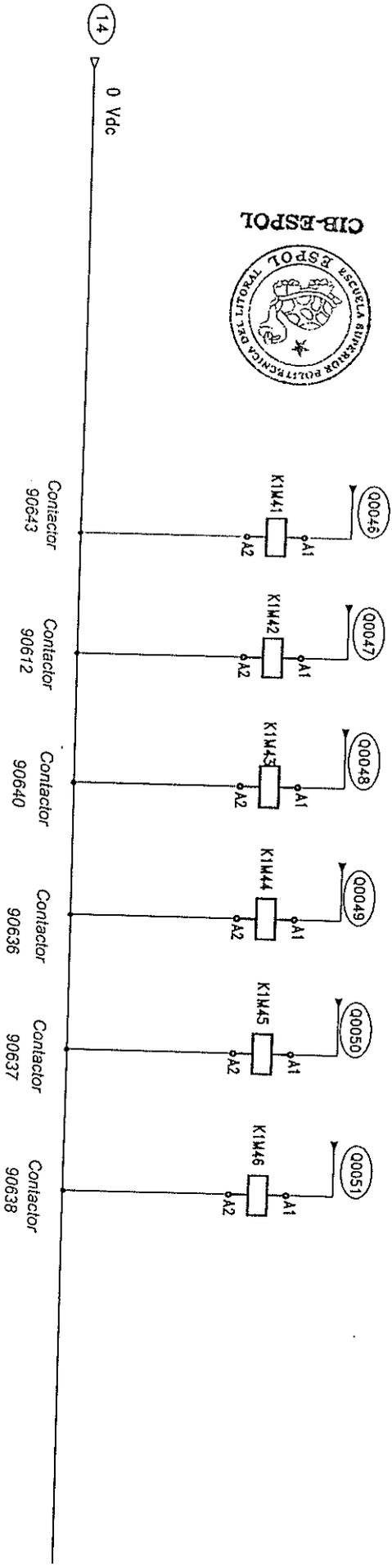
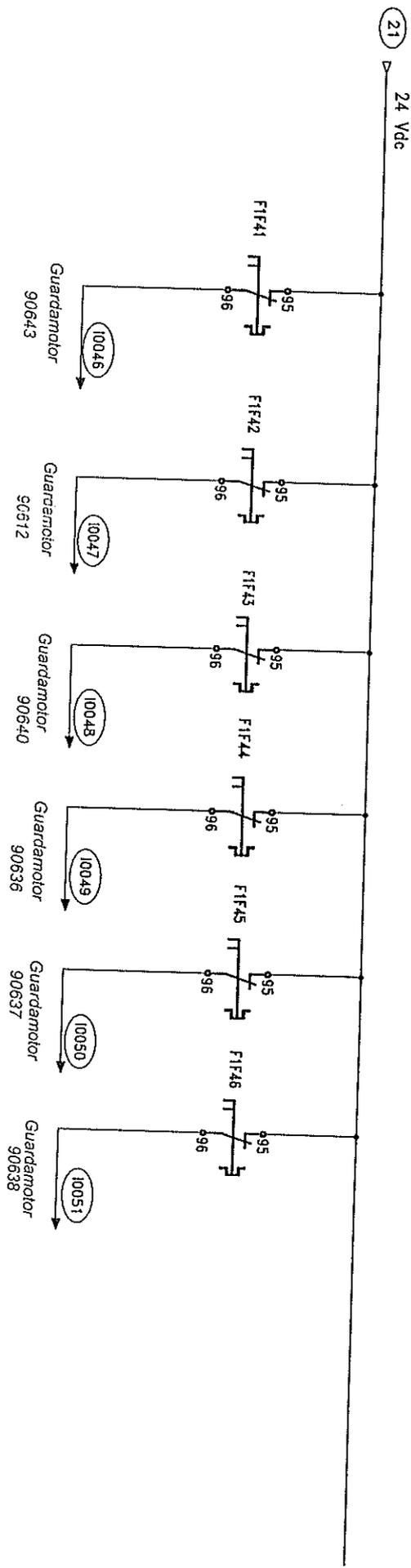
No. Plano: 12



Contiene:

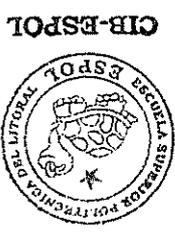
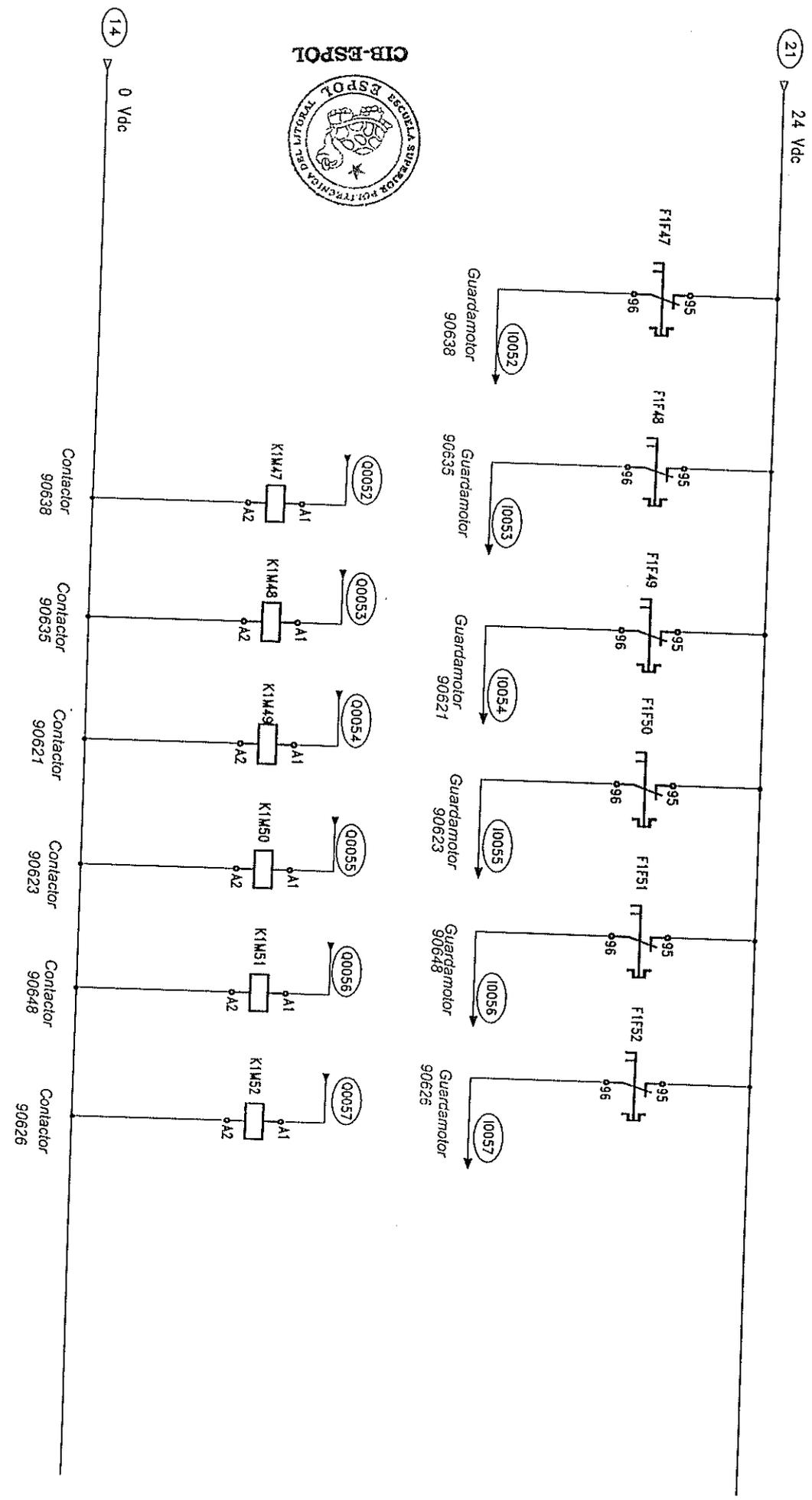
DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE CONTROL





Contiene:

DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE CONTROL

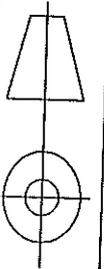


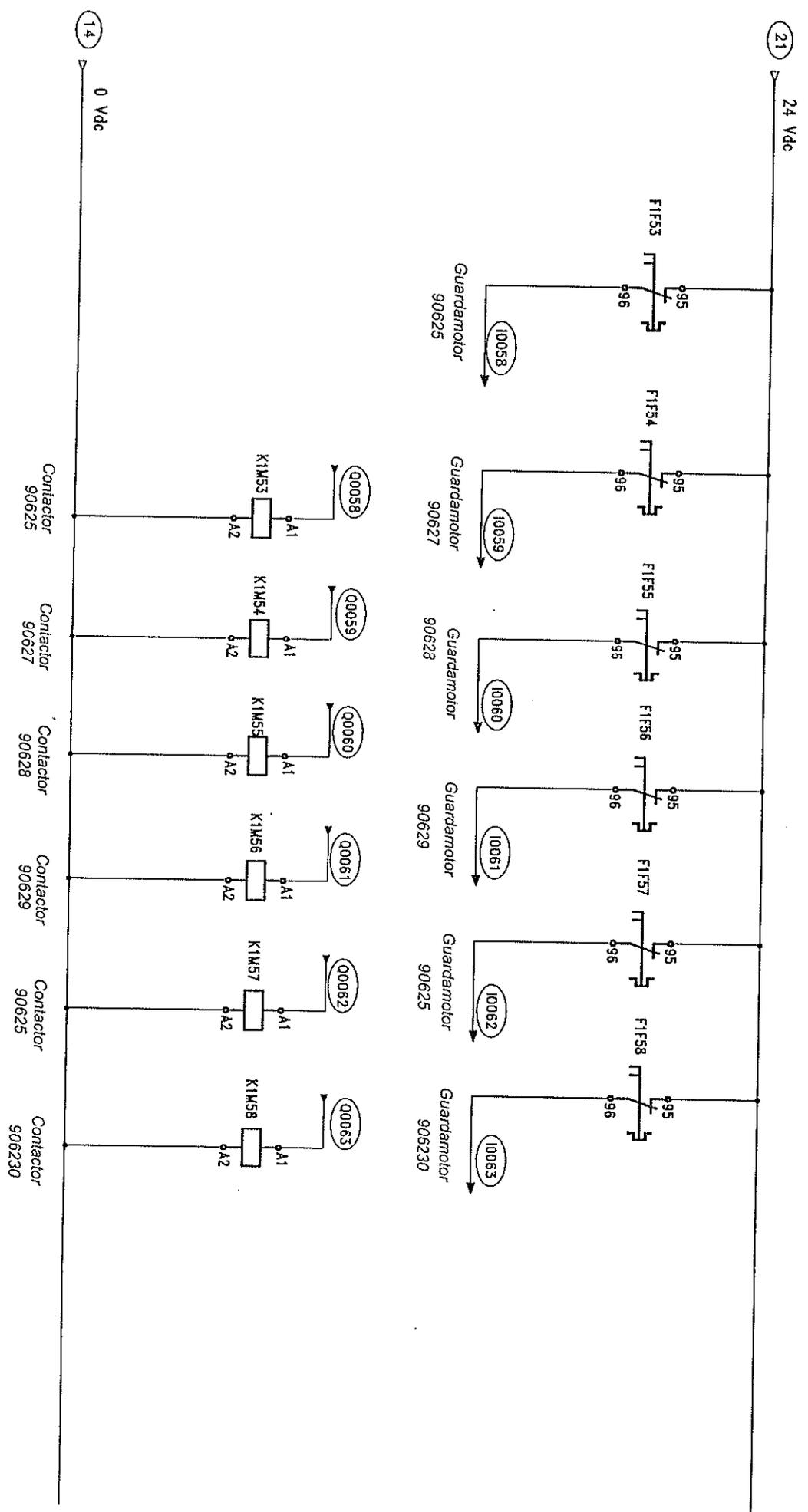
CIB-ESPOL

Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

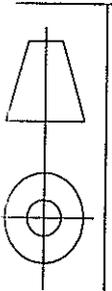
No. Plano:15

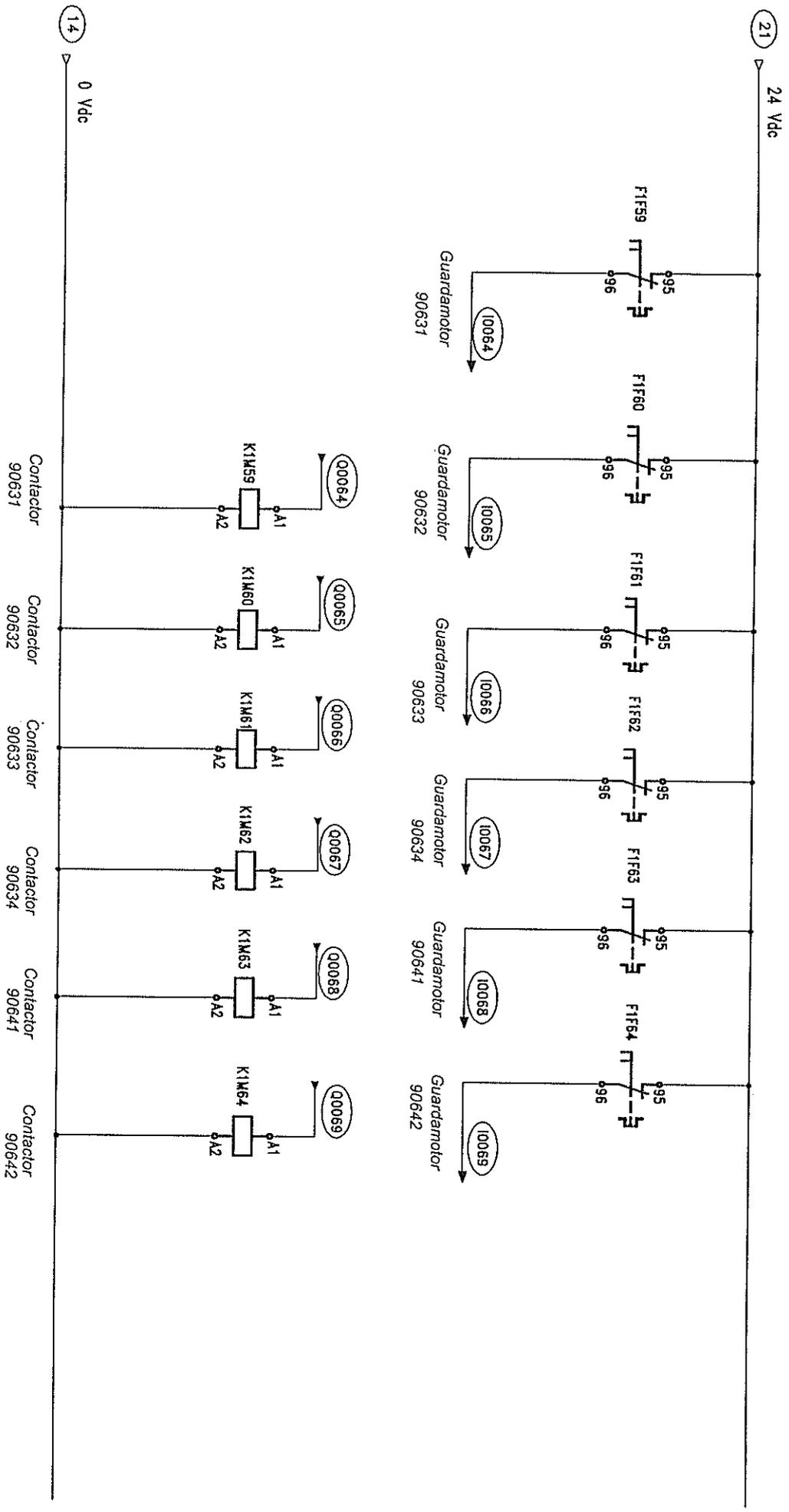




Contiene:

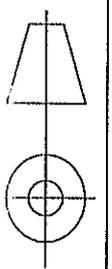
DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE CONTROL

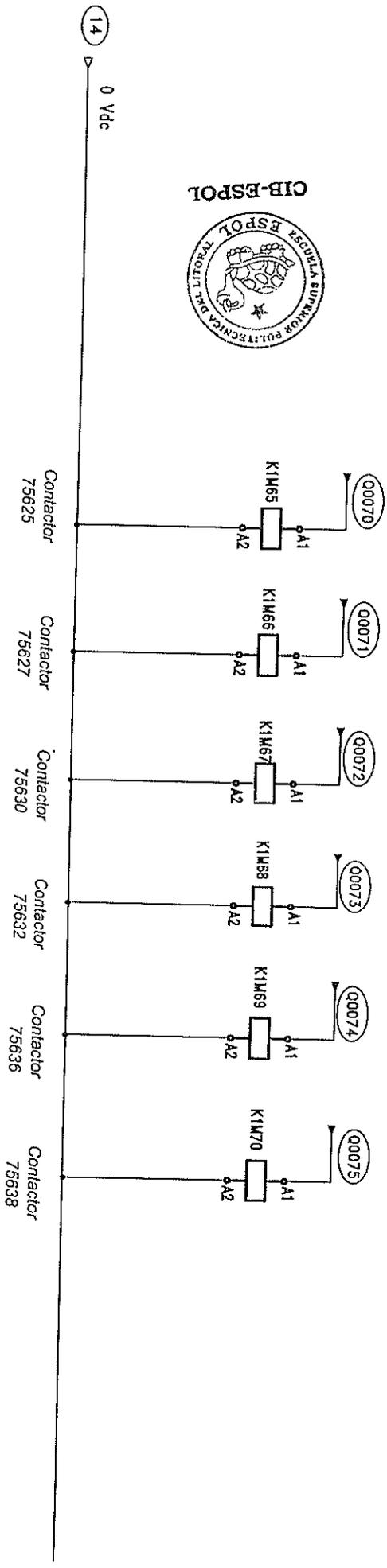
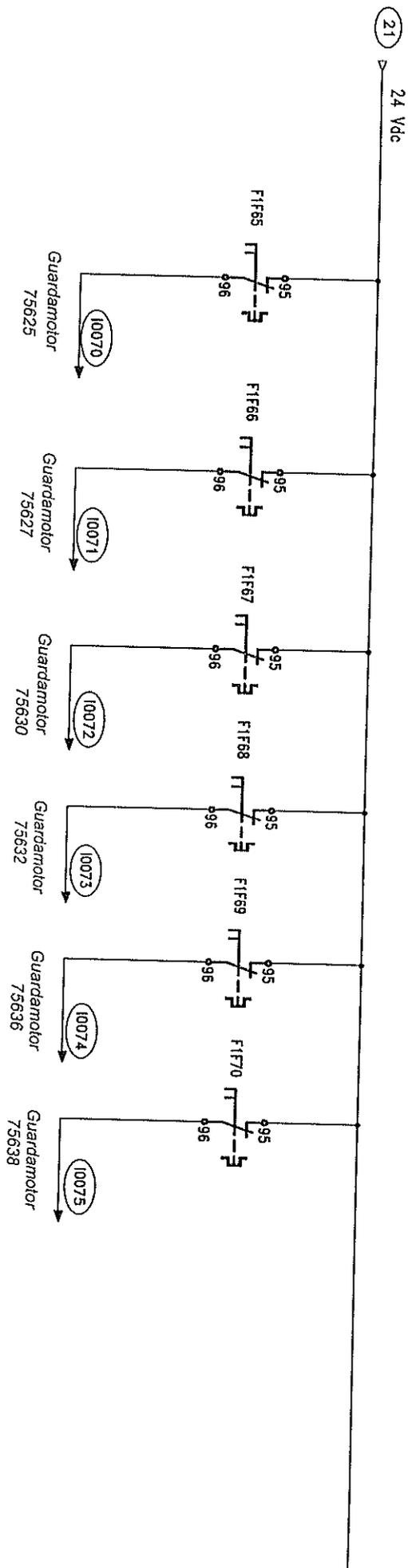




Contiene:

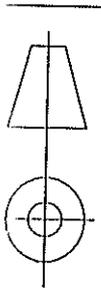
DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL





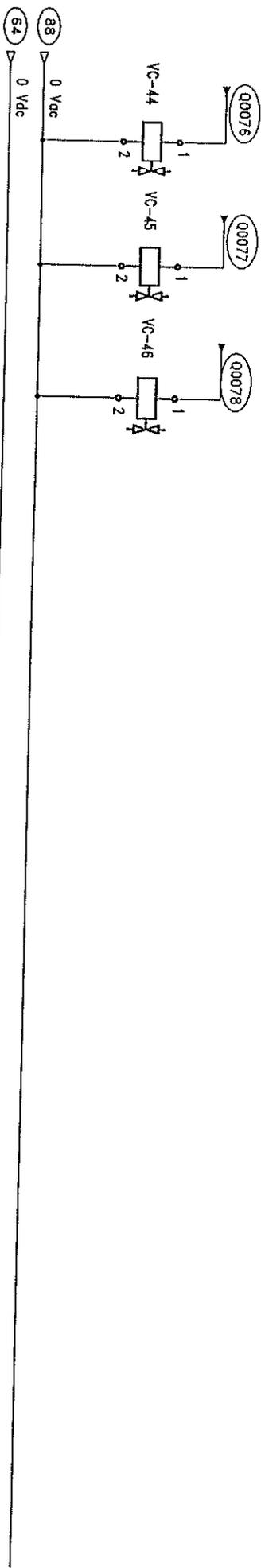
Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

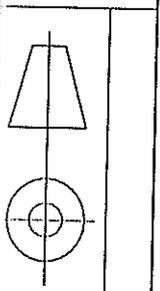


No. Plano:19

ENTRADAS - SALIDAS DEL PLC FANUC



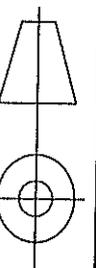
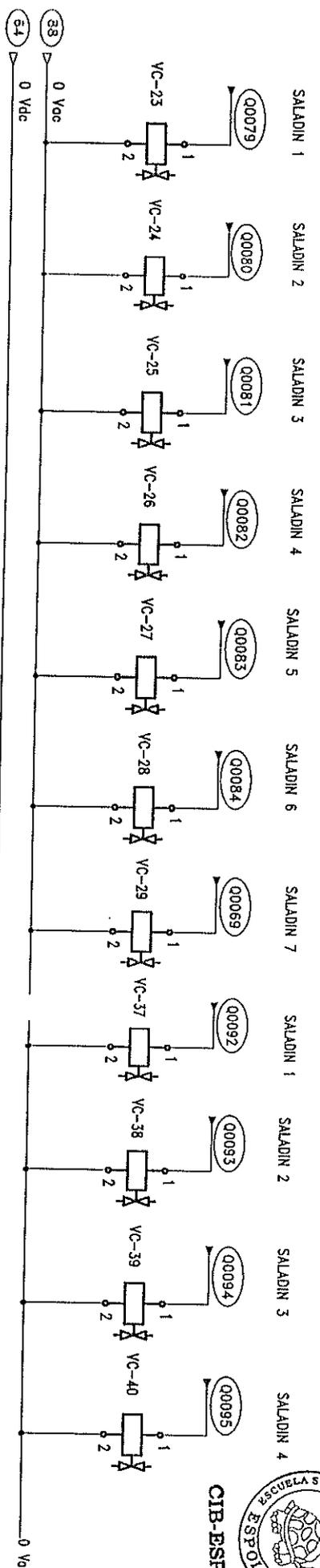
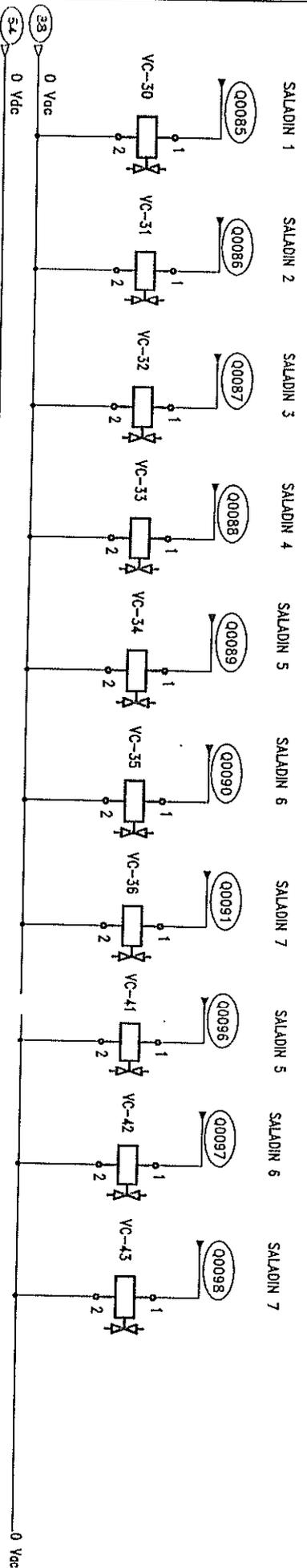
Valvulas solenoides (24) de ingreso de aire al ciclo de polvo de extraccion de raicilla



Contiene:

DISTRIBUCION DE EQUIPOS DE CONTROL

No. Plano:20



Contiene:

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

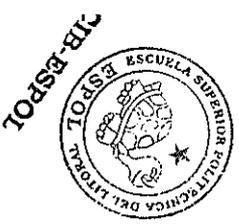
**Diseño de Pantalías**

**1.6**

**ANEXO A**

---

FIGURA 2.27 PANTALLA DE RECETAS



Lookwin [MATERIA] [CARGAR/RECETA/SALADINIST]  
 File Edit Options Alarms Window Run Help

PRINCIPAL

### GERMINACION

IMPORTAR

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| DIA 1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 18  | 18  | 20  | 19  | 20  |
| DIA 2 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 18  | 20  | 19  | 17  | 18  |
| DIA 3 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 21  | 23  | 22  | 20  | 22  |
| DIA 4 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 21  | 20  | 18  | 18  | 21  |

TEMP

### TOSTACION

DIA 1

DIA 2

### GERMINACION

SALADIN 4

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| DIA 1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 18  | 18  | 20  | 19  | 20  |
| DIA 2 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 18  | 20  | 19  | 17  | 18  |
| DIA 3 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 24  | 23  | 22  | 20  | 22  |
| DIA 4 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
|       | 21  | 20  | 18  | 18  | 21  |

### TOSTACION

DIA 1

DIA 2

CARGAR

EXPORTAR

Cambia Tiempos  
 Cambia Temperaturas

Click Here to login Administrator

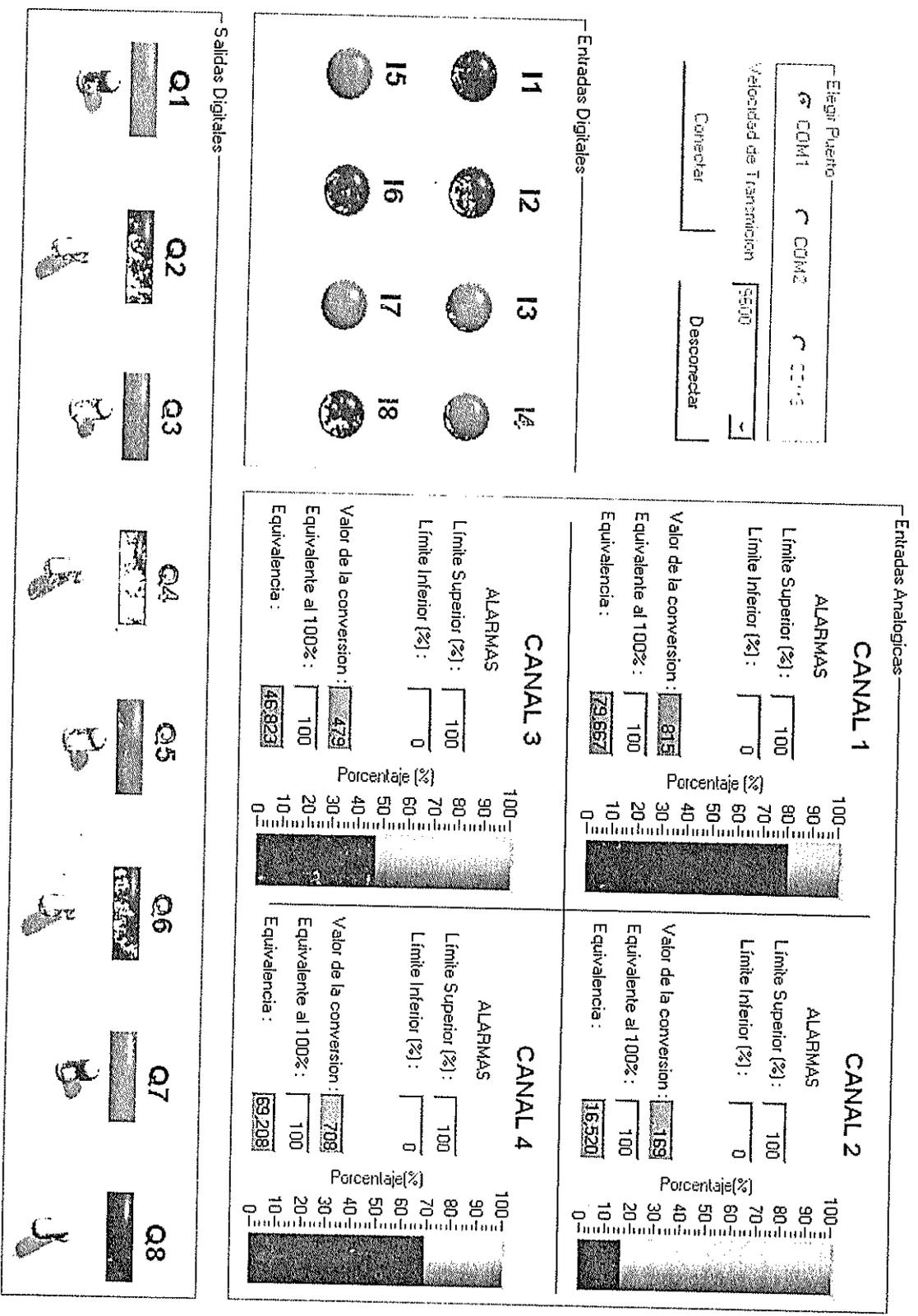
HIGH LIGHTS

556 alarms



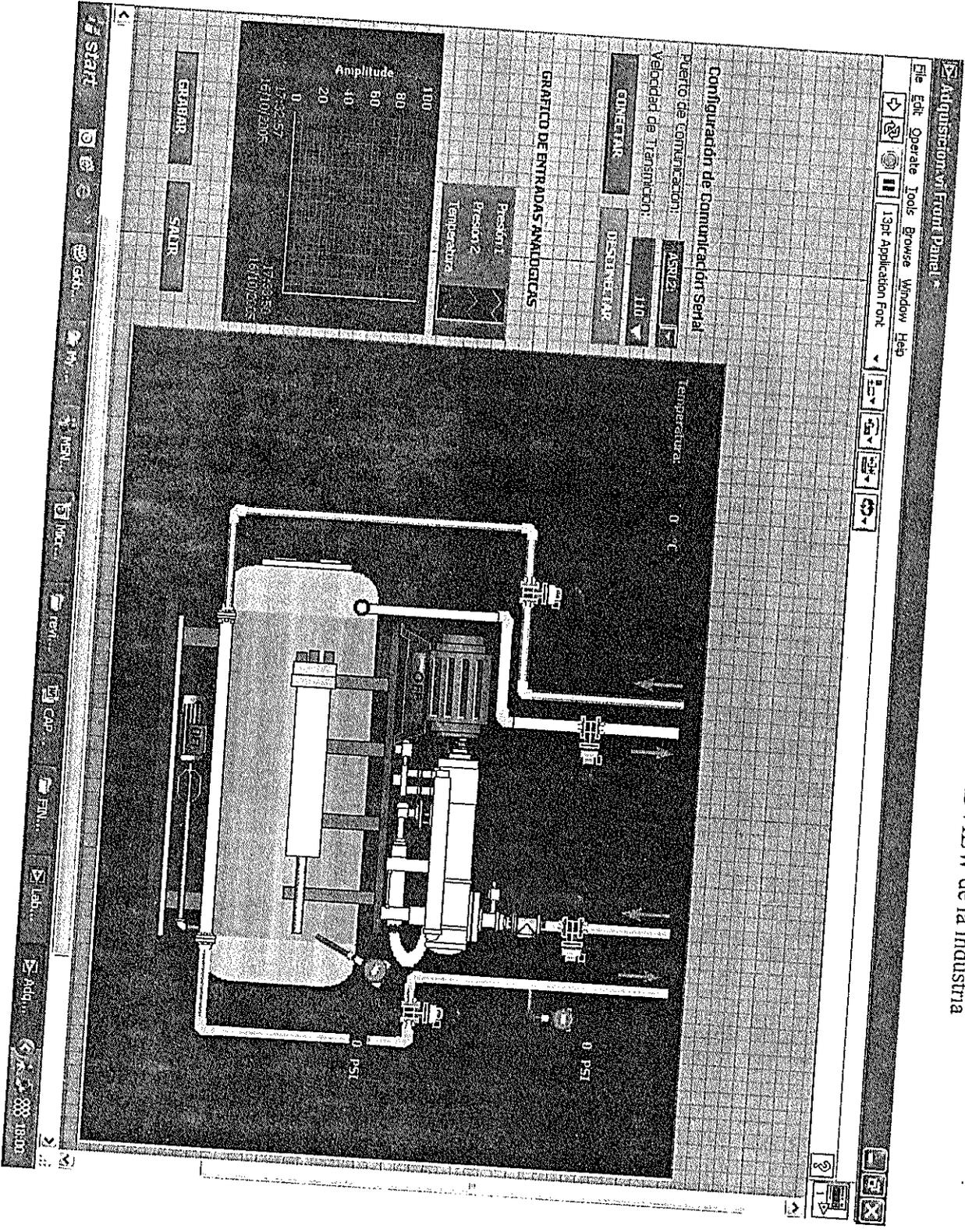


FIGURA 4.16. Pantalla principal del software de Adquisición diseñada en visual basic



CIB-ESPOL

FIGURA 3.19A Pantalla de visualización de la Aplicación realizada en LABVIEW de la industria



**GENERAL PURPOSE 6-PIN  
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

|              |               |               |               |               |               |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 4N25<br>4N37 | 4N26<br>H11A1 | 4N27<br>H11A2 | 4N28<br>H11A3 | 4N35<br>H11A4 | 4N36<br>H11A5 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|

**TRANSFER CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  Unless otherwise specified.) (Continued)

| AC Characteristic | Test Conditions   | Symbol    | Device  | Min | Typ* | Max | Unit          |
|-------------------|---|-----------|---|-----|------|-----|---------------|
| Turn-off Time     | $(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$<br>(Fig.20) | $T_{OFF}$ | 4N25<br>4N26<br>4N27<br>4N28<br>H11A1<br>H11A2<br>H11A3<br>H11A4<br>H11A5 |     | 2    |     | $\mu\text{s}$ |
|                   | $(I_C = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$<br>(Fig.20)  |           | 4N35<br>4N36<br>4N37  |     | 2    | 10  |               |

\* Typical values at  $T_A = 25^\circ\text{C}$



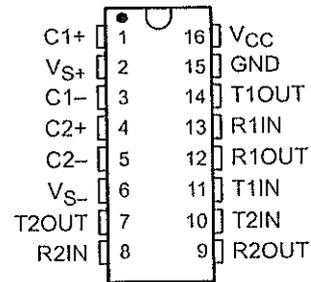
**CIB-ESPOL**

# MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

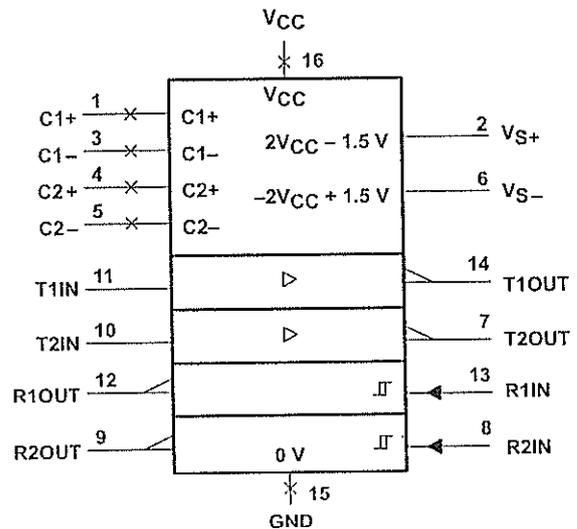
SLLS047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1998

- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015
- Package Options Include Plastic Small-Outline (D, DW) Packages and Standard Plastic (N) DIPs

D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)



logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

## description

The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The MAX232I is characterized for operation from -40°C to 85°C.

## AVAILABLE OPTIONS

| T <sub>A</sub> | PACKAGED DEVICES  |                    |                 |
|----------------|-------------------|--------------------|-----------------|
|                | SMALL OUTLINE (D) | SMALL OUTLINE (DW) | PLASTIC DIP (N) |
| 0°C to 70°C    | MAX232D†          | MAX232DW†          | MAX232N         |
| -40°C to 85°C  | MAX232ID†         | MAX232IDW†         | MAX232IN        |

† This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).



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.

LinASIC and LinBiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

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 © 1998, Texas Instruments Incorporated

**MAX232, MAX232I**  
**DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER**

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

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

|  |       |                                      |
|--|-------|--------------------------------------|
| Input supply voltage range, $V_{CC}$ (see Note 1)                | ..... | -0.3 V to 6 V                        |
| Positive output supply voltage range, $V_{S+}$                   | ..... | $V_{CC} - 0.3$ V to 15 V             |
| Negative output supply voltage range, $V_{S-}$                   | ..... | -0.3 V to -15 V                      |
| Input voltage range, $V_I$ : Driver                              | ..... | -0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V           |
| Receiver   | ..... | $\pm 30$ V                           |
| Output voltage range, $V_O$ : T1OUT, T2OUT                       | ..... | $V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V |
| R1OUT, R2OUT   | ..... | -0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V           |
| Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT                             | ..... | Unlimited                            |
| Package thermal impedance, $\theta_{JA}$ (see Note 2): D package | ..... | 113°C/W                              |
| DW package   | ..... | 105°C/W                              |
| N package  | ..... | 78°C/W                               |
| Storage temperature range, $T_{stg}$                             | ..... | -65°C to 150°C                       |
| Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds     | ..... | 260°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.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

**recommended operating conditions**

|   |         | MIN | NOM | MAX      | UNIT |
|---|---------|-----|-----|----------|------|
| Supply voltage, $V_{CC}$                        |         | 4.5 | 5   | 5.5      | V    |
| High-level input voltage, $V_{IH}$ (T1IN, T2IN) |         | 2   |     |          | V    |
| Low-level input voltage, $V_{IL}$ (T1IN, T2IN)  |         |     |     | 0.8      | V    |
| Receiver input voltage, R1IN, R2IN              |         |     |     | $\pm 30$ | V    |
| Operating free-air temperature, $T_A$           | MAX232  |     | 0   | 70       | °C   |
|   | MAX232I |     | -40 | 85       |      |



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

**MAX232, MAX232I**  
**DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER**

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER         |   | TEST CONDITIONS | MIN   | TYP† | MAX | UNIT |    |    |
|-------------------|---|-----------------|---|------|-----|------|----|----|
| V <sub>OH</sub>   | High-level output voltage                       | T1OUT, T2OUT    | R <sub>L</sub> = 3 kΩ to GND                                      |      | 5   | 7    | V  |    |
|                   |   | R1OUT, R2OUT    | I <sub>OH</sub> = -1 mA   |      | 3.5 |      |    |    |
| V <sub>OL</sub>   | Low-level output voltage‡                       | T1OUT, T2OUT    | R <sub>L</sub> = 3 kΩ to GND                                      |      | -7  | -5   | V  |    |
|                   |   | R1OUT, R2OUT    | I <sub>OL</sub> = 3.2 mA  |      | 0.4 |      |    |    |
| V <sub>IT+</sub>  | Receiver positive-going input threshold voltage | R1IN, R2IN      | V <sub>CC</sub> = 5 V, T <sub>A</sub> = 25°C                      |      | 1.7 | 2.4  | V  |    |
| V <sub>IT-</sub>  | Receiver negative-going input threshold voltage | R1IN, R2IN      | V <sub>CC</sub> = 5 V, T <sub>A</sub> = 25°C                      |      | 0.8 | 1.2  | V  |    |
| V <sub>hys</sub>  | Input hysteresis voltage                        | R1IN, R2IN      | V <sub>CC</sub> = 5 V   |      | 0.2 | 0.5  | 1  | V  |
| r <sub>i</sub>    | Receiver input resistance                       | R1IN, R2IN      | V <sub>CC</sub> = 5, T <sub>A</sub> = 25°C                        |      | 3   | 5    | 7  | kΩ |
| r <sub>o</sub>    | Output resistance                               | T1OUT, T2OUT    | V <sub>S+</sub> = V <sub>S-</sub> = 0, V <sub>O</sub> = ±2 V      |      | 300 |      | Ω  |    |
| I <sub>OS</sub> § | Short-circuit output current                    | T1OUT, T2OUT    | V <sub>CC</sub> = 5.5 V, V <sub>O</sub> = 0                       |      | ±10 |      | mA |    |
| I <sub>IS</sub>   | Short-circuit input current                     | T1IN, T2IN      | V <sub>I</sub> = 0  |      | 200 |      | μA |    |
| I <sub>CC</sub>   | Supply current                                  |                 | V <sub>CC</sub> = 5.5 V, T <sub>A</sub> = 25°C, All outputs open, |      | 8   | 10   | mA |    |

† All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

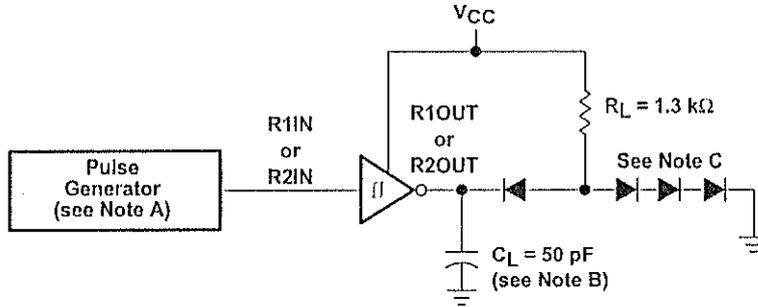
switching characteristics, V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C

| PARAMETER            |  | TEST CONDITIONS                             | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|----------------------|--|---|-----|-----|-----|------|
| t <sub>PLH</sub> (R) | Receiver propagation delay time, low- to high-level output | See Figure 1                                | 500 |     |     | ns   |
| t <sub>PHL</sub> (R) | Receiver propagation delay time, high- to low-level output | See Figure 1                                | 500 |     |     | ns   |
| SR                   | Driver slew rate   | R <sub>L</sub> = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2 |     |     | 30  | V/μs |
| SR(tr)               | Driver transition region slow rate                         | See Figure 3                                | 3   |     |     | V/μs |

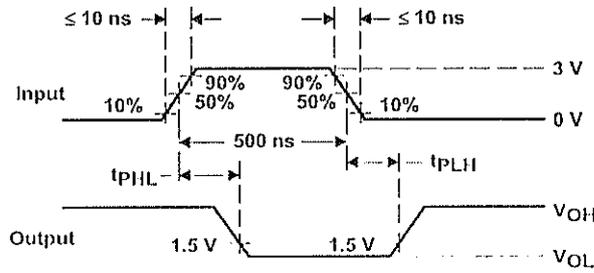
**MAX232, MAX232I**  
**DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER**

SLLS047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1998

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**



TEST CIRCUIT



WAVEFORMS

- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .  
 B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.  
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

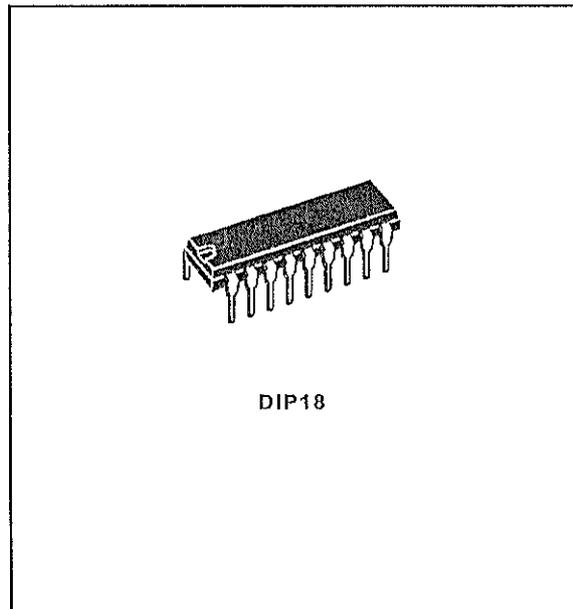
Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for  $t_{PHL}$  and  $t_{PLH}$  Measurements



CIB-ESPOL

## EIGHT DARLINGTON ARRAYS

- EIGHT DARLINGTONS WITH COMMON EMITTERS
- OUTPUT CURRENT TO 500 mA
- OUTPUT VOLTAGE TO 50 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES
- VERSIONS FOR ALL POPULAR LOGIC FAMILIES
- OUTPUT CAN BE PARALLELED
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY BOARD LAYOUT



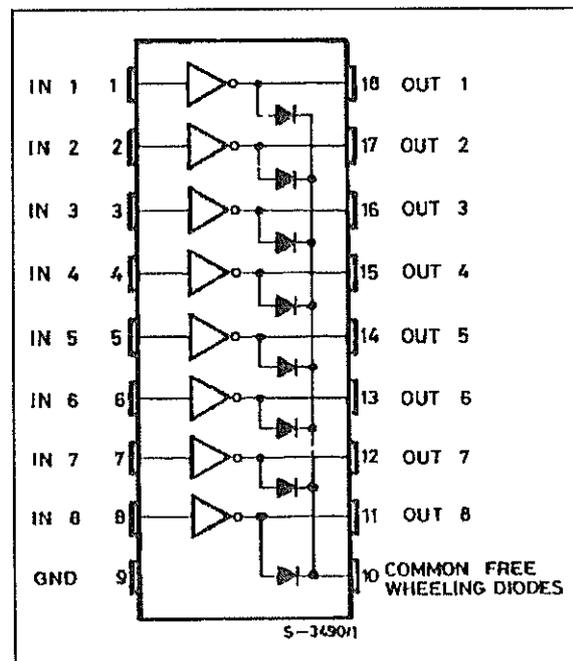
### DESCRIPTION

The ULN2801A-ULN2805A each contain eight darlington transistors with common emitters and integral suppression diodes for inductive loads. Each darlington features a peak load current rating of 600mA (500mA continuous) and can withstand at least 50V in the off state. Outputs may be paralleled for higher current capability.

Five versions are available to simplify interfacing to standard logic families: the ULN2801A is designed for general purpose applications with a current limit resistor; the ULN2802A has a 10.5kΩ input resistor and zener for 14-25V PMOS; the ULN2803A has a 2.7kΩ input resistor for 5V TTL and CMOS; the ULN2804A has a 10.5kΩ input resistor for 6-15V CMOS and the ULN2805A is designed to sink a minimum of 350mA for standard and Schottky TTL where higher output current is required.

All types are supplied in a 18-lead plastic DIP with a copperlead from and feature the convenient input-opposite-output pinout to simplify board layout.

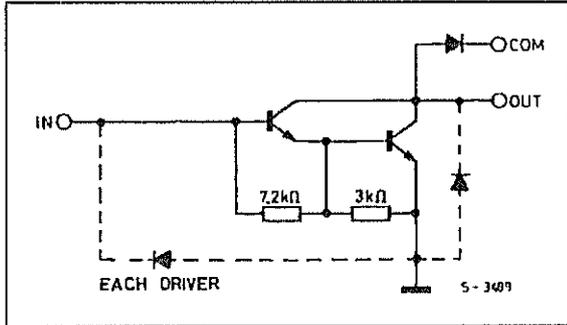
### PIN CONNECTION (top view)



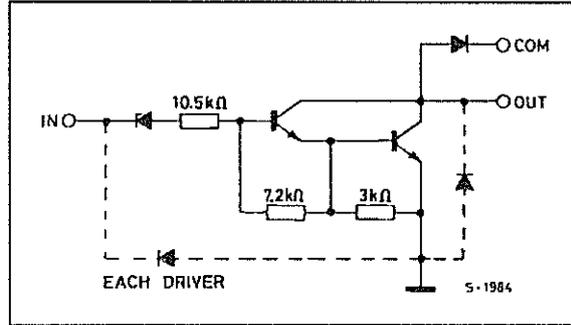
ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

SCHEMATIC DIAGRAM AND ORDER CODES

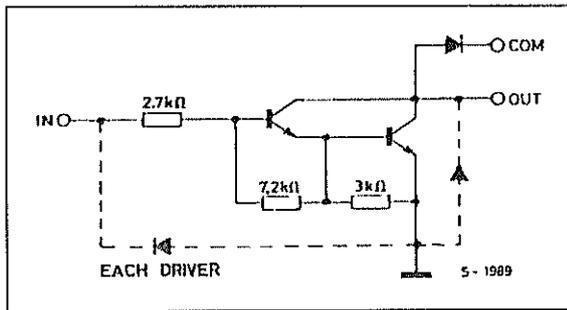
For ULN2801A (each driver for PMOS-CMOS)



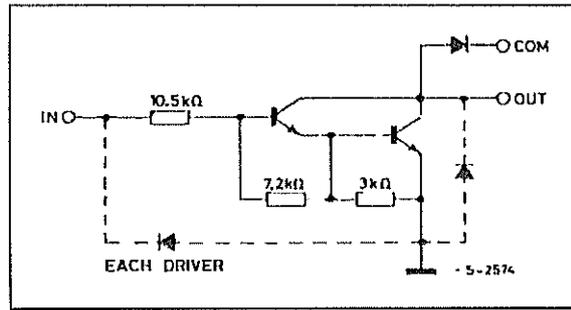
For ULN2802A (each driver for 14-15 V PMOS)



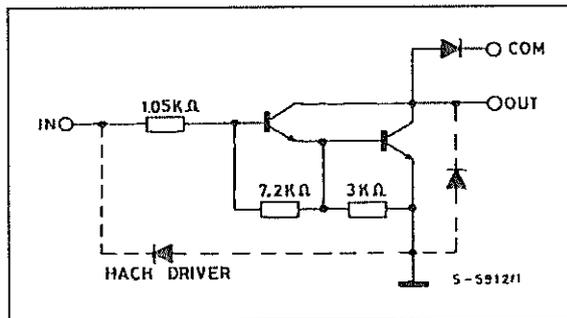
For ULN2803A (each driver for 5 V, TTL/CMOS)



For ULN2804A (each driver for 6-15 V CMOS/PMOS)



For ULN2805A (each driver for high out TTL)



CIB-ESPOL

ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol    | Parameter  | Value       | Unit |
|-----------|--|-------------|------|
| $V_o$     | Output Voltage   | 50          | V    |
| $V_i$     | Input Voltage<br>for ULN2802A, UL2803A, ULN2804A<br>for ULN2805A | 30<br>15    | V    |
| $I_c$     | Continuous Collector Current                                     | 500         | mA   |
| $I_B$     | Continuous Base Current  | 25          | mA   |
| $P_{tot}$ | Power Dissipation<br>(one Darlington pair)<br>(total package)    | 1.0<br>2.25 | W    |
| $T_{amb}$ | Operating Ambient Temperature Range                              | - 20 to 85  | °C   |
| $T_{stg}$ | Storage Temperature Range  | - 55 to 150 | °C   |
| $T_j$     | Junction Temperature Range                                       | - 20 to 150 | °C   |

THERMAL DATA

| Symbol          | Parameter                                   | Value | Unit |
|-----------------|---|-------|------|
| $R_{th\ j-amb}$ | Thermal Resistance Junction-ambient<br>Max. | 55    | °C/W |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{amb} = 25^{\circ}C$  unless otherwise specified)

| Symbol        | Parameter                            | Test Conditions  | Min. | Typ.                             | Max.   | Unit                                      | Fig.                 |
|---------------|--------------------------------------|--|------|----------------------------------|--|---|----------------------|
| $I_{cEX}$     | Output Leakage Current               | $V_{CE} = 50V$<br>$T_{amb} = 70^{\circ}C, V_{CE} = 50V$<br>$T_{amb} = 70^{\circ}C$<br>for ULN2802A<br>$V_{CE} = 50V, V_i = 6V$<br>for ULN2804A<br>$V_{CE} = 50V, V_i = 1V$   |      |                                  | 50<br>100<br>500<br>500                          | $\mu A$<br>$\mu A$<br>$\mu A$<br>$\mu A$  | 1a<br>1a<br>1b<br>1b |
| $V_{CE(sat)}$ | Collector-emitter Saturation Voltage | $I_c = 100mA, I_B = 250\mu A$<br>$I_c = 200mA, I_B = 350\mu A$<br>$I_c = 350mA, I_B = 500\mu A$  |      | 0.9<br>1.1<br>1.3                | 1.1<br>1.3<br>1.6                                | V<br>V<br>V                               | 2                    |
| $I_{i(on)}$   | Input Current                        | for ULN2802A $V_i = 17V$<br>for ULN2803A $V_i = 3.85V$<br>for ULN2804A $V_i = 5V$<br>$V_i = 12V$<br>for ULN2805A $V_i = 3V$  |      | 0.82<br>0.93<br>0.35<br>1<br>1.5 | 1.25<br>1.35<br>0.5<br>1.45<br>2.4               | mA<br>mA<br>mA<br>mA<br>mA                | 3                    |
| $I_{i(off)}$  | Input Current                        | $T_{amb} = 70^{\circ}C, I_c = 500\mu A$  | 50   | 65                               |  | $\mu A$                                   | 4                    |
| $V_{i(on)}$   | Input Voltage                        | $V_{CE} = 2V$<br>for ULN2802A<br>$I_c = 300mA$<br>for ULN2803A<br>$I_c = 200mA$<br>$I_c = 250mA$<br>$I_c = 300mA$<br>for ULN2804A<br>$I_c = 125mA$<br>$I_c = 200mA$<br>$I_c = 275mA$<br>$I_c = 350mA$<br>for ULN2805A<br>$I_c = 350mA$ |      |                                  | 13<br>2.4<br>2.7<br>3<br>5<br>6<br>7<br>8<br>2.4 | V<br>V<br>V<br>V<br>V<br>V<br>V<br>V<br>V | 5                    |
| $h_{FE}$      | DC Forward Current Gain              | for ULN2801A<br>$V_{CE} = 2V, I_c = 350mA$   | 1000 |                                  |  | -   | 2                    |
| $C_i$         | Input Capacitance                    |  |      | 15                               | 25   | pF  | -                    |
| $t_{PLH}$     | Turn-on Delay Time                   | $0.5 V_i$ to $0.5 V_o$   |      | 0.25                             | 1  | $\mu s$                                   | -                    |
| $t_{PHL}$     | Turn-off Delay Time                  | $0.5 V_i$ to $0.5 V_o$   |      | 0.25                             | 1  | $\mu s$                                   | -                    |
| $I_R$         | Clamp Diode Leakage Current          | $V_R = 50V$<br>$T_{amb} = 70^{\circ}C, V_R = 50V$  |      |                                  | 50<br>100  | $\mu A$<br>$\mu A$                        | 6<br>6               |
| $V_F$         | Clamp Diode Forward Voltage          | $I_F = 350mA$  |      | 1.7                              | 2  | V   | 7                    |

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

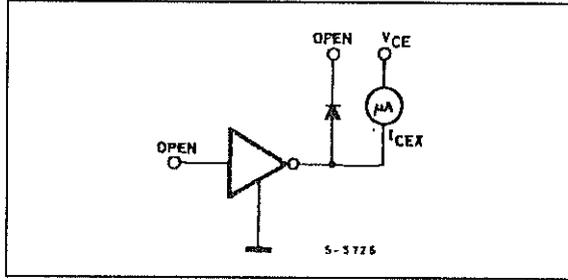


Figure 1b.

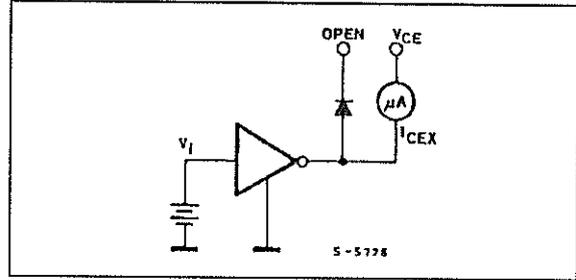


Figure 2.

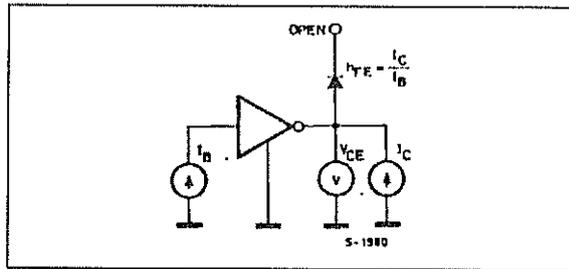


Figure 3.

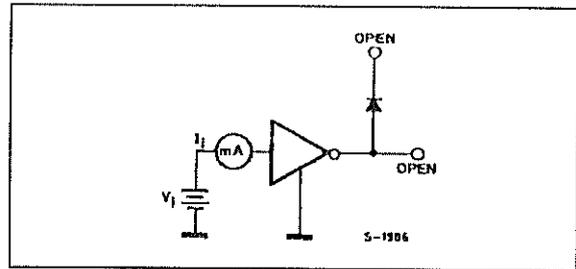


Figure 4.

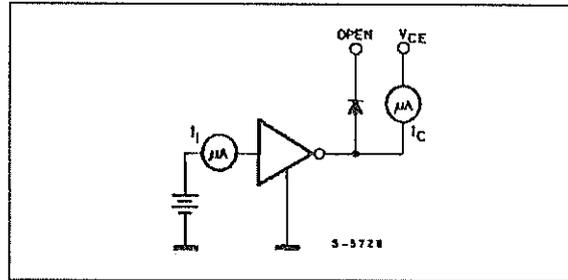


Figure 5.

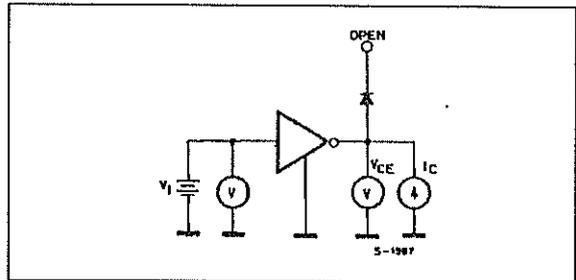


Figure 6.

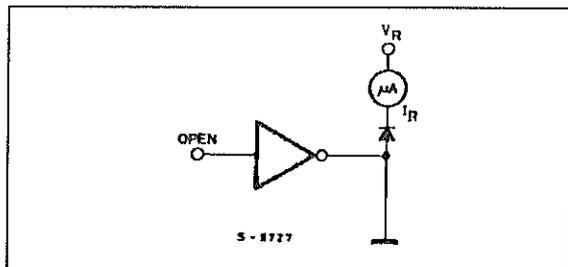
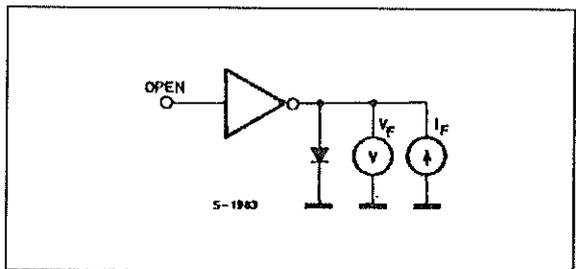


Figure 7.



CIB-ESPOL

# **Anexo B**

## **1.2**

**Diseño del Sistema Operativo**

# FIRMWARE

---

```
; PROGRAMA PARA REALIZAR UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN MICROCONTROLADOR
; 16F877A CON 4 ENTRADAS ANALÓGICAS, 8 SALIDAS DIGITALES Y 8 ENTRADAS DIGITALES
; CON COMUNICACION CON PC A TRAVÉS DEL PUERTO SERIE (RS232) CON EL USO DEL USART DEL
; PIC
```

```
#define Spbrg_Value d'25'
```

```
LIST p=16F877
INCLUDE "P16F877.INC"
```

```
-----
;   DECLARACIÓN DE LOCALIZACIÓN DE VARIABLES
;   -----
```

```
SAVED_STATUS EQU    0x20
SAVED_W       EQU    0x21
SAVED_PCLATH EQU    0x22
CONTA1        EQU    0x23
CONTA2        EQU    0x24
CONTA3        EQU    0x25
TEMP          EQU    0x26
TEMP1         EQU    0x27
COMANDO       EQU    0x28
DATOENVIADO  EQU    0x29
MILES         EQU    0x2A
CENTENAS     EQU    0x2B
DECENAS      EQU    0x2C
UNIDADES     EQU    0x2D
CHANNEL      EQU    0x2E
TEMPORAL     EQU    0x2F
CONVERSIONH  EQU    0x30
CONVERSIONL  EQU    0x31
MILH         EQU    0x32
MILL         EQU    0x33
CONTADOR     EQU    0x34
```

```
ORG 0
goto main
```

```
ORG 4
goto interrupcion
```

```
-----
;   SUBROUTINA PARA CAMBIO AL BANCO 0
;   -----
banco_0
    bcf STATUS,RP1 ;poner en 0 el bit RP1 del registro STATUS
    bcf STATUS,RP0 ;poner en 0 el bit RP0 del registro STATUS
return
```

```
-----
;   SUBROUTINA PARA CAMBIO AL BANCO 1
;   -----
banco_1
    bcf STATUS,RP1 ;poner en 0 el bit RP1 del registro STATUS
    bsf STATUS,RP0 ;poner en 1 el bit RP0 del registro STATUS
return
```

```

;-----
;                               SUBROUTINA PARA CONFIGURAR PUERTOS
;-----

```

```

configports
  call  banco_1      ;llamar a subrutina de cambio al banco 1
  movlw b'10000010' ;mover 82h a w
  movwf ADCON1      ;mover w a ADCON1 conversión justificada a la derecha
                    ;y 5 canales analógicos desde Ch0 hasta Ch4
  movlw b'11111111' ;mover FFh a w
  movwf TRISA       ;mover w a TRISA Puerto A como entrada
  movlw b'11111111' ;mover FFh a w
  movwf TRISB       ;mover w a TRISB Puerto B como entrada
  movlw b'11111101' ;mover FDh a w
  movwf TRISC       ;bit6:Tx como salida y el resto como entradas
  clrf  TRISD       ;borrar TRISD Puerto D como salida
  call  banco_0      ;llamar a subrutina de cambio al banco 0
  return

```

```

;-----
;                               SUBROUTINA PARA CONFIGURAR CONVERTOR A/D
;-----

```

```

configconvAD
  movlw b'01000000' ;mover 40h a w
  movwf ADCON0      ;mover w a ADCON0, reloj de conversión Fosc/8 y
                    ;convertor apagado
  return

```

```

;-----
;                               SUBROUTINA PARA CONFIGURAR INTERRUPCION
;-----

```

```

configinterrupts
  call  banco_1      ;llamar a subrutina de cambio al banco 1
  bsf   PIEL,RCIE    ;Habilitar interrupción por recepción de datos por
                    ;la comunicación serial poniendo en 1 el bit RCIE
                    ;del registro PIEL
  bsf   INTCON,PEIE  ;Habilitar las interrupciones por periféricos
                    ;poniendo en 1 el bit PEIE del registro INTCON
  bsf   INTCON,GIE   ;Habilitar la interrupción global poniendo en 1 el
                    ;bit GIE de registro INTCON
  call  banco_0      ;Llamar a subrutina de cambio al banco 0
  return

```

```

;-----
;                               SUBROUTINA PARA CONGIGURAR COMUNICACION SERIAL
;-----

```

```

configserial
  call  banco_1      ;Llamar a subrutina de cambio al banco 1
  movlw Spbrg_Value ;mover 25 a w
  movwf SPBRG        ;mover w a SPBRG para velocidad de transmisión de
                    ;9600 baudios con BRGH=1
  movlw b'10100100' ;mover A4h a w
  movwf TXSTA        ;mover w a TXSTA para 8 bits de transmisión, habilitar
                    ;transmisión, modo asincrónico y alta velocidad.
  call  banco_0      ;llamar a subrutina de cambio al banco 0
  movlw b'10010000' ;mover 90h a w
  movwf RCSTA        ;mover w a RCSTA para habilitar el puerto serie,
                    ;8 bits de recepción, habilitar recibimiento continuo
                    ;de datos
  return

```



**CIB-ESPOL**

```

;-----
;                               SUBROUTINA DE RETARDO
;-----
;
;
;Formula para calcula tiempo de este retardo
;  T = #instrucciones x (1/f) x 4
;  #instrucciones= (((3(CONTA1)+8)CONTA2)+8)CONTA3 + 1
;
retardo
    movf  CONTA1,0          ;mover CONTA1 en w
    movwf TEMP              ;mover w en TEMP,   TEMP<--CONTA1
    movf  CONTA2,0          ;mover CONTA2 en w
    movwf TEMP1             ;mover w en TEMP1   TEMP1<--CONTA2
    lazo3
        movf  TEMP1,0        ;mover TEMP1 en w
        movwf CONTA2         ;mover w en CONTA2  CONTA2<--TEMP1
    lazo2
        movf  TEMP,0         ;mover TEMP en w
        movwf CONTA1         ;mover w en CONTA1  CONTA1<--TEMP
    lazo1
        decfsz CONTA1,1      ;decrementar CONTA1 en 1 y saltar cuando
                            ;llegue a cero
        goto  lazo1          ;ir a la etiqueta lazo1 si CONTA1 no ha
                            ;llegado a cero para continuar decrementando
        decfsz CONTA2,1      ;decrementar CONTA2 en 1 y saltar cuando
                            ;llegue a cero
        goto  lazo2          ;ir a la etiqueta lazo2 si CONTA2 no ha
                            ;llegado a cero para cargar nuevamente CONTA1
                            ;y seguir decrementando CONTA2
        decfsz CONTA3,1      ;decrementar CONTA3 en 1 y retornar de la
                            ;rutina cuando llegue a cero
        goto  lazo3          ;ir a la etiqueta lazo3 si CONTA3 no ha
                            ;llegado a cero para cargar nuevamente CONTA1
                            ;y CONTA2 para seguir decrementando CONTA3

    return

return

```

```

;-----
;                               SUBROUTINA DE RETARDO DE 20us
;-----
;
;#instrucciones=((3(1)+8)1)+8)1+1=20
;T=20 x (1/4MHz) x 4 =20us
RETARDO_20uS
    movlw d'1'              ;mover 1 en w
    movwf CONTA1            ;mover w en CONTA1,   CONTA1<--1
    movlw d'1'              ;mover 1 en w
    movwf CONTA2            ;mover w en CONTA2,   CONTA2<--1
    movlw d'1'              ;mover 1 en w
    movwf CONTA3            ;mover w en CONTA3,   CONTA3<--1
    call  retardo           ;llamar a subrutina de retardo

return

```

```

;-----
;                               SUBROUTINA DE RETARDO DE 15 ms
;-----
;
;#instrucciones=((3(255)+8)20)+8)1+1=15469
;T=15469 x (1/4MHz) x 4 =15.46ms
RETARDO_15ms
    movlw d'255'            ;mover 255 en w
    movwf CONTA1            ;mover w en CONTA1,   CONTA1<--255
    movlw d'20'             ;mover 20 en w
    movwf CONTA2            ;mover w en CONTA2,   CONTA2<--20
    movlw d'1'              ;mover 1 en w
    movwf CONTA3            ;mover w en CONTA3,   CONTA3<--1
    call  retardo           ;llamar a subrutina de retardo

return

```

-----  
 ; SUBROUTINA PARA ENCENDER O APAGAR SALIDAS DEL PIC  
 -----

```

encender1
    btfss PORTD,0      ;preguntar por bit 0 del Puerto D
    goto on1          ;si es 0 ir a etiqueta on1
    goto off1         ;sino ir a etiqueta off1
on1   bsf PORTD,0      ;poner en 1 el bit 0 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
off1  bcf PORTD,0      ;poner en 0 el bit 0 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
  
```

```

encender2
    btfss PORTD,1      ;preguntar por bit 1 del Puerto D
    goto on2          ;si es 0 ir a etiqueta on2
    goto off2         ;sino ir a etiqueta off2
on2   bsf PORTD,1      ;poner en 1 el bit 1 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
off2  bcf PORTD,1      ;poner en 0 el bit 1 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
  
```

```

encender3
    btfss PORTD,2      ;preguntar por bit2 del puerto D
    goto on3          ;si es 0 ir a etiqueta on3
    goto off3         ;sino ir a etiqueta off3
on3   bsf PORTD,2      ;poner en 1 el bit 2 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
off3  bcf PORTD,2      ;poner en 0 el bit 2 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
  
```

```

encender4
    btfss PORTD,3      ;preguntar por bit3 del puerto D
    goto on4          ;si es 0 ir a etiqueta on4
    goto off4         ;sino ir a etiqueta off4
on4   bsf PORTD,3      ;poner en 1 el bit 3 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
off4  bcf PORTD,3      ;poner en 0 el bit 3 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
  
```

```

encender5
    btfss PORTD,4      ;preguntar por bit4 del puerto D
    goto on5          ;si es 0 ir a etiqueta on5
    goto off5         ;sino ir a etiqueta off5
on5   bsf PORTD,4      ;poner en 1 el bit 4 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
off5  bcf PORTD,4      ;poner en 0 el bit 4 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
  
```

```

encender6
    btfss PORTD,5      ;preguntar por bit5 del puerto D
    goto on6          ;si es 0 ir a etiqueta on6
    goto off6         ;sino ir a etiqueta off6
on6   bsf PORTD,5      ;poner en 1 el bit 5 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
off6  bcf PORTD,5      ;poner en 0 el bit 5 del Puerto D
    clrf COMANDO      ;borrar COMANDO
    return           ;retornar de subrutina
  
```



**CIB-ESPOL**

```

encender7
    btfss PORTD,6 ;preguntar por bit6 del puerto D
    goto on7 ;si es 0 ir a etiqueta on7
    goto off7 ;sino ir a etiqueta off7
on7 bsf PORTD,6 ;poner en 1 el bit 6 del Puerto D
    clrf COMANDO ;borrar COMANDO
    return ;retornar de subrutina
off7 bcf PORTD,6 ;poner en 0 el bit 6 del Puerto D
    clrf COMANDO ;borrar COMANDO
    return ;retornar de subrutina

```

```

encender8
    btfss PORTD,7 ;preguntar por bit7 del puerto D
    goto on8 ;si es 0 ir a etiqueta on8
    goto off8 ;sino ir a etiqueta off8
on8 bsf PORTD,7 ;poner en 1 el bit 7 del Puerto D
    clrf COMANDO ;borrar COMANDO
    return ;retornar de subrutina
off8 bcf PORTD,7 ;poner en 0 el bit 7 del Puerto D
    clrf COMANDO ;borrar COMANDO
    return ;retornar de subrutina

```

```

;-----
; SUBROUTINA PARA ENVIAR UN CARACTER POR EL PUERTO SERIE
;-----

```

```

;Subrutina que envía un dato por el puerto serie esperando que el mismo
;no se encuentre ocupado
putc

```

```

    pwait
        btfss PIR1, TXIF ;preguntar por bandera de interrupción
        ;por transmisión de dato serial
        goto pwait ;sino es 0 voy a etiqueta pwait para
        ;esperar a que pueda enviar el dato
        movwf TXREG ;mover el dato guardado en w a TXREG
        ;para enviarlo por el puerto serie
    return

```

```

;-----
; SUBROUTINA PARA CONVERSION ANALOGICA A DIGITAL
;-----

```

```

;Subrutina que hace la conversión analógica digital del canal enviado
;en el registro de trabajo w. y retorna la conversión en ADRESH y ADRESL
convertir

```

```

    movwf CHANNEL ;mover w a variable CHANNEL
    movlw b'110001111' ;mover C7h a w
    andwf ADCON0,1 ;realiza operación and con ADCON0 para
    ;poner en 0 los bits de selección del
    ;canal de conversión
    bcf STATUS,C ;borrar la bandera carry
    rlf CHANNEL,1 ;rotar CHANNEL a la izquierda
    rlf CHANNEL,1 ;rotar CHANNEL a la izquierda
    rlf CHANNEL,0 ;rotar CHANNEL a la izquierda y guardar
    ;en el registro de trabajo w
    iorwf ADCON0,1 ;realizar la operación or para seleccionar
    ;el canal que se guardo en w para
    ;convertirlo a un valor digital de 10 bits
    bsf ADCON0,ADON ;encender el conversor poniendo en 1 ADON
    call RETARDO_20uS ;llamar a un retardo de 20uS para el
    ;tiempo de adquisición del dato
    bsf ADCON0,GO ;poner en 1 el bit GO de ADCON0 para
    ;comenzar la conversión

```

```

esperar_conv
    btfsc ADCON0,GO ;preguntar por bit DONE de ADCON0
    goto esperar_conv ;si es 1 ir a esperar a que termine la
    ;conversión
    bcf ADCON0,ADON ;apagar el conversor
return

```

-----  
 ; SUBROUTINA PARA CONVERSION A BCD  
 ;-----

;Subrutina que convierte el dato obtenido por la conversión analógica-digital de 10 bits guardados en ADRESH y ADRESL en bcd retornando en UNIDADES, DECENAS, CENTENAS y MILES el número correspondiente a la conversión, como la conversión se la realiza en 10 bits el mayor numero es 1023 y retornará en MILES<--1, CENTENAS<--0, DECENAS<--2 y UNIDADES<--3

```
datos_a_bcd
  clrf UNIDADES      ;borrar UNIDADES
  clrf DECENAS      ;borrar DECENAS
  clrf CENTENAS     ;borrar CENTENAS
  clrf MILES        ;borrar MILES
  movf ADRESH,0     ;mover el valor que esta en ADRESH a w, es
                   ;decir el registro más significativo de la
                   ;conversión
  movwf CONVERSIONH ;mover w a CONVERSION H
  call banco_1      ;cambio al banco 1
  movf ADRESL,0     ;mover el valor que está en ADRESL a w, en
                   ;ADRESL se encuentra el registro menos
                   ;significativo de la conversión
  call banco_0      ;retonar al banco 0
  movwf CONVERSIONL ;mover w a CONVERSIONL
```

```
Seguir_Restando_1000
  movf MILL,0       ;mover MILL a w
  subwf CONVERSIONL,1 ;restar w de CONVERSIONL y guardar el
                   ;resultado en CONVERSIONL
  btfss STATUS,C   ;preguntar por carry
  decf CONVERSIONH,1 ;si es 0 decrementar CONVERSIONH en 1
  movf MILH,0      ;mover MILH en w
  subwf CONVERSIONH,1 ;restar w de CONVERSIONH y guardar el
                   ;resultado en CONVERSIONH
  btfsc CONVERSIONH,3 ;preguntar por el bit 3 de CONVERSIONH
  goto Restar_100  ;ir a Restar 100 si es 1
  incf MILES,1     ;sino incrementar MILES en 1 e
  goto Seguir_Restando_1000 ;ir a Seguir_Restando_1000
```



CIB-ESPOL

```
Restar_100
  movf MILL,0       ;mover MILL a w
  addwf CONVERSIONL,1 ;sumar w a CONVERSIONL
  btfsc STATUS,C   ;preguntar por carry
  incf CONVERSIONH,1 ;si es uno incremento CONVERSIONH en 1
  movf MILH,0      ;sino solo nuevo MILH en w
  addwf CONVERSIONH,1 ;y sumo w con CONVERSIONH
```

```
Seguir_Restando_100
  movlw d'100'     ;mover 100 a w
  subwf CONVERSIONL,1 ;restar w de CONVERSIONL
  btfss STATUS,C   ;preguntar por carry
  decf CONVERSIONH,1 ;si es 0 decrementar CONVERSIONH en 1
  movlw d'00'      ;sino mover 0 en w
  subwf CONVERSIONH,1 ;restar w de CONVERSIONH
  btfsc CONVERSIONH,3 ;preguntar por bit 3 de CONVERSIONH
  goto Restar_10  ;si es 1 ir a restar_10
  incf CENTENAS,1  ;sino incrementar CENTENAS en 1 e
  goto Seguir_Restando_100 ;ir a Seguir_Restando_100
```

```
Restar_10
  movlw d'100'     ;mover 100 a w
  addwf CONVERSIONL,1 ;sumar CONVERSIONL con w
  incf CONVERSIONH,1 ;incrementar CONVERSIONH en 1
```

```
Seguir_Restando_10
  movlw d'10'      ;mover 10 a w
  subwf CONVERSIONL,1 ;restar w de CONVERSIONL
```

```

    btfss STATUS,C           ;preguntar por carry
    goto Sumar_10           ;si es 0 ir a sumar 10
    incf DECENAS,1         ;sino incrementar DECENAS en 1 e
    goto Seguir_Restando_10 ;ir a Seguir_Restando_10

```

```

Sumar_10
    movlw d'10'             ;mover 10 a w
    addwf CONVERSIONL,1    ;sumar w con CONVERSIONL
    movf CONVERSIONL,0     ;mover CONVERSIONL a w
    movwf UNIDADES        ;mover w a UNIDADES
return

```

```

;-----
; SUBROUTINA PARA ENVIAR DATOS EN ASCII
;-----

```

```

;Subrutina que envia cada uno de los datos guardados en UNIDADES, DECENAS, CENTENAS y
;MILES convertidos en ASCII por el puerto serie

```

```

enviar_x_puerto
    movlw b'00110000'      ;mover 30h en w
    addwf MILES,1          ;sumar w a MILES
    addwf CENTENAS,1       ;sumar w a CENTENAS
    addwf DECENAS,1        ;sumar w a DECENAS
    addwf UNIDADES,1       ;sumar w a UNIDADES
    movf MILES,0           ;mover MILES a w
    call putc              ;llamar a subrutina para enviar el dato por el
                          ;puerto serie
    movf CENTENAS,0        ;mover CENTENAS a w
    call putc              ;llamar a subrutina para enviar el dato por el
                          ;puerto serie
    movf DECENAS,0         ;mover DECENAS a w
    call putc              ;llamar a subrutina para enviar el dato por el
                          ;puerto serie
    movf UNIDADES,0        ;mover UNIDADES a w
    call putc              ;llamar a subrutina para enviar el dato por el
                          ;puerto serie
return

```

```

;-----
; SUBROUTINA PARA PREGUNTAR POR CARRY
;-----

```

```

preguntar_carry
    btfss STATUS,C         ;pregunto por bit Carry de STATUS
    goto enviar_0          ;si es 0 voy a enviar_0
    goto enviar_1          ;sino voy a enviar 1
enviar_0
    movlw 10               ;mover 30h a w
    call putc              ;enviar el dato por el puerto serie
    return                 ;retornar de la subrutina
enviar_1
    movlw '1'              ;mover 31h a w
    call putc              ;enviar el dato por el puerto serie
    return                 ;retornar de la subrutina
return

```

-----  
SUBROUTINA PARA ENVIAR DATOS  
-----

;La siguiente subrutina será la encargada de enviar los datos por el puerto serie  
;de la siguiente forma:

→ Ch3, CH2, CH1, Ch0, PD7, PD6, PD5, PD4, PD3, PD2, PD1

enviar\_datos

```
movlw b'00000000' ;mover 0 a w para escoger canal 0 de conversión
call convertir ;llamar a subrutina de convertir
call datos_a_bcd ;llamar a subrutina para convertirlos a bcd
call enviar_x_puerto ;llamar a subrutina para enviar este dato por
;el puerto serie en ASCII
```

```
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
movlw b'00000001' ;mover 1 a w para escoger canal 1 de conversión
call convertir ;llamar a subrutina de convertir
call datos_a_bcd ;llamar a subrutina para convertirlos a bcd
call enviar_x_puerto ;llamar a subrutina para enviar este dato por
;el puerto serie en ASCII
```

```
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
movlw b'00000010' ;mover 2 a w para escoger canal 2 de conversión
call convertir ;llamar a subrutina de convertir
call datos_a_bcd ;llamar a subrutina para convertirlos a bcd
call enviar_x_puerto ;llamar a subrutina para enviar este dato por
;el puerto serie en ASCII
```

```
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
movlw b'00000011' ;mover 3 a w para escoger canal 3 de conversión
call convertir ;llamar a subrutina de convertir
call datos_a_bcd ;llamar a subrutina para convertirlos a bcd
call enviar_x_puerto ;llamar a subrutina para enviar este dato por
;el puerto serie en ASCII
```

```
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
movf PORTB, 0 ;mover el contenido del Puerto B a w
movwf TEMPORAL ;mover w a TEMPORAL
rlf TEMPORAL, 1 ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call preguntar_carry ;llamar a preguntar por carry
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
rlf TEMPORAL, 1 ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call preguntar_carry ;llamar a preguntar por carry
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
rlf TEMPORAL, 1 ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call preguntar_carry ;llamar a preguntar por carry
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
rlf TEMPORAL, 1 ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call preguntar_carry ;llamar a preguntar por carry
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
rlf TEMPORAL, 1 ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call preguntar_carry ;llamar a preguntar por carry
movlw ',' ;mover el caracter ',' a w
call putc ;enviar el dato en w por el puerto serie
```

```
rlf TEMPORAL, 1 ;rotar TEMPORAL a la izquierda
```

```

call  preguntar_carry    ;llamar a preguntar por carry
movlw ', '              ;mover el caracter ', ' a w
call  putc               ;enviar el dato en w por el puerto serie

rlf   TEMPORAL,1        ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call  preguntar_carry    ;llamar a preguntar por carry
movlw ', '              ;mover el caracter ', ' a w
call  putc               ;enviar el dato en w por el puerto serie

rlf   TEMPORAL,1        ;rotar TEMPORAL a la izquierda
call  preguntar_carry    ;llamar a preguntar por carry
movlw h'0d'             ;mover 0dh a w
call  putc               ;enviar el dato por el puerto serie
clrf  COMANDO           ;borrar COMANDO
return

```

```

;-----
;                               SUBROUTINA DE SERVICIO DE INTERRUPCION
;-----
Interrupcion

```

```

movwf SAVED_W           ;mover w a SAVED_W
movf  STATUS,0          ;mover STATUS a w
clrf  STATUS            ;borrar STATUS
movwf SAVED_STATUS      ;mover w a SAVED_STATUS
movf  PCLATH,0          ;mover PCLATH a w
movwf SAVED_PCLATH      ;mover w a SAVED_PCLATH

call  banco_0           ;cambio al banco 0
movf  RCREG,0           ;mover RCREG a w
movwf COMANDO           ;mover w a COMANDO

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '1'               ;restar w de '1'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender1         ;si es cero llamo a encender1

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '2'               ;restar w de '2'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender2         ;si es cero llamo a encender2

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '3'               ;restar w de '3'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender3         ;si es cero llamo a encender3

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '4'               ;restar w de '4'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender4         ;si es cero llamo a encender4

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '5'               ;restar w de '5'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender5         ;si es cero llamo a encender5

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '6'               ;restar w de '6'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender6         ;si es cero llamo a encender6

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '7'               ;restar w de '7'
btfsc STATUS,Z          ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call  encender7         ;si es cero llamo a encender7

movf  COMANDO,0         ;mover COMANDO a w
sublw '8'               ;restar w de '8'

```

```

btfsc STATUS,Z           ;pregunto si el resultado de la operación es 0
call encender8           ;si es cero llamo a encender8

movf   SAVED_PCLATH,0     ;mover SAVED_PCLATH en w
movwf  PCLATH             ;mover w en PCLATH
movf   SAVED_STATUS,0    ;mover SAVED_STATUS en w
movwf  STATUS             ;mover w en STATUS
swapf  SAVED_W,1         ;intercambiar 4 bits mas significativos con 4
                           ;menos significativos y guardarlos en SAVED_w
swapf  SAVED_W,0         ;intercambiar 4 bits mas significativos con 4
                           ;menos significativos y guardarlos en w
retfie

```

```

;-----
;                               PROGRAMA PRINCIPAL
;-----

```

```

main
call   configports       ;Llamar subrutina para configurar
                           ;puertos
call   configconvAD      ;Llamar subrutina para configurar
                           ;convertor A/D
call   configinterrupts  ;Llamar subrutina para configurar
                           ;interrupción
call   configserial      ;Llamar subrutina para configurar
                           ;transmisión serial

clrf   COMANDO           ;borrar variable COMANDO
clrf   PORTD             ;borrar el puerto D
movlw  b'00000011'       ;mover 03h a w
movwf  MILH              ;mover w a MILH
movlw  b'11101000'       ;mover E8h a w
movwf  MILL              ;mover w a MILL

lazo
movf   COMANDO,0         ;mover COMANDO en w
sublw  '9'               ;resto w de nuevo
btfsc  STATUS,Z         ;si el resultado es 0
call   enviar_datos     ;llamo a subrutina para enviar datos
                           ;por puerto serial
goto   lazo             ;caso contrario me quedo en el lazo
                           ;esperando por una interrupción por recepcion
                           ;de datos por el puerto serie

end

```



**CIB-ESPOL**

# Anexo B

## 1.3

**Diseño del Software**

---

SOFTWARE

---

'SOFTWARE PARA ADQUISICION DE DATOS DE UNA TARJETA CONTROLADA POR PIC 16F877A USANDO EL  
'PUERTO SERIE COMO COMUNICACIÓN, EL PROGRAMA ES HECHO EN VISUAL BASIC 6.0 CON LA AYUDA  
'DEL MSCOM PARA EL MANEJO DEL PUERTO SERIAL.

-----  
'Declaración de variable en el programa  
-----

```
Dim Com As Integer
Dim Q1value As Integer
Dim Q2value As Integer
Dim Q3value As Integer
Dim Q4value As Integer
Dim Q5value As Integer
Dim Q6value As Integer
Dim Q7value As Integer
Dim Q8value As Integer
Dim I1value As Integer
Dim I2value As Integer
Dim I3value As Integer
Dim I4value As Integer
Dim I5value As Integer
Dim I6value As Integer
Dim I7value As Integer
Dim I8value As Integer
Dim DatosRecibidos As Variant
Dim Cadenal As Variant
Dim Cadena As Variant
Dim conta As Integer
```

*Handwritten notes:*  
Q1-Q8 → I/O  
I1-I8 → I/O  
Com → Channel 4  
= Adquisición / Adquisición I/O

-----  
'Procedimiento para que al cargar el programa aparezca siempre maximizado  
-----

```
Private Sub Form_Load()
    frmAdquisición.WindowState = 2
End Sub
```

-----  
'Procedimiento que abre el puerto serie con la configuración correspondiente  
'seleccionada en la pantalla del programa a la velocidad deseada sin bit de  
'paridad, 1 bit de parada y 8 bits de datos en la transmisión.  
-----

```
Private Sub CmdConectar_Click()
Dim option_com As String
    If OptCom1(0) = True Then
        option_com = "1"
    Else
        If OptCom1(1) = True Then
            option_com = "2"
        Else
            option_com = "3"
        End If
    End If

    With ComPort
        .CommPort = Val(option_com)
        .Settings = cmbVelocidad.Text + "N,8,1"
        .PortOpen = True
    End With

    frmComPort.Enabled = False
    OptCom1(0).Enabled = False
    OptCom1(1).Enabled = False
    OptCom1(2).Enabled = False
    lblVelocidad.Enabled = False
    cmbVelocidad.Enabled = False
    cmdDesconectar.Enabled = True
    CmdConectar.Enabled = False
    Timer_Recibir_Datos.Enabled = True
End Sub
```

```

s1.Enabled = True
S2.Enabled = True
S3.Enabled = True
S4.Enabled = True
S5.Enabled = True
S6.Enabled = True
S7.Enabled = True
S8.Enabled = True
End Sub

```

-----  
'Procedimiento que al hacer clic en el botón desconectar cierra el puerto serie  
-----

```

Private Sub cmdDesconectar_Click()
  ComPort.PortOpen = False
  frmComPort.Enabled = True
  OptCom1(0).Enabled = True
  OptCom1(1).Enabled = True
  OptCom1(2).Enabled = True
  lblVelocidad.Enabled = True
  cmbVelocidad.Enabled = True
  cmdDesconectar.Enabled = False
  CmdConectar.Enabled = True
  Timer_Recibir_Datos.Enabled = False
  s1.Enabled = False
  S2.Enabled = False
  S3.Enabled = False
  S4.Enabled = False
  S5.Enabled = False
  S6.Enabled = False
  S7.Enabled = False
  S8.Enabled = False
End Sub

```

-----  
'procedimiento que envía cada cierto tiempo, establecido por el valor del Timer en este  
'caso cada 50 milisegundos, el caracter 9, luego del cual recibe los datos enviados  
'por el PIC sobre el puerto serie, guardándolos en una variable tipo cadena para luego  
de 'lo cual mediante una función llamada Split separa cada uno de los datos del caracter  
', ' y los guarda en variables independientes para realizar cualquier tipo de operación  
-----

```

Private Sub Timer_Recibir_Datos_Timer()
  Timer_Recibir_Datos = False
  retornar:
  ComPort.Output = "9"
  Retardo
  DatosRecibidos = ComPort.Input
  If Not (DatosRecibidos = "") Then
    Cadena1 = Split(DatosRecibidos, Chr(13), -1, 1)
    If (Len(DatosRecibidos) >= 35) Then
      Cadena = Split(Cadena1(0), ",", -1, 1)
      Channel1.Text = Val(CStr(Cadena(0)))
      Channel2.Text = Val(CStr(Cadena(1)))
      Channel3.Text = Val(CStr(Cadena(2)))
      Channel4.Text = Val(CStr(Cadena(3)))
      I8value = Val(Cadena(4))
      I7value = Val(Cadena(5))
      I6value = Val(Cadena(6))
      I5value = Val(Cadena(7))
      I4value = Val(Cadena(8))
      I3value = Val(Cadena(9))
      I2value = Val(Cadena(10))
      I1value = Val(Cadena(11))
    Else
      GoTo retornar
    End If
  End If
  Timer_Recibir_Datos = True

```



**CIB-ESPOL**

```
On Error GoTo retornar
End Sub
```

```
'-----
'Procedimiento de retardo
'-----
Private Sub Retardo()
    Dim i As Integer
    For i = 0 To 100
        Next i
End Sub
```

```
'-----
'Procedimiento que cada 20 milisegundos refresca los valores mostrados en la pantalla de
'las entradas y de los diferentes canales analógicos
'-----
Private Sub Timer1_Timer()
    I8Show.Value = I8value
    I7Show.Value = I7value
    I6Show.Value = I6value
    I5Show.Value = I5value
    I4Show.Value = I4value
    I3Show.Value = I3value
    I2Show.Value = I2value
    I1Show.Value = I1value
    Channel1Convertido.Text = (Val(Channel1.Text) * (Val(txtConversion1.Text))) / 1023
    Channel2Convertido.Text = (Val(Channel2.Text) * (Val(txtConversion2.Text))) / 1023
    Channel3Convertido.Text = (Val(Channel3.Text) * (Val(txtConversion3.Text))) / 1023
    Channel4Convertido.Text = (Val(Channel4.Text) * (Val(txtConversion4.Text))) / 1023
End Sub
```

```
'-----
'Procedimiento que cada 20 ms refresca los valores mostrados en la pantalla de los
'indicadores de las salidas digitales y de las entradas In para el intercambio dinámico
'de datos
'-----
Private Sub Timer2_Timer()
    S1.Value = Val(Q1)
    S2.Value = Val(Q2)
    S3.Value = Val(Q3)
    S4.Value = Val(Q4)
    S5.Value = Val(Q5)
    S6.Value = Val(Q6)
    S7.Value = Val(Q7)
    S8.Value = Val(Q8)
    I1 = I1value
    I2 = I2value
    I3 = I3value
    I4 = I4value
    I5 = I5value
    I6 = I6value
    I7 = I7value
    I8 = I8value
End Sub
```

```
'-----
'Procedimiento que cada 20 ms refresca el valor de las salidas y entradas para su uso en
'el intercambio dinámico de datos
'-----
Private Sub Timer3_Timer()
    Q1 = Q1value
    Q2 = Q2value
    Q3 = Q3value
    Q4 = Q4value
    Q5 = Q5value
    Q6 = Q6value
    Q7 = Q7value
    Q8 = Q8value
```

```
I1 = I1value
I2 = I2value
I3 = I3value
I4 = I4value
I5 = I5value
I6 = I6value
I7 = I7value
I8 = I8value
End Sub
```

```
'-----
'Procedimiento que al hacer clic en el botón DDE ON nos permita manejar las salidas
'desde otro programa de windows que nos permita el intercambio dinámico de datos.
'-----
```

```
Private Sub cmdConectDDE_Click()
    If conta = 1 Then
        cmdConectDDE.Caption = "DDE ON"
        Timer2.Enabled = False
        Timer3.Enabled = True
        conta = 0
    Else
        cmdConectDDE.Caption = "DDE OFF"
        Timer2.Enabled = True
        Timer3.Enabled = False
        conta = conta + 1
    End If
End Sub
```



**CIB-ESPOL**

```
'-----
'Procedimientos que refrescan el valor de las barras que nos muestran el valor de cada
'uno de los canales analógicos recibidos por el puerto serie
'-----
```

```
Private Sub Channel1Convertido_Change()
    SlideCanal1.Value = (Val(Channel1.Text) * Val(txtConversion1.Text)) / 1023
End Sub
```

```
Private Sub Channel2Convertido_Change()
    SlideCanal2.Value = (Val(Channel2.Text) * Val(txtConversion2.Text)) / 1023
End Sub
```

```
Private Sub Channel3Convertido_Change()
    SlideCanal3.Value = (Val(Channel3.Text) * Val(txtConversion3.Text)) / 1023
End Sub
```

```
Private Sub Channel4Convertido_Change()
    SlideCanal4.Value = (Val(Channel4.Text) * Val(txtConversion4.Text)) / 1023
End Sub
```

```
'-----
'Procedimiento que cada que se cambia el valor para el cual queremos que equivalga el
'100% de la conversión analógica cambie el valor también de las escalas de las barras
'que muestran el valor de cada canal analógico
'-----
```

```
Private Sub txtConversion1_Change()
    SlideCanal1.Axis.Maximum = Val(txtConversion1.Text)
    SlideCanal1.Axis.Minimum = 0
    If Not (txtConversion1.Text = "100") Then
        SlideCanal1.Axis.Caption = "Escala definida por el usuario"
    Else
        SlideCanal1.Axis.Caption = "Porcentaje (%)"
    End If
End Sub
```

```

Private Sub txtConversion2_Change()
    SlideCanal2.Axis.Maximum = Val(txtConversion2.Text)
    SlideCanal2.Axis.Minimum = 0
    If Not (txtConversion2.Text = "100") Then
        SlideCanal2.Axis.Caption = "Escala definida por el usuario"
    Else
        SlideCanal2.Axis.Caption = "Porcentaje (%)"
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txtConversion3_Change()
    SlideCanal3.Axis.Maximum = Val(txtConversion3.Text)
    SlideCanal3.Axis.Minimum = 0
    If Not (txtConversion3.Text = "100") Then
        SlideCanal3.Axis.Caption = "Escala definida por el usuario"
    Else
        SlideCanal3.Axis.Caption = "Porcentaje (%)"
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txtConversion4_Change()
    SlideCanal4.Axis.Maximum = Val(txtConversion4.Text)
    SlideCanal4.Axis.Minimum = 0
    If Not (txtConversion4.Text = "100") Then
        SlideCanal4.Axis.Caption = "Escala definida por el usuario"
    Else
        SlideCanal4.Axis.Caption = "Porcentaje (%)"
    End If
End Sub

```

```

'-----
'Procedimientos para cambiar el color de las barras que nos muestran el valor de los
'canales analógicos de acuerdo a los valores de porcentaje ingresados como máximo y
'mínimo
'-----

```

```

Private Sub Channel1_Change()
    Channel1Convertido.Text = (Val(Channel1.Text) * (Val(txtConversion1.Text))) / 1023
    If ((Val(Channel1.Text) * 100) / 1023) > (Val(txtAnal1UP.Text)) Or
    ((Val(Channel1.Text) * 100) / 1023) < (Val(txtAnal1DW.Text)) Then
        SlideCanal1.Pointers(1).FillColor = vbRed
    Else
        SlideCanal1.Pointers(1).FillColor = vbBlue
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Channel2_Change()
    Channel2Convertido.Text = (Val(Channel2.Text) * (Val(txtConversion2.Text))) / 1023
    If ((Val(Channel2.Text) * 100) / 1023) > (Val(txtAnal2UP.Text)) Or
    ((Val(Channel2.Text) * 100) / 1023) < (Val(txtAnal2DW.Text)) Then
        SlideCanal2.Pointers(1).FillColor = vbRed
    Else
        SlideCanal2.Pointers(1).FillColor = vbBlue
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Channel3_Change()
    Channel3Convertido.Text = (Val(Channel3.Text) * (Val(txtConversion3.Text))) / 1023
    If ((Val(Channel3.Text) * 100) / 1023) > (Val(txtAnal3UP.Text)) Or
    ((Val(Channel3.Text) * 100) / 1023) < (Val(txtAnal3DW.Text)) Then
        SlideCanal3.Pointers(1).FillColor = vbRed
    Else
        SlideCanal3.Pointers(1).FillColor = vbBlue
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Channel4_Change()
    Channel4Convertido.Text = (Val(Channel4.Text) * (Val(txtConversion4.Text))) / 1023
    If ((Val(Channel4.Text) * 100) / 1023) > (Val(txtAnal4UP.Text)) Or
    ((Val(Channel4.Text) * 100) / 1023) < (Val(txtAnal4DW.Text)) Then
        SlideCanal4.Pointers(1).FillColor = vbRed
    Else
        SlideCanal4.Pointers(1).FillColor = vbBlue
    End If
End Sub

```

-----  
'Procedimientos que cada que cambiamos el valor se los interruptores estos cambian el  
'valor de los Q correspondientes al interruptor que presionemos  
-----

```

Private Sub S1_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "1"
    If Q1value = 1 Then
        Q1value = 0
    Else
        Q1value = Q1value + 1
    End If
    Select Case Q1value
        Case 0
            Q1Show.Value = False
        Case 1
            Q1Show.Value = True
    End Select
End Sub

```

```

Private Sub S2_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "2"
    If Q2value = 1 Then
        Q2value = 0
    Else
        Q2value = Q2value + 1
    End If
    Select Case Q2value
        Case 0
            Q2Show.Value = False
        Case 1
            Q2Show.Value = True
    End Select
End Sub

```



```

Private Sub S3_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "3"
    If Q3value = 1 Then
        Q3value = 0
    Else
        Q3value = Q3value + 1
    End If
    Select Case Q3value
        Case 0
            Q3Show.Value = False
        Case 1
            Q3Show.Value = True
    End Select
End Sub

```

```

Private Sub S4_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "4"
    If Q4value = 1 Then
        Q4value = 0
    Else
        Q4value = Q4value + 1
    End If
    Select Case Q4value
        Case 0

```

```
        Q4Show.Value = False
    Case 1
        Q4Show.Value = True
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub S5_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "5"
    If Q5value = 1 Then
        Q5value = 0
    Else
        Q5value = Q5value + 1
    End If
    Select Case Q5value
        Case 0
            Q5Show.Value = False
        Case 1
            Q5Show.Value = True
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub S6_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "6"
    If Q6value = 1 Then
        Q6value = 0
    Else
        Q6value = Q6value + 1
    End If
    Select Case Q6value
        Case 0
            Q6Show.Value = False
        Case 1
            Q6Show.Value = True
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub S7_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "7"
    If Q7value = 1 Then
        Q7value = 0
    Else
        Q7value = Q7value + 1
    End If
    Select Case Q7value
        Case 0
            Q7Show.Value = False
        Case 1
            Q7Show.Value = True
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub S8_ValueChanged(ByVal Value As Boolean)
    ComPort.Output = "8"
    If Q8value = 1 Then
        Q8value = 0
    Else
        Q8value = Q8value + 1
    End If
    Select Case Q8value
        Case 0
            Q8Show.Value = False
        Case 1
            Q8Show.Value = True
    End Select
End Sub
```

```

'-----
'Procedimientos que cambian el puntero del cursor al normal cuando nos ubicamos en
'alguna parte de la pantalla que no realiza ninguna tarea y borra lo que hay en la barra
'de estado
'-----
Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    StatusBar.SimpleText = " "
End Sub

Private Sub Frame1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    StatusBar.SimpleText = " "
End Sub

Private Sub frmComPort_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    StatusBar.SimpleText = " "
End Sub

Private Sub frmEntradasDigitales_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = " "
End Sub

Private Sub frmEntradasAnalogicas_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = " "
End Sub

'-----
'Procedimiento que al ubicarnos en el boton conectar este cambia a una forma definida
'por el usuario y nos muestra un mensaje en la barra de estado
'-----
Private Sub CmdConectar_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de
programa\Adquisicion\Hand.cur")
    StatusBar.SimpleText = "Establece comunicacion Serial"
End Sub

'-----
'Procedimiento que al ubicarnos en el botón desconectar este cambia a una forma definida
'por el usuario y nos muestra un mensaje en la barra de estado
'-----
Private Sub cmdDesconectar_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de
programa\Adquisicion\Hand.cur")
    StatusBar.SimpleText = "Terminar comunicacion Serial"
End Sub

'-----
'Procedimiento que al ubicarnos en las opciones de COM este cambia a una forma definida
'por el usuario y nos muestra un mensaje en la barra de estado
'-----
Private Sub OptCom1_MouseMove(Index As Integer, Button As Integer, Shift As Integer, X
As Single, Y As Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de
programa\Adquisicion\Hand.cur")
End Sub

```



CIB-ESPOL

```

'-----
'Procedimientos que nos muestran en la barra de estado un mensaje con información
'correspondiente con el objeto sobre el cual pongamos el cursor.
'-----
Private Sub SlideCanal1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de la Entrada Analogica1 : " + Channel1.Text + " x ("
+ txtConversion1.Text + "/1023) = " + Channel1Convertido.Text
End Sub

Private Sub SlideCanal2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de la Entrada Analogica2 : " + Channel2.Text + " x ("
+ txtConversion2.Text + "/1023) = " + Channel2Convertido.Text
End Sub

Private Sub SlideCanal3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de la Entrada Analogica3 : " + Channel3.Text + " x ("
+ txtConversion3.Text + "/1023) = " + Channel3Convertido.Text
End Sub

Private Sub SlideCanal4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de la Entrada Analogica4 : " + Channel4.Text + " x ("
+ txtConversion4.Text + "/1023) = " + Channel4Convertido.Text
End Sub

Private Sub txtAnal1UP_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite superior del canal 1"
End Sub

Private Sub txtAnal2UP_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite superior del canal 2"
End Sub

Private Sub txtAnal3UP_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite superior del canal 3"
End Sub

Private Sub txtAnal4UP_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite superior del canal 4"
End Sub

Private Sub txtAnal1DW_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite inferior del canal 1"
End Sub

Private Sub txtAnal2DW_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite inferior del canal 2"
End Sub

Private Sub txtAnal3DW_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite inferior del canal 3"
End Sub

Private Sub txtAnal4DW_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor de alarma para el límite inferior del canal 4"
End Sub

```

```

Private Sub Channel1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor adquirido del Canal 1 con resolución de 10 bits es decir un rango de 0 - 1023"
    Channel1.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub Channel2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor adquirido del Canal 2 con resolución de 10 bits es decir un rango de 0 - 1023"
    Channel2.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub Channel3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor adquirido del Canal 3 con resolución de 10 bits es decir un rango de 0 - 1023"
    Channel3.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub Channel4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor adquirido del Canal 4 con resolución de 10 bits es decir un rango de 0 - 1023"
    Channel4.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub txtConversion1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor equivalente al valor máximo de conversión de 1023"
End Sub

Private Sub Channel1Convertido_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Calculo del valor equivalente del canal1 : " + Channel1.Text + " x (" + txtConversion1.Text + "/1023) = " + Channel1Convertido.Text
    Channel1Convertido.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub txtConversion2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor equivalente al valor máximo de conversión de 1023"
End Sub

Private Sub Channel2Convertido_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Calculo del valor equivalente del canal2 : " + Channel2.Text + " x (" + txtConversion2.Text + "/1023) = " + Channel2Convertido.Text
    Channel2Convertido.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub txtConversion3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor equivalente al valor máximo de conversión de 1023"
End Sub

Private Sub Channel3Convertido_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Calculo del valor equivalente del canal3 : " + Channel3.Text + " x (" + txtConversion3.Text + "/1023) = " + Channel3Convertido.Text
    Channel3Convertido.MousePointer = 1
End Sub

Private Sub txtConversion4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Valor equivalente al valor máximo de conversión de 1023"
End Sub

```

```

Private Sub Channel4Convertido_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    StatusBar.SimpleText = "Calculo del valor equivalente del canal4 : " + Channel4.Text
+ " x (" + txtConversion4.Text + "/1023) = " + Channel4Convertido.Text
    Channel4Convertido.MousePointer = 1
End Sub

```

```

Private Sub cmdConectDDE_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de
programa\Adquisicion\Hand.cur")
    If conta Then
        StatusBar.SimpleText = "Desactivar intercambio dinámico de datos para manejar
las salidas de este mismo programa"
    Else
        StatusBar.SimpleText = "Activar intercambio dinamico de datos para manejar las
salidas digitales desde otro programa"
    End If
End Sub

```

```

-----
'Procedimientos que muestran en la barra de estado el mensaje de encendido o apagado de
'las entradas digitales de acuerdo a la entrada en que ubiquemos el cursor
-----

```

```

Private Sub I1Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I1value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 1: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I2Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I2value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 2: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I3Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I3value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 3: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I4Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I4value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 4: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I5Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I5value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 5: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I6Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I6value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 6: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I7Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I7value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 7: " + estado
End Sub

```

```

Private Sub I8Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Dim estado As String
    If I8value Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Entrada Digital 8: " + estado
End Sub

```



**CIB-ESPOL**

```
'-----  
'Procedimientos que nos muestran diferentes mensajes en la barra de estado de acuerdo a  
'si movemos el cursor por las salidas o los indicadores de las salidas digitales  
'-----
```

```
Private Sub S1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)  
    Dim estado As String  
    frmAdquisicion.MousePointer = 99  
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de  
programa\Adquisicion\Hand.cur")  
    If Q1Show Then  
        estado = "Apagar"  
    Else  
        estado = "Encender"  
    End If  
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 1 "  
End Sub
```

```
Private Sub Q1Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As  
Single)  
    Dim estado As String  
    frmAdquisicion.MousePointer = 0  
    If Q1Show Then  
        estado = "ENCENDIDO"  
    Else  
        estado = "APAGADO"  
    End If  
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 1: " + estado  
End Sub
```

```
Private Sub S2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)  
    Dim estado As String  
    frmAdquisicion.MousePointer = 99  
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de  
programa\Adquisicion\Hand.cur")  
    If Q2Show Then  
        estado = "Apagar"  
    Else  
        estado = "Encender"  
    End If  
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 2 "  
End Sub
```

```
Private Sub Q2Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As  
Single)  
    Dim estado As String  
    frmAdquisicion.MousePointer = 0  
    If Q2Show Then  
        estado = "ENCENDIDO"  
    Else  
        estado = "APAGADO"  
    End If  
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 2: " + estado  
End Sub
```

```
Private Sub S3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)  
    Dim estado As String  
    frmAdquisicion.MousePointer = 99  
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de  
programa\Adquisicion\Hand.cur")  
    If Q3Show Then  
        estado = "Apagar"  
    Else  
        estado = "Encender"  
    End If  
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 3 "  
End Sub
```

```
Private Sub Q3Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    If Q3Show Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 3: " + estado
```

```
End Sub
```

```
Private Sub S4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de programa\Adquisicion\Hand.cur")
    If Q4Show Then
        estado = "Apagado"
    Else
        estado = "Encender"
    End If
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 4 "
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Q4Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    If Q4Show Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 4: " + estado
```

```
End Sub
```

```
Private Sub S5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de programa\Adquisicion\Hand.cur")
    If Q5Show Then
        estado = "Apagar"
    Else
        estado = "Encender"
    End If
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 5 "
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Q5Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    If Q5Show Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 5: " + estado
```

```
End Sub
```

```
Private Sub S6_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de programa\Adquisicion\Hand.cur")
    If Q6Show Then
```

```

        estado = "Apagar"
    Else
        estado = "Encender"
    End If
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 6 "
End Sub

Private Sub Q6Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    If Q6Show Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 6: " + estado
End Sub

Private Sub S7_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de programa\Adquisicion\Hand.cur")
    If Q7Show Then
        estado = "Apagar"
    Else
        estado = "Encender"
    End If
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 7 "
End Sub

Private Sub Q7Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    If Q7Show Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 7: " + estado
End Sub

Private Sub S8_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 99
    frmAdquisicion.MouseIcon = LoadPicture("C:\Archivos de programa\Adquisicion\Hand.cur")
    If Q8Show Then
        estado = "Apagar"
    Else
        estado = "Encender"
    End If
    StatusBar.SimpleText = estado + " Salida Digital 8 "
End Sub

Private Sub Q8Show_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim estado As String
    frmAdquisicion.MousePointer = 0
    If Q8Show Then
        estado = "ENCENDIDO"
    Else
        estado = "APAGADO"
    End If
    StatusBar.SimpleText = "Estado de la Salida Digital 8: " + estado
End Sub

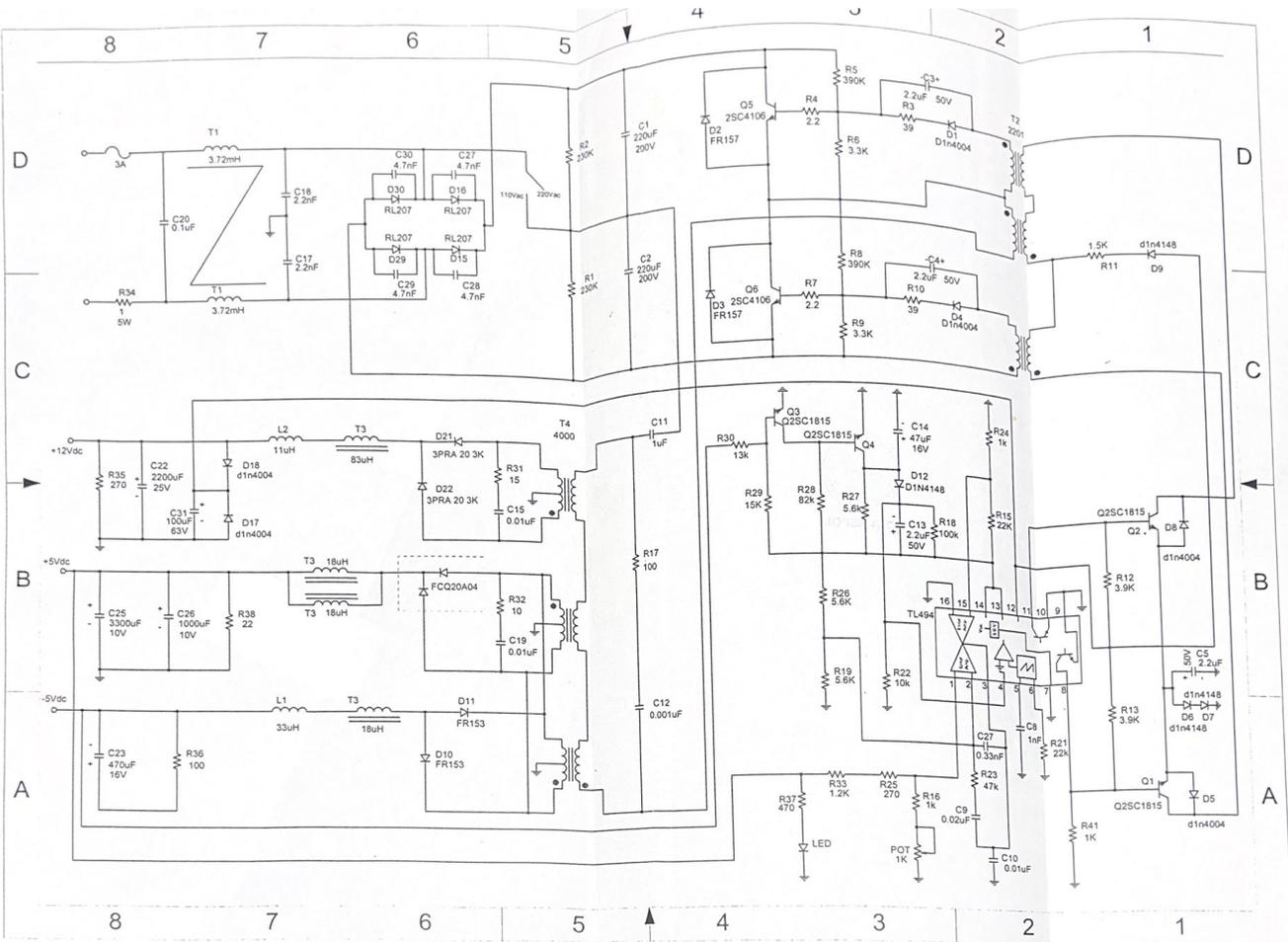
```

# Anexo C

## 1.1

Esquemático de la Fuente  
de Conmutación

---



A.F. 141805