

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

***“Diseño e Implementación del Sistema de Control Automático
para la Alimentación de Caña en el Ingenio Azucarero Valdez”***

ANDRÉS MAURICIO ROBALINO RUBIO.

QUITO – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor Andrés Mauricio Robalino Rubio, como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO.

Sr. Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Sr. Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinito amor. A toda mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi padre Dr. Alejandro Robalino J., a mi madre Dra. Gladys Rubio M. y a mi hermano Ing. Javier Robalino R. quienes son la fuente de mi voluntad. A Emilia por su comprensión, cariño, apoyo y demás virtudes que ella posee.

Agradezco de manera muy especial a todos quienes colaboraron con este trabajo. Al Ing. Hugo Ortiz y al Ing. Rodolfo Gordillo, responsables directos de mi crecimiento profesional a través de sus enseñanzas ejemplares y quienes me brindaron su apoyo, tiempo, trabajo y experiencia en forma desinteresada. Al Ing. Cristóbal Ponce y al Ing. Francisco Carrión, profesionales íntegros, quienes se han convertido en mis mentores en el área profesional. Al Ingenio Valdez por su apertura y colaboración. A mi alma máter, la Escuela Politécnica del Ejército.

También quiero agradecer a todos mis amigos, aquellos que de una u otra manera han sido partícipes de mis logros, en especial a Diego, Fernando, Raquel, Gabriel, Jackie, Hernán, José Luís, Emely, Lucy, Felipe, Jota, David y Santiago.

DEDICATORIA

A mis padres, a mi hermano y a Emilia

PRÓLOGO

El Ingenio Azucarero Valdez es el más antiguo del Ecuador, sus ventas representan el 33% del mercado azucarero del país; en el año 2005 terminó superando todas las expectativas, obteniendo el mejor rendimiento de libra de azúcar / tonelada de caña en el Ecuador. Estos logros se deben, en gran medida, a la constante preocupación de la empresa por modernizarse y mantenerse a la par con los avances tecnológicos; por esto, con el afán de mejorar los procesos de producción, se vio la necesidad de realizar el proyecto de controlar automáticamente la alimentación de caña de azúcar como parte inicial de un proyecto mayor que pretende mejorar completamente el proceso de molienda, proceso responsable del rendimiento de la producción.

El proyecto está enfocado en el reemplazo del controlador FERTRON por un controlador lógico programable MicroLogix 1500 y la introducción de un panel de operador que permita visualizar y controlar las variables pertinentes al proceso, y así obtener una alimentación óptima de la caña hacia el sector de molienda; lo cual repercute en varios factores de la producción, tales como: calidad de extracción del jugo de caña, cantidad de energía requerida en el proceso de molienda, así como también tiempos de producción.

Iniciando con el estudio previo del proceso de producción de azúcar y más concretamente enfocado a la sección de molienda de caña, se desarrolla este proyecto, en el cual posteriormente se realiza un reconocimiento de los equipos existentes y además se examina las ventajas y desventajas del uso del PLC frente al controlador preexistente. A continuación se detalla tanto el software utilizado para la programación del PLC como el requerido para la programación del panel de operador, conjuntamente se describe los programas realizados para la automatización del proceso.

Posteriormente se describe los trabajos de instalación, pruebas y puesta en marcha, para finalmente elaborar las conclusiones y recomendaciones que pretenden ser de utilidad para trabajos futuros y para el mejor entendimiento del trabajo realizado.

INDICE

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.1. PRESENTACIÓN INSTITUCIONAL	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. IMPORTANCIA	3
1.4. OBJETIVO GENERAL	4
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.6. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	5

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DEL PROCESO	7
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AZÚCAR	7
2.1.1. COSECHA	7
2.1.2. TRANSPORTE	8
2.1.3. PICADO DE CAÑA	8
2.1.4. MOLIENDA	9
2.1.5. SULFITACIÓN	9
2.1.6. CLARIFICACIÓN	9
2.1.7. EVAPORACIÓN	10
2.1.8. CRISTALIZACIÓN	11
2.1.9. CENTRIFUGACIÓN	11
2.1.10. SECADO	12
2.1.11. ENVASE	12
2.2. TIPOS DE AZÚCAR	12
2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR	13
2.4. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO	14
2.5. GENERALIDADES DE CONTROL	15
2.5.1. DEFINICIÓN DEL PLC	16
2.5.2. VENTAJAS DE UTILIZAR UN PLC	17
2.5.3. CAMPOS DE APLICACIÓN	18

CAPÍTULO 3

HARDWARE DE CONTROL	20
3.1. SENSORES Y TRANSMISORES	20
3.1.1. SENSOR CAPACITIVO DE PROXIMIDAD	21
3.1.1.1. INSTALACIÓN	22
3.1.1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	22
3.1.2. CONVERTOR DE NIVEL	22
3.1.2.1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN	23
3.1.2.2. APLICACIONES TÍPICAS	24
3.1.2.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	24

3.1.3.	SENSOR PICK UP	24
3.1.3.1.	FUNCIONAMIENTO	25
3.1.4.	CONVERSOR DE FRECUENCIA	26
3.1.4.1.	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	27
3.1.4.2.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	27
3.2.	ELEMENTOS FINALES	27
3.2.1.	MOTOR HIDRÁULICO	28
3.2.2.	PISTÓN NEUMÁTICO	29
3.3.	HARDWARE DE CONTROL EN EL PROCESO	30
3.4.	MICROLOGIX 1500	32
3.4.1.	VENTAJAS DEL MICROLOGIX 1500	32
3.4.2.	SISTEMA MICROLOGIX 1500	34
3.4.3.	MÓDULOS DE ENTRADA / SALIDA	36
3.4.4.	SOFTWARE RSLOGIX 500	38

CAPÍTULO 4

	SOFTWARE DE CONTROL	40
4.1.	CONTROLADOR CDP 200	41
4.1.1.	BLOQUE GABI	42
4.1.2.	BLOQUE HILO	43
4.1.3.	BLOQUE RAMP	43
4.1.4.	BLOQUE ALARM	44
4.1.5.	BLOQUE LIN	44
4.1.6.	BLOQUE MUX	44
4.1.7.	BLOQUE OR	44
4.1.8.	BLOQUE PID	45
4.2.	RSLOGIX 500	46
4.2.1.	INSTALACIÓN RSLOGIX 500	46
4.2.2.	DISEÑO DE PANTALLA	47
4.2.3.	CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO	48
4.2.3.1.	CONFIGURACIÓN DE E/S	49
4.2.3.2.	DEFINICIÓN DEL CHASIS	50
4.2.4.	ARCHIVOS DEL PROGRAMA	50
4.2.5.	ARCHIVOS DE DATOS	51
4.2.6.	BASE DE DATOS	52
4.3.	COMUNICACIÓN	54
4.3.1.	CONEXIÓN FÍSICA	54
4.3.2.	RSLINX	55
4.4.	EDICIÓN DE LA LÓGICA DE ESCALERA	57
4.5.	DIRECCIONAMIENTO	58
4.6.	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTRUCCIONES	59
4.6.1.	INSTRUCCIONES DE COMPARACIÓN	59
4.6.1.1.	GRT	59
4.6.1.2.	LES	59
4.6.1.3.	LEQ	60
4.6.1.4.	LIM	60
4.6.2.	INSTRUCCIONES MATEMÁTICAS	61

4.6.2.1.	ADD	61
4.6.2.2.	MUL	61
4.6.2.3.	DIV	62
4.6.3.	INSTRUCCIONES VARIAS	62
4.6.3.1.	TON	62
4.6.3.2.	MOV	63
4.6.3.3.	SCP	63
4.6.3.4.	PID	64
4.7.	PROGRAMA DE CONTROL	67
4.8.	PANEL DE OPERADOR	69
4.8.1.	CARACTERÍSTICAS DEL TERMINAL	69
4.9.	PANELBUILDER 32	70
4.9.1.	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	71
4.9.2.	CREACIÓN DE LA APLICACIÓN	71
4.9.3.	DESCRIPCIÓN DEL HMI	71
4.9.3.1.	PANTALLA MENÚ	72
4.9.3.2.	GRUPO DE PANTALLAS VISTA GENERAL	72
4.9.3.3.	PANTALLA ALARMAS	74
4.9.3.4.	PANTALLA PID	74
4.9.3.5.	PANTALLA PID CONFIGURACIÓN	75
4.9.3.6.	PANTALLA GABI 2	75
4.9.3.7.	PANTALLA GABI 4	76
4.9.3.8.	PANTALLA ALARM 1	76
4.9.3.9.	GRUPO DE PANTALLAS LIN	77
4.9.3.10.	PANTALLA ALARM BANNER	77

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN	79
5.1. INTEGRACIÓN PLC – HMI	79
5.1.1. CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DEL PANEL	79
5.1.2. DEFINICIÓN DE ETIQUETAS	81
5.2. INSTALACIÓN	86
5.1.1. CONSIDERACIONES PREVIAS	86
5.1.2. INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR	87
5.1.3. INSTALACIÓN DEL PANEL DE OPERADOR	88

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE CAMPO Y RESULTADOS	89
6.1. PRUEBAS DE LABORATORIO	89
6.1.1. RESULTADOS	90
6.2. PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA	91
6.2.1. RESULTADOS	92

CAPÍTULO 7

7.1. CONCLUSIONES	93
7.2. RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96
Anexo 1	98
Anexo 2	100
Anexo 3	102
Anexo 4	104
Anexo 5	106
INDICE DE FIGURAS	125
INDICE DE TABLAS	127
GLOSARIO	128

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar en el Ecuador viene demostrando su importancia desde los años sesenta; para 1981 la superficie cultivada de caña de azúcar fue de 45.374 hectáreas, lo cual colocaba al cultivo de caña de azúcar entre las cinco explotaciones agrarias de mayor cultivo. La caña de azúcar es el segundo cultivo en importancia en el Ecuador después del banano, con una producción de 5.962.310 t en el 2001.

El cultivo de caña de azúcar en el Ecuador se localiza principalmente en la región costa, razón por la cual los cuatro ingenios más importantes de los seis existentes en el país se encuentran en esta región: La Troncal, San Carlos, Valdez e Isabel María. Los tres primeros realizan el 90 % de la producción nacional, cuya zafra se inicia en el mes de julio y termina en diciembre, con procesos de molienda de 24 horas en tres turnos y un periodo interzafra entre enero y junio para la reparación de maquinaria

El ingenio Valdez fue inaugurado en el año 1884 por Rafael Valdez Cervantes. Este ingenio arrancó con una producción de 18.420 quintales de azúcar, para 1891 alcanzaba 87.183 quintales y en el año 2000 superó los 2'200.000 quintales. Para alcanzar estos niveles de producción, el Ingenio Valdez ha tenido que actualizar constantemente sus procesos de producción, llevándolos hacia una automatización que permita un desempeño óptimo de acuerdo a las tecnologías existentes.

En este proceso de actualización y mejoramiento ha sido necesario tomar decisiones acerca de los sistemas que se implementarían, las cuales no han sido siempre las más adecuadas, lo que ha originado malgasto de recursos, demora

en la producción, pérdidas económicas y otros problemas que han exigido la búsqueda de una solución óptima. En esta situación se hace necesario un trabajo de ingeniería que haciendo uso de los equipos y maquinarias existentes y mediante el reemplazo y compra de nuevos equipos alcance un sistema confiable, robusto y de fácil mantenimiento. Dentro de esta línea de soluciones se encuentra el proyecto presentado, el cual procura ser una solución a un problema real.

1.1. PRESENTACIÓN INSTITUCIONAL

El ingenio Valdez es el más antiguo del Ecuador, sus ventas representan el 33% del mercado azucarero del país. Sobre una extensión de 18700 hectáreas, 11400 hectáreas son propias, sembradas de caña de azúcar y 7300 hectáreas de cañicultores y una capacidad de molienda superior a las 8500 toneladas de caña diarias, con un rendimiento promedio de 2,10 sacos de 50 kilos por tonelada de caña, lo que corresponde a 232 libras de azúcar por tonelada. El ingenio Valdez produce bajo controles establecidos por el sistema de gestión de calidad ISO 9001: 2000.

El ingenio Valdez fue inaugurado en el año 1884 por Rafael Valdez Cervantes, en 1992 fue adquirida por Corporación Noboa y es a partir de 1996 dirigida por el Consorcio Nobis. Las instalaciones de la Compañía Azucarera Valdez S.A. están ubicadas al occidente del Ecuador Continental, en la región sur-oriental de la Provincia del Guayas, cantón Milagro, a 40 Km de la ciudad de Guayaquil.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El azúcar fue la primera industria alimenticia en emplear química, así como también se adelantó por muchos años a las modernas ideas de control técnico y químico tan corrientes ahora en las grandes fábricas.

El Ingenio Azucarero Valdez, debido a su alto nivel de producción, viene utilizando técnicas de control automático desde varios años atrás, sin embargo algunos de los sistemas implementados se han deteriorado con

el paso del tiempo y muchas veces se han tornado obsoletos, convirtiéndose en un punto de error que pudiera causar retrasos en el proceso productivo; por esta razón se torna necesario realizar mejoras y/o reemplazos de estos sistemas, que conduzcan a un superior funcionamiento, convirtiéndolo en un sistema más sencillo y a la vez más confiable y robusto.

El controlador encargado del control automático de la alimentación de caña es un equipo Fertron CDP 200. Este controlador se ha vuelto obsoleto y no cumple con los estándares actuales para supervisar un proceso, además su mantenimiento es complicado por la falta de repuestos y servicio técnico en el mercado nacional; por estas razones se justifica la realización de este proyecto, mismo que se encargará de mejorar el sistema de control reemplazando el sistema existente por uno nuevo, que no solo cumpla con todas las tareas preexistente, sino que además entregue mayores prestaciones en el control del proceso.

Este proyecto se justifica también desde el punto de vista económico, ya que al hacer uso de un controlador lógico programable (PLC), por las características propias de éste, brinda al proyecto la posibilidad de ser ampliado, cambiado o actualizado en las funciones que desempeña sin la necesidad de reemplazar al equipo o modificar la instalación.

1.3. IMPORTANCIA

Varios factores tienen considerable influencia en la obtención de una producción de azúcar cada vez mayor y a menores costos, como la tecnología, el medio y el hombre. Un uso incorrecto de la tecnología conduce indiscutiblemente al aumento de los costos de producción y al deterioro del medio. Para que se tenga una idea, los precios de la caña de azúcar de un país a otro varía de entre 15 y 18 USD/t de caña, y los insumos de maquinaria, mano de obra, así como el aumento del deterioro del suelo han aumentado. De aquí la importancia que tiene, para producir elevadas cantidades de azúcar de forma competitiva, incrementar cada vez más el rendimiento a menor costo mejorando la tecnología aplicada.

La importancia fundamental del proyecto radica en la necesidad de obtener un proceso de producción automático, seguro y eficiente, que brinde una solución adecuada a los problemas que causa el uso de un dispositivo inadecuado, y así obtener un sistema óptimo, que además pueda actualizarse y/o ampliarse de acuerdo a los requerimiento de la planta sin la necesidad de modificar el sistema o invertir dinero para reemplazar el equipo. El proceso automático será más fácil de supervisar debido a la interfaz humano máquina (HMI) que entregará la información precisa y en el momento adecuado para que se pueda realizar la acción oportuna que corrija cualquier posible error, sin necesidad de realizar inspecciones que obliguen a parar el proceso productivo, evitando así todos los problemas , tanto operativos como económicos, que implica tomar dicha acción.

Dado el alto grado de competitividad actual que se presenta entre las industrias, y al crecimiento acelerado de la tecnología, se torna necesario el automatismo de los procesos de producción con el fin de obtener productos con mejor calidad y menor costo.

Por otra parte, debido a que el cultivo de caña de azúcar permite una amplia diversidad productiva, y a la vez es muy influyente en otros sectores de la economía nacional, se puede decir que todo proyecto relacionado con esta industria se justifica y es de gran importancia, no solo para los empresarios, sino también para el desarrollo del país.

1.4. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar, programar y poner en marcha el sistema de control automático para la alimentación de caña en el Ingenio Azucarero Valdez.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar, dimensionar y evaluar con un criterio técnico el controlador a ser utilizado en la implementación del sistema de control.
- Programar el controlador (PLC) de manera que realice de forma óptima el control del área de alimentación de caña y ejecute las operaciones comandadas desde la Interfaz Humano Máquina.
- Diseñar y programar la Interfaz Humano Máquina (HMI) que permita una sencilla y eficiente operación por parte del personal en el control del proceso.
- Realizar la puesta en marcha del sistema, así como también las pruebas necesarias para garantizar el funcionamiento del proceso.
- Documentar el proyecto.

1.6. TERMINOS IMPORTANTES

Zafra

Término que se utiliza generalmente para referirse a todo el ciclo de cosecha hasta la fabricación. Desde el punto de vista agrícola, la zafra es la actividad correspondiente al corte de la caña, el cual se divide en tres operaciones: corte en la parte inferior, corte en la parte superior a nivel del ápice y el deshoje.

Romana

Instrumento que sirve para pesar, compuesto de una palanca de brazos muy desiguales, con el fiel sobre el punto de apoyo.

Melaza

Líquido más o menos viscoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda como residuo de la fabricación del azúcar de caña o remolacha.

Meladura

Jarabe previo para hacer el azúcar.

Jugo Absoluto

Son todas las materias disueltas en la caña, más el agua total de la caña.

Bagazo

Es el residuo después de la extracción del jugo de la caña por cualquier medio, molino o presa.

Jugo Residual

Es la fracción de jugo que no ha podido ser extraída y que queda en el bagazo.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DEL PROCESO

El azúcar se obtiene principalmente a partir de la caña de azúcar y la remolacha azucarera. La caña de azúcar es una gramínea tropical (*Saccharum officinarum*), un pasto gigante emparentado con el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar, la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua, junto con varios minerales que las raíces sacan de la tierra, para formar sacarosa que se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra. La caña de azúcar se encuentra dentro del grupo más eficiente de convertidores de la energía solar que existen.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AZÚCAR ¹

La obtención del azúcar requiere de un largo proceso, desde que la semilla de caña germina hasta que el azúcar se comercializa nacional e internacionalmente. A continuación se explica el proceso de fabricación.

2.1.1. COSECHA.

El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar, razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales y subtropicales que

¹ “Cultivo de la caña de azúcar.”, ROMERO Gabriel, Editores Nacionales, Primera Edición, Colombia, 1999.

poseen un brillo solar alto y prolongado, esto también incide en la ubicación geográfica de la mayoría de ingenios.

El proceso de producción se inicia con la preparación del terreno, para posteriormente sembrar la caña de azúcar. Una vez alcanzado el tiempo de maduración de la planta, entre 12 y 14 meses, se realiza la cosecha, la cual es una operación manual en un 70% y mecanizada en un 30%, en donde los tallos más gruesos de la caña de azúcar se separan de las hojas.

Para facilitar el trabajo de corte, la caña de azúcar es quemada; el tiempo que debe mediar entre quemada y molienda debe estar por debajo de las 48 horas para garantizar un bajo índice de deterioro.

2.1.2. TRANSPORTE

El transporte de la caña se lo hace en camiones hacia la planta, donde se determina las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Luego se pesa en las romanas y se conduce a los patios donde una parte se dispone directamente en las mesas de lavado de caña para realizar luego la molienda en los tándem 1 y 2, mientras que otra parte se almacena temporalmente para sostener la molienda las 24 horas.

2.1.3. PICADO DE CAÑA

Inicialmente se coloca la caña en una banda conductora que alimenta las picadoras. Las picadoras son ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, provistos de un juego de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño mas uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos, en esta etapa no se extrae el jugo de caña. La figura 2.1 muestra el esqueleto del primer juego de cuchillas de la sección de picado de caña en el Ingenio Valdez.



Figura. 2.1. Juego de Cuchillas Desarmado

2.1.4. MOLIENDA

Posteriormente la caña llega a un tándem de molinos, donde se extrae el jugo de la caña. Cada molino esta equipado con una turbina de alta presión.

La caña después de pasar por el primer molino pierde del 70 al 80% de su peso en jugo. Para extraer al máximo la sacarosa que contiene el material fibroso se agrega agua caliente al salir de cada molino. Este proceso de extracción es llamado maceración. El bagazo que sale de la última unidad de molienda es secado para ser utilizado en las calderas como combustible, produciendo el vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos. El jugo diluido que se extrae de la molienda es pesado para saber la cantidad de sacarosa que ingresa en la fábrica.

2.1.5. SULFITACIÓN

Este proceso se lo emplea para eliminar el color al azúcar, mediante el contacto del jugo con Dióxido de Azufre. Este procedimiento se lo suprime cuando se produce azúcar crudo. La figura 2.2 es un gráfico explicativo del proceso de producción de caña desde la cosecha hasta el proceso de evaporación.

2.1.6. CLARIFICACION.

La clarificación es el proceso mediante el cual se eliminan todas las impurezas contenidas en el jugo obtenido en la etapa de molienda, el cual es de carácter ácido y turbio; la clarificación se la realiza de la siguiente manera:

Alcalización

Es la adición de lechada de cal al jugo, la cual eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa. La cal también ayuda a precipitar impurezas orgánicas o inorgánicas que vienen en el jugo.

Calentamiento

Se eleva la temperatura del jugo encalado mediante un sistema de tubos calentadores para ayudar a la clarificación del jugo. La temperatura final de este calentamiento varía entre 98° y 103° C.

Clarificador

Por medio de decantación y sedimentación los sólidos no azúcares se precipitan en forma de lodo llamado cachaza y el jugo claro queda en la parte superior del tanque. Este jugo sobrante se envía al campo para el mejoramiento de los suelos pobres en materia orgánica. De una buena clarificación depende en gran parte la calidad del azúcar resultante.

2.1.7. EVAPORACION

El jugo clarificado posee aproximadamente 85% de agua y 15% de sólidos. Con este proceso se busca eliminar el agua para alcanzar una meladura o jarabe cuya composición oscila alrededor del 55 al 62% de sólidos.

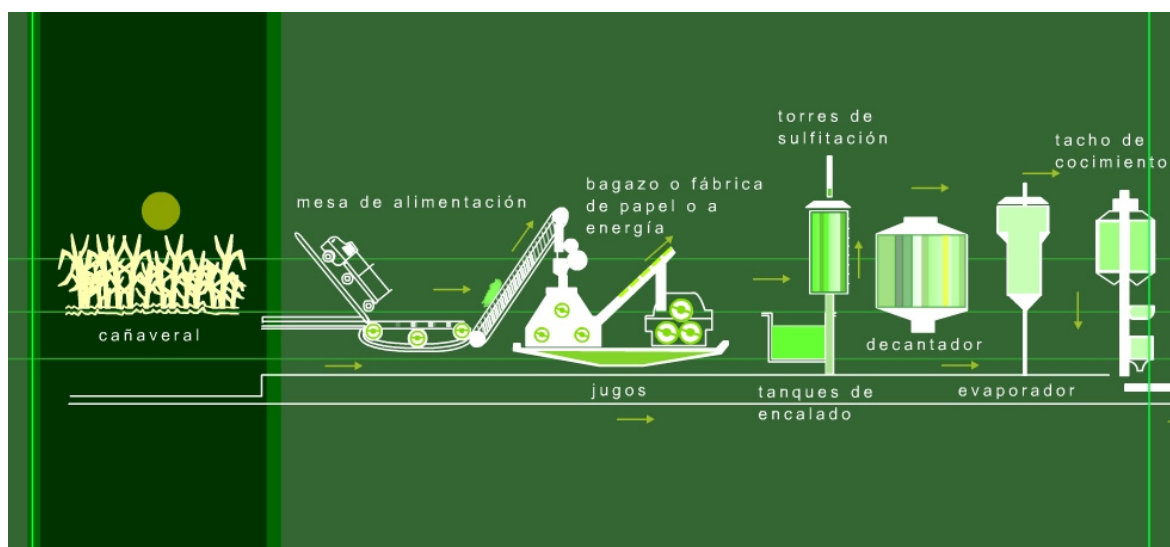


Figura. 2.2. Primera parte del proceso de producción de azúcar

Para este proceso se emplea evaporadores de vacío de múltiple efecto, que consiste en tomar varios evaporadores y conectarlos de tal manera que la evaporación producida en el primero sirva de vapor de calefacción al segundo evaporador y así sucesivamente, para lo cual es necesario disminuir la presión de operación en cada uno de estos en forma sucesiva para que se produzca el gradiente en temperatura que produce la evaporación. En el proceso de evaporación se obtiene el jarabe o meladura. La meladura es purificada en un clarificador. La operación es similar a la anterior para clarificar el jugo filtrado.

2.1.8. CRISTALIZACION

La cristalización se realiza en tachas, que son recipientes al vacío de un solo efecto donde se forma y crecen los cristales de azúcar mediante un proceso de cocimiento. El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho.

La templa (el contenido del tacho) se descarga luego por medio de una válvula de pie a un mezclador.

2.1.9. CENTRIFUGACION

La templa es depositada en máquinas giratorias que emplean la fuerza centrífuga para separar los cristales que contiene la masa cocida de las mieles o siropes que los rodean.

Las centrífugas trabajan a altas velocidades y poseen varios ciclos, dependiendo del azúcar que estén purgando, estos ciclos incluyen lavados con agua y/o vapor en intervalos de tiempo determinados de acuerdo a la clase y calidad de la templa.

El azúcar allí separado puede ser ya el producto final o por el contrario puede devolverse al proceso como semilla o foco de un grano de azúcar más grande. De igual manera, las mieles y siropes allí obtenidos, pueden ser recirculados o sacados del proceso como subproductos, como es el caso de la miel final.

2.1.10. SECADO

Para eliminar la humedad del azúcar que se va a empacar, se hace pasar por una secadora que trabaja con aire caliente (cercano a 60° C) en contracorriente con el azúcar que pasa por ella, finalmente se pasa por enfriadores rotatorios inclinados que llevan aire frío en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45 °C para conducir al envase. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones.

2.1.11. ENVASE

El azúcar seca y fría se empaca en sacos de 50, 5, 2, 1 y ½ kilos y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio. En la figura 2.3 se puede apreciar la sección del proceso donde se obtiene el producto final y éste es envasado.

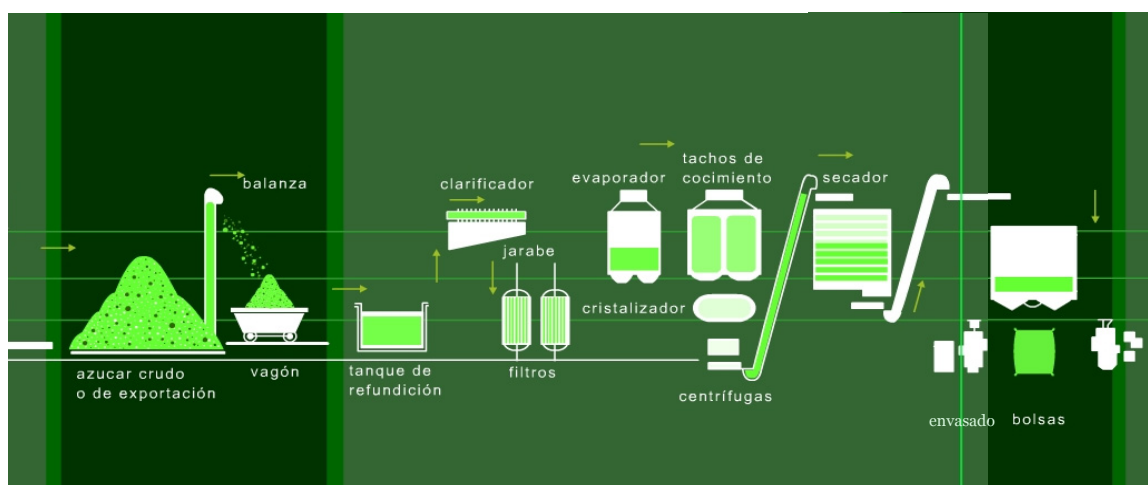


Figura. 2.3. Segunda parte del proceso de producción de azúcar

2.2. TIPOS DE AZUCAR

El azúcar se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción, a continuación se menciona la clasificación estándar:

- Cruda o morena: este tipo de azúcar conserva una película de melaza que envuelve cada cristal.
- Blanca directa: se produce por procesos de clarificación y su producción final se logra en una sola etapa de clarificación.
- Refinada: se cristaliza dos veces con el fin de lograr su máxima pureza.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Una vez descrito de manera general el proceso de producción de azúcar nos centraremos en el proceso de alimentación de caña mediante el uso de bandas conductoras hacia las maquinas destinadas para el picado de la caña de azúcar, etapa previa a la molienda de la misma

El objetivo básico de la preparación de caña es aumentar su densidad y consecuentemente la capacidad de molienda, así como realizar la máxima ruptura de la caña para liberar el caldo contenido, lo cual significa una mayor extracción.

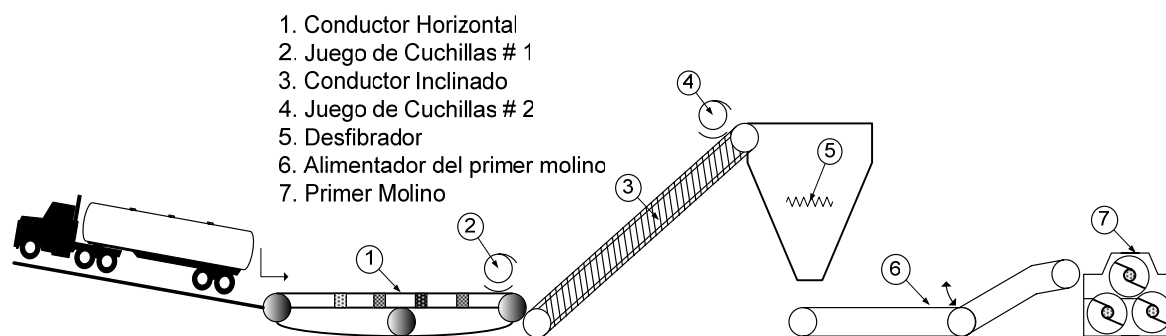


Figura. 2.4. Sección de alimentación de caña de azúcar hacia el primer molino

La figura 2.4 ilustra el proceso de alimentación de caña de azúcar hasta llegar al primer molino, este proceso se explica a continuación: Una plataforma, conocida como mesa alimentadora, controla la cantidad de caña que se transfiere al sector de preparación. Posteriormente un conductor horizontal lleva la caña a través del juego de cuchillas #1, la caña es elevada por medio de un conductor

inclinado que conduce la caña a través del juego de cuchillas #2. El conductor inclinado deposita la caña en el desfibrador, finalmente cuando los tallos de caña han sido reducidos a astillas y poseen un tamaño más uniforme son colocados sobre la banda que alimenta al primer molino.

El proceso de picado de caña o preparación de la caña está constituido por dos juegos de cuchillas, el primer juego de cuchillas es sólo nivelador. El juego de cuchillas es un mecanismo rotatorio de cuchillas fijas, impulsado por turbinas a vapor, y se encuentra cada juego al final del recorrido de los conductores horizontal y vertical respectivamente; estos juegos de cuchillas operan a 500 RPM, y tienen por finalidad aumentar la densidad de la caña, cortándola en pedazos más pequeños, preparándola para el trabajo del desfibrador. Los conductores horizontal y vertical son independientes uno del otro, es decir que existe un motor hidráulico para cada conductor.

El desfibrador, está formado por un tambor alimentador que compacta la caña a la entrada, precedido por un rotor constituido por un conjunto de martillos oscilantes, mientras la caña pasa por una pequeña abertura a lo largo de una placa desfibradora. La velocidad periférica del desfibrador (60 a 90m/s) proporciona índices de preparación de 80% a 92%. Este índice es la relación entre el azúcar de las células que el desfibrador rompió y el azúcar de la caña.

2.4. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

Como se mencionó anteriormente: de la alimentación de caña y el proceso de preparación de la misma depende en gran medida la cantidad de azúcar que se podrá extraer de la caña. Por otra parte, el funcionamiento de este proceso es dependiente de los procesos posteriores, por tal razón, una de las primeras cosas a tomar en cuenta es que las señales que regulan el proceso de alimentación provienen del funcionamiento de otros equipos.

El objetivo del proceso es mantener la alimentación de caña que garantice la mayor productividad, para el caso, hay que mantener el chute (cantidad de caña) en un nivel del 50% (nivel es medido en el primer molino), con lo que se pretende

tener un flujo de molienda constante. Del nivel del primer molino depende la velocidad del conductor inclinado, se cumple que a mayor nivel la velocidad del conductor inclinado disminuye, por otra parte, la velocidad del primer molino depende también de la velocidad del desfibrador y de la velocidad del juego de cuchillas #2; además el conductor inclinado se parará en cuando se de cualquiera de las siguientes condiciones:

- Se pulse cualquiera de los tres pulsadores de paro de emergencia
- Exista falta de vapor o el nivel del desfibrador sea muy bajo.
- La protección del juego de cuchillas #2 se active, esto ocurre en caso de que el sensor de velocidad del mismo no envíe señal.
- La protección del desfibrador se active, al igual que el anterior ocurre al no existir señal del sensor.
- La señal de interlock se active, la cual es una señal de permiso proveniente de las etapas posteriores.

La velocidad del conductor horizontal es, aproximadamente, un 15% inferior a la velocidad del conductor inclinado; esta velocidad además de depender de la velocidad del conductor inclinado depende también directamente del nivel del primer molino y la velocidad del juego de cuchillas #2. El conductor horizontal se parará en cualquiera de los casos de parada para el conductor inclinado o además en caso de que la protección del juego de cuchillas #1 se active.

2.5. GENERALIDADES DE CONTROL.

El principal objetivo del control es ajustar el funcionamiento de un sistema a determinados fines de forma manual o automática.

Actualmente en la industria se utiliza máquinas automatizadas en la totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. Como resultado, cada sector tiene un concepto de automatización adaptado a sus necesidades específicas. La automatización en los procesos de producción surgió gracias al desarrollo tecnológico y al hecho de que los sectores administrativos buscaran incrementar la producción, esto desembocó en la división del trabajo (reducción de un proceso

de fabricación a sus fases independientes más pequeñas) que redujo el nivel de especialización de los obreros haciendo posible el diseño y construcción de máquinas que reproduzcan estas labores.

La automatización ha permitido incrementar la producción, mejorando la calidad y reduciendo los costos, logrando así colocar una gran diversidad de productos al alcance de más gente. A partir de la introducción de los controladores lógicos programables, los sistemas de control basados en electrónica, pasaron de grandes armarios de lógica de relés, cuyo consumo, confiabilidad y flexibilidad son más que un problema, hasta los actuales PLC. Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato.

2.5.1. DEFINICIÓN DE PLC

El autómatas programable o controlador lógico programable (PLC) es un Sistema Industrial de Control Automático que trabaja, por medio de la ejecución de una secuencia de programa almacenada en memoria, capaz de realizar operaciones lógicas, aritméticas, de tiempo, de conteo, manejo de datos, etc. Es un sistema industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

El uso del PLC es muy difundido en la industria, ya que su aplicación supone grandes ventajas sobre los sistemas de automatización con lógica cableada. Si al momento de realizar una aplicación para controlar un proceso, este cuenta con varios sensores de entrada, y la instalación es vulnerable de modificación por razones funcionales o de producción, como es el caso de esta tesis, resulta más rentable utilizar un PLC. Ingenieros y diseñadores de sistemas de control, coinciden en que si un sistema de control requiere más de cuatro relés es recomendable, tanto económica como funcionalmente, la utilización de un controlador lógico programable. El costo económico del controlador lógico programable se ve totalmente justificado si se considera que una modificación en

un sistema de control que no contase con un PLC implicaría parada de producción, recableado, pruebas, puesta en marcha, verificación, etc.

2.5.2. VENTAJAS DE UTILIZAR UN PLC

Debido a las características propias, tales como diseño, capacidad y velocidad de procesamiento, los controladores lógicos programables tienen grandes ventajas frente a la lógica de cableado u otros controladores automáticos que son muy limitados en sus aplicaciones, tal es el caso del controlador Fertron CDP 200, el cual es limitado en el número de entradas, no posee capacidad de comunicación con paneles de operador y otras características que impiden su adecuación con los requerimientos de la empresa.

A continuación se nombran algunas de las ventajas de usar controladores lógicos programables:

- Flexibilidad; permite introducir modificaciones de la lógica de control sin necesidad de cambiar el cableado ni añadir equipos.
- Comunicación; los controladores lógicos programables tienen la capacidad de comunicarse con otros PLCs y además una gran cantidad de equipos adicionales por medio de redes industriales.

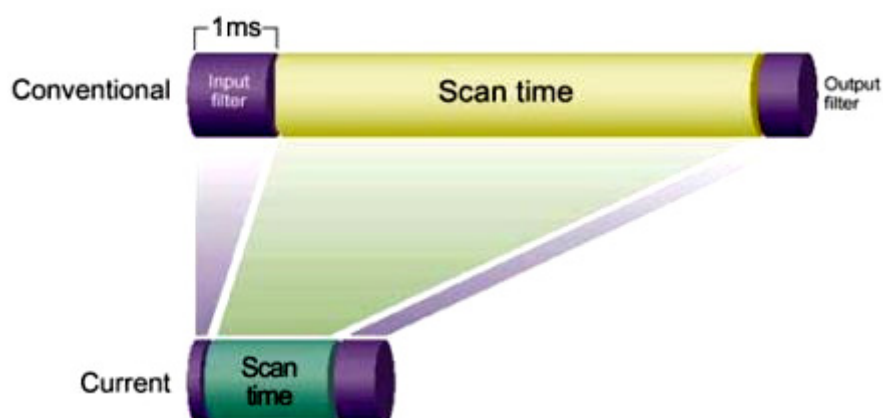


Figura. 2.5. Comparación del scan time de los procesadores antiguos con los actuales.

- Velocidad de procesamiento, lo que permite realizar operaciones que de otra manera resultara demasiado veloz. Actualmente existen procesadores que pueden tardar 100 μ s en realizar un scan de programa de 1K instrucciones. La figura 2.5 indica una comparación del tiempo requerido para completar un scan de programa entre los procesadores antiguos y los más modernos
- Confiabilidad; elimina la posibilidad de errores en el cableado de control, se elimina también contactos móviles, los mismos controladores son capaces de detectar e indicar averías, además de la facilidad de detección de errores tanto en la secuencia o algoritmos de control, como en los dispositivos de hardware.
- Reduce los tiempos de puesta en marcha del sistema al disminuir el tiempo de cableado y desarrollo de las aplicaciones.
- Permite desarrollar tareas muy complejas de manera sencilla debido a las funciones avanzadas y gran capacidad de almacenamiento, lo cual representa a su vez un ahorro en la necesidad de equipos adicionales.
- Reducción de costos, tanto en mano de obra para la instalación, como en la lista de materiales necesaria.
- Capacidad de expansión; es decir que se pueden añadir módulos para una gran variedad de tareas que pueden ser de control o de comunicación, lo cual confirma una vez más la flexibilidad de estos dispositivos.

2.5.3. CAMPOS DE APLICACIÓN

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso y pueden ser definidos como controladores de propósito general.

Se los utiliza fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. , por tanto, su

aplicación abarca ambientes de industria alimenticia, automotriz, química, plásticos, papel, farmacéutica, metalúrgica y otros.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como: Espacio reducido, procesos de producción periódicamente cambiantes, instalaciones de de procesos complejos, centralización del control del proceso, etc.

Entre algunas de las aplicaciones generales, se puede mencionar: empaçado, embotellado, enlatado, maquinado, generación eléctrica, manejo de materiales, sistemas de aire acondicionado, sistemas de seguridad, ensamble automático, tratamiento de aguas, moliendas y líneas de pintura.

La constante evolución de hardware y software amplía continuamente el campo de aplicaciones de estos dispositivos.

CAPÍTULO 3

HARDWARE DE CONTROL

No hace mucho tiempo el control de los procesos industriales se lo hacía exclusivamente por medio del uso de contactores y relés, los cuales presentan grandes desventajas desde el punto de vista de mantenimiento y actualización. Aunque este tipo de control sigue en uso en la industria nacional, el reemplazo progresivo por controladores lógico programables es una norma al momento de actualizar los sistemas.

En la actualidad existe en el mercado una diversidad de equipos que pueden adaptarse a las necesidades de un mismo proyecto, por lo que es necesario hacer un análisis previo del equipo de tal manera que cumpla con las especificaciones tanto técnicas como económicas del proyecto, y que además sea capaz de adaptarse a las modificaciones que pueda experimentar el sistema en el futuro.

Para el control a implementar se escogió un PLC MicroLogix 1500 LRP series C, que cubre las necesidades del proyecto tanto técnicas como económicas además de contar con un respaldo de clase mundial, flexibilidad, alta tecnología y un precio competitivo. En este capítulo se analiza, entre otros aspectos, las características principales de este PLC y su conveniencia para la aplicación.

3.1. SENSORES Y TRANSMISORES

La calidad de los diferentes tipos de sensores, encargados de medir las variables involucradas en el comportamiento del proceso y la variable controlada, incide directamente en la calidad de funcionamiento del sistema de control. Por otra parte, el valor medido debe ser transmitido rápidamente hacia el controlador

con la finalidad de que la acción correctiva pueda ser emprendida, con este fin se utiliza transmisores, los cuales producen una señal de salida cuyo valor tiene una relación predeterminada con respecto a los datos medidos. Frecuentemente, las funciones de medición y transmisión están incorporadas en un solo dispositivo de hardware.

Uno de los problemas más críticos en el diseño e instalación de un sistema de control retroalimentado es la especificación del dispositivo de sensamiento.

3.1.1. SENSOR CAPACITIVO DE PROXIMIDAD

El sensor capacitivo STF 2500B es usado para la detección de diversos materiales sólidos o líquidos, en ambientes agresivos o en aplicaciones donde los sensores *conductivos* no sean indicados debido a la presencia de humedad, corrosión, etc. En la figura 3.1 se indica uno de los sensores capacitivos utilizados en la medición de nivel.



Figura 3.1. Sensor capacitivo de proximidad

El sensor STF 2500B se diferencia de los sensores capacitivos disponibles en el mercado por su gran área sensora frontal, lo cual lo convierte en el indicado para la detección de sólidos porosos o no compactados, que presentan espacios vacíos tales como los encontrados en el bagazo de caña, productos químicos, granos, etc.

La construcción del sensor STF 2500B permite el mantenimiento del sensor en caso de averías, a diferencia de otros sensores disponibles en el mercado encapsulados en poliuretano que los torna desechables.

El STF 2500B tiene protección contra humedad gracias a una resina especial en la placa del circuito electrónico del sensor. Al utilizarlo en conjunto con el conversor CD420, los sensores Fertron pueden ser utilizados en sistemas de monitoreo y control de nivel en aplicaciones donde no sea posible o económicamente viable una medición continua de nivel. El STF 2500B posee una carcasa de polipropileno (PP) de color negro con tapa roscada para acceso a las partes electrónicas internas

3.1.1.1. INSTALACIÓN

El sensor STF 2500B es un dispositivo electrónico de precisión que opera con señales internas en la banda de radio frecuencia (1 MHz), por este motivo, cuando dos o más unidades son colocadas próximas entre sí, debe aislarse los sensores dentro de cajas metálicas, colocándolos sobre un soporte adecuado de material aislante y baja densidad.

3.1.1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación: 12 a 24 Vcc máx.

Salida: Colector Abierto: 150 mA máx.

Nivel de salida: Normalmente alto o bajo, seleccionable.

Sensibilidad: 0 – 25 mm., ajustable.

Diámetro interno: 70 mm

Diámetro externo: 127,5 mm

Consumo: 70 mA máx.

3.1.2. CONVERTOR DE NIVEL

El conversor CD420 se destina para aplicaciones de medición de nivel de sólidos y líquidos donde no sea posible la medición continua por razones del proceso.

El conversor CD420 opera en conjunto con los sensores capacitivos de proximidad STF 2500B, o cualquier sensor similar, inclusive electromecánicos, que proporcionas salidas en colector abierto o contacto simple.

La salida del conversor es ajustable de 0 a 100% de alcance (span) y acepta hasta seis sensores. En caso de utilizar sensores activos, como el STF 2500B, el CD420 provee la tensión de alimentación para los mismos, simplificando su aplicación al eliminar fuentes externas auxiliares.



Figura. 3.2. Conversor de nivel

3.1.2.1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El conversor CD420 está compuesto por: sumador de entradas, aislador y generador de corriente. Los sensores se conectan a las entradas del CD420 en la etapa del sumador de entradas. Cuantos más sensores estén conectados a la entrada del sumador, mayor será la señal de salida de esta etapa.

La señal de salida del sumador, que es proporcional al número de sensores conectados y por lo tanto al nivel medido, es aplicada a un conversor tensión – frecuencia y es transmitido a una etapa de frecuencia – tensión por medio de un aislador óptico, proporcionando aislamiento eléctrico entre las entradas y las salidas del conversor. La señal recogida a la salida del conversor frecuencia – tensión es aplicada a un generador de corriente, cuya salida varía de 4 a 20 mA y es entregada a la carga, que puede ser un controlador de proceso, un registrador, un indicador, etc.

La prioridad de cada sensor puede ser ajustada individualmente. Por ejemplo, un sensor puede provocar una variación de 20 % del span de corriente de salida, otro provocar una variación de 10 % y así sucesivamente. La salida de 4-20 mA también puede ser ajustada libremente para diversas fases de trabajo.

3.1.2.2. APLICACIONES TÍPICAS

El CD420 puede ser aplicado en la medición y control de nivel en procesos donde no sea posible o viable económicamente una medición continua del producto. Entre algunas de sus aplicaciones, se puede utilizar el CD420 en conjunto con los sensores Fertron STF2500B en la detección de nivel en aplicaciones como:

- Detección de nivel de caña en alimentadores tipo Donnelly, largamente empleados en molinos de caña.
- Detección de nivel en silos de almacenaje de granos y cereales.
- Detección de nivel en silos de alimentación de productos químicos sólidos en industrias de proceso de alimentos, pinturas y barnices, celulosa y papel, etc.
- Aplicaciones diversas en condiciones ambientales agresivas.

3.1.2.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación: 110/220 VCA

Fuente para sensores: 24 Vcc

Entradas: 6 entradas máx.

Señal de entrada: contacto seco o colector abierto

Salida: 4 – 20 mA aislada

Impedancia máx. salida: 750 Ohms

3.1.3. SENSOR PICK UP

Los sensores de pick up son sensores inductivos utilizados para medir velocidad de rotación de un determinado elemento. Este tipo de sensores son muy utilizados en las instalaciones del ingenio debido a su reducido costo y

simplicidad de operación; a pesar de que el mayor inconveniente de este tipo de sensores es la falta de precisión cuando las velocidades de giro son muy bajas, esto no representa un inconveniente pues las velocidades medidas varían entre las 500 rpm (juego de cuchillas) y 1000 rpm (desfibrador).

El sensor inductivo está formado por un imán permanente, una bobina que envuelve al imán, y de cuyos extremos se obtiene la tensión. Una pieza de material ferromagnético que se coloca en el elemento en movimiento sirve para detectar su paso cerca del sensor, esta pieza puede tener varios dientes formando una corona, la figura 3.3 muestra los sensores inductivos y las ruedas dentadas utilizadas en el Ingenio Valdez para medir velocidad. Para detectar velocidades altas se utilizan piezas con 15 dientes, mientras que para bajas velocidades la pieza posee 40 dientes.

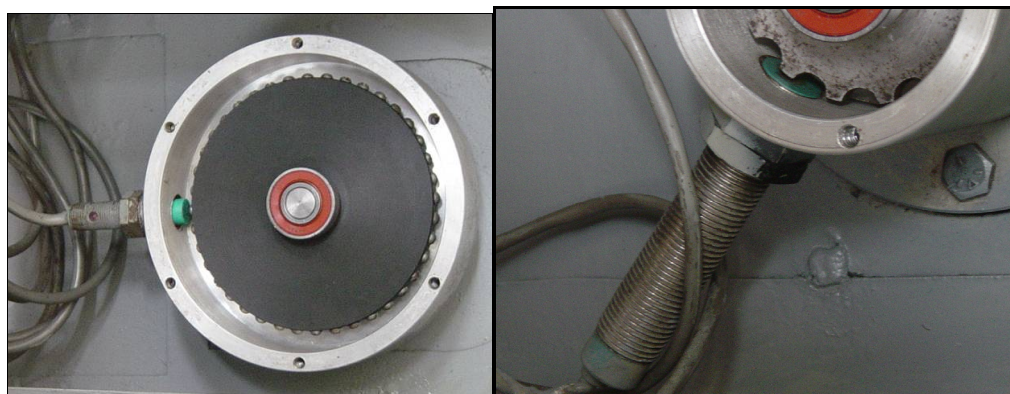


Figura. 3.3. Sensor Inductivo para medición de velocidad

3.1.3.1. FUNCIONAMIENTO

El sensor inductivo se basa en la tensión generada en la bobina cuando se la somete a una variación de un campo magnético. Al estar la bobina arrollada en el imán queda bajo un campo magnético fijo y para variarlo se acerca al imán una pieza de material ferromagnético. Las líneas de fuerza del imán son desviadas por el material ferromagnético y el campo magnético varía. Esta variación crea una tensión alterna en la bobina. Mientras la pieza ferromagnética se acerca al sensor, la tensión disminuye y cuando la pieza se aleja, la tensión aumenta.

La pieza ferromagnética debe mantener una separación mínima con el sensor inductivo pero sin que se produzca rozamiento. Esta distancia es conocida como entrehierro y suele ser entre dos y tres décimas. Si esta distancia es mayor, la tensión generada en los extremos de la bobina será menor, mientras que si la medida es más pequeña la tensión será mayor, pero puede aparecer rozamiento a causa de alguna impureza.

La tensión generada en los extremos de la bobina también depende de la velocidad de la pieza ferromagnética cuando pasa cerca del sensor. Cuanto mayor sea la velocidad, más rápida será la variación del campo magnético, y más tensión se generará, mientras que si la velocidad es baja, la tensión también será baja.

El sensor inductivo se conecta a través de dos cables que son los extremos de la bobina. Si la tensión que debe medirse es muy pequeña se protegen los cables con una malla metálica para evitar interferencias de otros sistemas eléctricos.

3.1.4. CONVERTOR DE FRECUENCIA

En la figura 3.4 se aprecia el convertidor de señales CT 420, que convierte las señales generadas por un taco-generador AC o un pick-up magnético en una señal de 4 a 20 mA para uso general en instrumentación y control. Diseñado originalmente para medir rotación de máquinas, tal como motores y turbinas, el CT 420 se aplica también a cualquier medición precisa de señales de frecuencia.



Figura. 3.4. Conversor de Frecuencia

3.1.4.1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La señal de frecuencia a ser convertida es generada por un taco generador AC o un pick-up magnético, o cualquier otra fuente de frecuencia proporcional a la velocidad de la máquina a ser monitoreada. Esta señal de frecuencia es aplicada en la entrada del CT 420 y convertida internamente a una señal lineal de tensión proporcional a la frecuencia de entrada. La señal de tensión, a su vez, es aplicada a un generador de corriente de precisión, de este modo, se obtiene en la salida del CT 420 una señal de corriente de 4 a 20 mA directamente proporcional a la frecuencia de entrada y a la rotación de la máquina monitoreada. Finalmente, la señal de corriente será aplicada a un indicador digital, registrador o controlador de procesos, dependiendo de su aplicación.

3.1.4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación: 110/220 VCA 60 Hz

Canales: 1 Canal

Entrada: 30 Hz a 30 Khz

Salida: 4-20 mA

Cero y Span: Ajustables

Aislamiento Entrada / Salida: Óptica

Linealidad: Mejor que 0.1% de Span

Temperatura máxima trabajo: 50 °C

3.2. ELEMENTOS FINALES

Los elementos finales aquí descritos son aquellos dispositivos capaces de generar una fuerza, los actuadores reciben la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

3.2.1. MOTOR HIDRÁULICO (CONDUCTORES)

Los actuadores hidráulicos son los de mayor antigüedad; esta clase de actuadores son muy utilizados en la industria.

Como se mencionó en el capítulo anterior, existen dos motores hidráulicos encargados del movimiento individual de los conductores de alimentación de caña en el Ingenio. Las particularidades del motor hidráulico, como velocidad y torque, dependen de las características de las cintas transportadoras y los requerimientos de operación.

Los motores utilizados en el Ingenio Valdez son Hydrostar, modelo MRH-45-SW-1, con diseño de pistón radial que entrega una salida de Baja Velocidad Alto Torque (LSHT por sus siglas en inglés), alcanzando alto torque a velocidades tan bajas como 3 rpm. La tabla 3.1 es una comparación de las características principales de algunos motores Hydrostar.

Tabla 3.1. Tabla comparativa de motores Hydrostar

Modelo	Desplazamiento (in ³ /rev)	Torque de salida a 1000 psi (ft. lbs)	Torque máximo de salida (ft. lbs.)	Presión Máxima (psi)	Speed Range (rpm)	Potencia maxima de salida (hp)	Peso (lbs.)
MRH-12	12.7	140	535	3570	3-600	42	81
MRH-30	30.4	350	1300	3570	3-500	85	169
MRH-45	45.5	550	2040	3570	3-400	120	275

En los motores hidráulicos el movimiento rotatorio es generado por la presión, los motores Hydrostar funcionan de la siguiente manera: el aceite presurizado ejerce una fuerza que es transmitida del pistón a la leva. En la cubierta de la válvula, una válvula distribuidora gira junto a la leva y envía el aceite dentro del cilindro. El motor de doble desplazamiento, mostrado en la figura 3.5, usa un pistón dentro de la leva para cambiar el desplazamiento.

A continuación se nombran algunas de las características de este tipo de motor:

- Velocidad variable y torque constante sobre todo el rango de velocidad.
- Excelente eficiencia que permite posicionamiento preciso de los equipos.

- Aceleración rápida, desaceleración y reversa.
- Rodamientos grandes que garantizan una larga vida útil y brinda la capacidad de cargas pesadas.



Figura. 3.5. Vista en corte de un motor hidráulico

3.2.2. PISTÓN NEUMÁTICO

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. El principio básico de funcionamiento del pistón neumático es el de aplicar una presión predeterminada de aire que actúa sobre un diafragma o pistón para comprimir un resorte de posicionamiento. El vástago asume una posición específica la cual corresponde a la presión aplicada y la posición de la manilla de la válvula de control.

El pistón neumático Rexroth P59023 – 2, mostrado en la figura 3.6, es el actuador utilizado para variar la velocidad de las bandas transportadoras, este dispositivo permite realizar un posicionamiento de exactitud en diferentes mecanismos, está fabricado en un molde de hierro con un pistón de cromo, es de tipo lineal con una fuerza característica de 650 pulgada-lb-grado.

El pistón Rexroth es el elemento final de control, que mediante un movimiento lineal abre o cierra la válvula del motor hidráulico; la velocidad del conductor es directamente proporcional a la apertura de la válvula, es decir que si la válvula se encuentra más abierta entonces la presión es mayor y por ende la velocidad del conductor también es mayor.



Figura. 3.6. Pistón Neumático

El controlador es el encargado de enviar la información acerca de la velocidad requerida, para este efecto se envía una señal de 4 a 20 mA la cual pasa a través de un transductor que se encarga de convertir esta información en una señal neumática. El transductor utilizado, que se muestra en la figura 3.7, es un equipo Presys, modelo 241-967-090, que tiene una entrada de 4 a 20 mA, una salida de 0 a 70 psi con una alimentación de 80 a 120 psi.



Figura. 3.7. Transductor de corriente a señal neumática.

3.3. HARDWARE DE CONTROL EN EL PROCESO

En esta sección se presenta de manera sencilla la labor de los equipos presentados anteriormente dentro del proceso de alimentación de caña de azúcar.

Se presenta en la tabla 3.2 una breve descripción de las variables del proceso; a partir de estas variable se podrá entender mejor el trabajo de los sensores y actuadores.

Tabla 3.2. Tabla de las variables del proceso

Variable	Descripción
EAN1	Nivel Primer Molino 0 – 100 %
EAN2	Pick Up Cuchillas 01 0 – 1500 RPM
EAN3	Pick Up Cuchillas 02 0 – 1500 RPM
EAN4	Pick Up Desfibrador 0 - 1500 RPM
EAN5	Pick Up Primer Molino 0 – 200 RPM
EAN6	Pick Up Conductor Inclinado 0 – 200 RPM
EAN7	Pick Up Conductor Horizontal 0 – 200 RPM
SAN 1	Conductor Inclinado Caña
SAN 2	Conductor Horizontal Caña
EDG1	Protección Desfibrador
EDG2	Protección Cuchilla 02
EDG3	Protección Cuchilla 01
EDG4	Paro de Emergencia Primer Molino
EDG5	Nivel Desfibrador
EDG6	Interlock
EDG7	Falta de Vapor
EDG8	Protección Conductor Inclinado 02

Las entradas EDG son todas señales de protección que se encargan de la seguridad del proceso, las cuales envían una señal digital al controlador. El caso de la señal EDG5, por cuya descripción se podría mal interpretar, es también una señal digital que indica únicamente cuando el nivel del desfibrador ha superado un punto determinado, más no el nivel del desfibrador.

El nivel del primer molino, EAN1, es una señal medida mediante el uso de cinco sensores capacitivos de proximidad colocados a diferentes alturas, y conectados a un conversor de nivel CD420, que se encarga de enviar al controlador una señal de 4 a 20 mA , proporcional al nivel de materia existente en el primer molino.

Las entradas EAN2 a EAN7 son señales medidas con sensores inductivos, que conectados a un conversor de frecuencia CT 420, entregan la medida de

velocidad de los diferentes equipos descritos en la tabla 3.2. Cada velocidad es una señal analógica que se envía al controlador que ejecuta la lógica del proceso.

Finalmente, las salidas del controlador son SAN1 y SAN2, señales de corriente emitidas para comandar la velocidad de los conductores de caña. Estas señales de corriente llegan a un transductor que tiene por salida una señal neumática proporcional a la señal de corriente; la señal neumática, a su vez, se encarga de controlar el desplazamiento del pistón, elemento final de control, que mediante un movimiento lineal abre o cierra la válvula del motor hidráulico para de esta manera controlar la velocidad de cada conductor.

3.4. MicroLogix 1500

El PLC MicroLogix 1500 fue elegido para este proyecto por las características que brinda, las cuales son descritas más adelante, pero el factor decisivo al momento de seleccionar el PLC fue la relación costo beneficio, si bien podría haberse usado un controlador inferior, estos no satisfacían las necesidades proyectadas, y el uso de un PLC de mayor nivel implicaría un mayor costo, aunque esto resolvería uno de los mayores inconvenientes que presenta el MicroLogix 1500 que es el no poder ser programado en línea, lo cual significa tener que parar el proceso en caso de querer modificar el programa. El MicroLogix 1500 modelo 1764 LRP fue escogido por su capacidad de memoria, módulos disponibles de E/S, y además la necesidad de un puerto extra RS232 para comunicación con el panel de operador.

3.4.1. Ventajas del Micrologix 1500

El PLC MicroLogix 1500 es una plataforma de control lógico programable con características avanzadas y de gran desempeño. Muchas de estas características permiten a este controlador ser usado en aplicaciones donde grandes controladores eran requeridos en el pasado. La arquitectura del MicroLogix tiene como característica un diseño novedoso de dos piezas, ocupando así una pequeña superficie en el tablero. La unidad del procesador y la base se encajan para formar el controlador completo, el procesador y la base son reemplazables

de manera independiente, permitiendo maximizar las opciones de los módulos I/O mientras se minimiza los costos. Es un PLC modular sin rack, lo cual es una característica típica de los PLCs pequeños que permite la extracción e inserción frontal, lo cual disminuye tiempo y costo de mantenimiento.

Entre algunas de las ventajas del controlador seleccionado se pueden enumerar las siguientes:

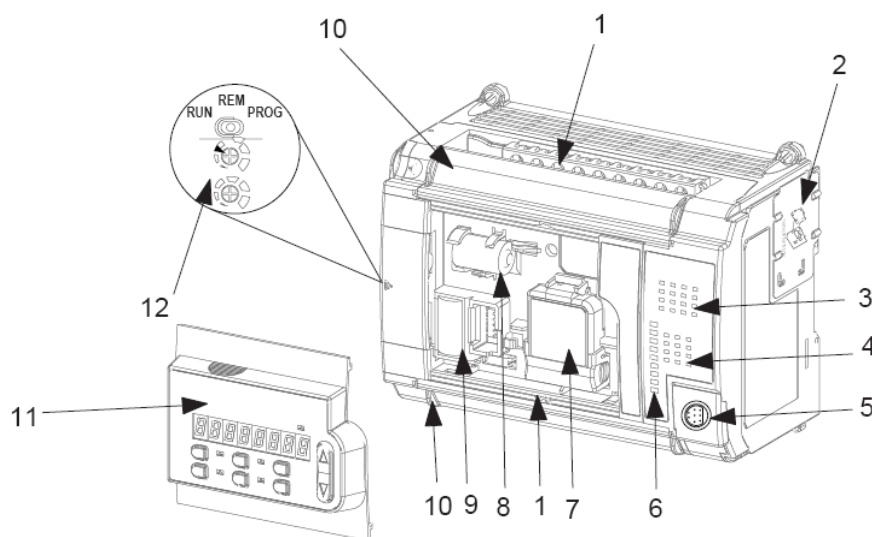
- Apto para diversas aplicaciones por su capacidad de memoria. El tamaño de memoria para programación del usuario del modelo 1764 LRP es de 14 Kb.
- Sistema operativo actualizable. Un sistema operativo actualizable asegura que siempre se estará al día con las últimas características sin tener que reemplazar el hardware. El controlador puede ser actualizado fácilmente con el último firmware a través de las descargas en el sitio web de Rockwell.
- Expansión de entradas salidas de alto rendimiento.
- Opción de comunicaciones avanzadas incluyendo peer-to-peer y redes SCADA/RTU, DH 485, DeviceNet, y Ethernet
 - via el puerto de comunicación de la unidad base
 - via el puerto adicional RS 232 del 1764 LRP.
- Protección en la descarga de archivo, que previene la alteración de datos durante la comunicación.
- Contador de alta velocidad de 20 kHz. Dos salidas de alta velocidad configurable a 20 kHz PTO (Pulse Train Output) o PWM (Pulse Width Modulated).
- Hardware diseñado para soportar los rigores del ambiente industrial, tales como vibraciones, temperaturas extremas y ruido eléctrico asociado con aplicaciones de manufactura.

- Entero con signo de 32-bit, diversas funciones incluidas, como control PID, capacidad de lectura y escritura ASCII
- Certificación para el mercado mundial (CE, C-Tick, UL, c-UL, incluyendo clase I División 2 lugares peligrosos)

El controlador MicroLogix 1500 es programado mediante software RSLogix 500 y comparte instrucciones comunes con el MicroLogix 1000, MicroLogix 1200 y la familia de controladores SLC.

3.4.2. Sistema MicroLogix 15000

El sistema MicroLogix 1500 ofrece muchas de las ventajas del MicroLogix 1000 e incluye algunas características y funciones disponibles en los sistemas SLC 500. La figura 3.9 muestra una configuración típica de un sistema que utiliza MicroLogix 1500. En la figura 3.8 se detallan las partes esenciales del MicroLogix 1500:



Num.	Descripción	Num.	Descripción
1	Bloque de terminales	7	Módulo de memoria / Reloj de tiempo real*
2	Interfase para expansión de E/S	8	Batería de reemplazo *
3	LEDs de entradas	9	Batería
4	LEDs de salidas	10	Terminal de la tapa
5	Puerto de comunicación	11	Herramienta de acceso de datos*
6	LEDs de estado.	12	Switch de modo

* Opcional.

Figura. 3.8. Partes del controlador MicroLogix 1500

Un sistema MicroLogix 1500 básico consiste en una base que provee 24 o 28 E/S y un procesador dentro de la base. Se puede añadir hasta 16 módulos de E/S (1769 Compact), memoria opcional y/o módulo de reloj de tiempo real o una herramienta de Acceso de Datos para mejorar las capacidades del sistema.

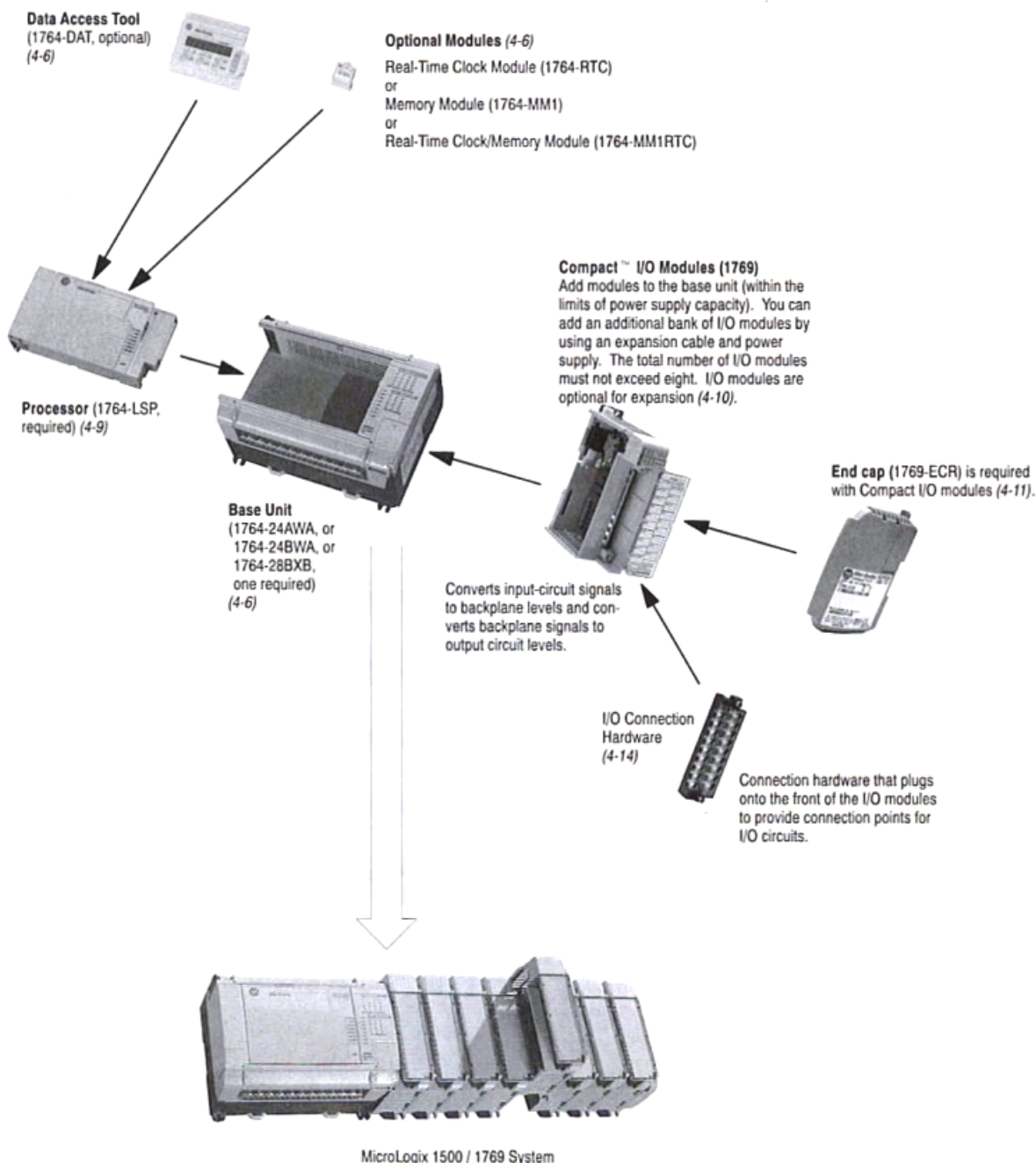


Figura 3.9. Diagrama de un sistema MicroLogix 1500

El procesador del MicroLogix es un módulo aparte que se desliza dentro de la base. Existen dos tipos de procesadores: el 1764 LSP con 7K de memoria de

usuario (programa más datos) y el 1764 LRP con 14K de memoria de usuario y un puerto adicional RS-232. En la sección de anexos se encuentra un cuadro comparativo de los dos tipos de procesador y el resto de equipos de la gama MicroLogix.

Los sistemas MicroLogix 1500 requieren una base. Existen tres diferentes chasis o bases disponibles para el MicroLogix 1500, que ofrecen diferentes E/S, alimentación y salidas de alta velocidad.

Tabla 3.3. Tabla comparativa de las unidades base del MicroLogix 1500

Catalog Number	Line Power	Inputs	Outputs	High Speed I/O
1764-24AWA	120/240V ac	(12) 120V ac	(12) Relay, 2 isolated relays per unit	n/a
1764-24BWA	120/240V ac	(8) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(12) Relay, 2 isolated relays per unit	(4) 20 kHz input
1764-28BXB	24V dc	(8) Standard 24V dc (8) Fast 24V dc	(6) Relay, 2 isolated relays per unit (4) Standard 24V dc FET (2) Fast 24V dc FET	(8) 20 kHz input (2) 20 kHz output

Usando una fuente de expansión se puede incrementar la capacidad del sistema añadiendo módulos de expansión de E/S. El banco adición de E/S es conectado al controlador a través de un cable de diseño especial. El banco adicional de E/S debe incluir una fuente y una tapa de final (end cap).

3.4.3. MÓDULOS DE ENTRADA/SALIDA

En aplicaciones que requieran más E/S que las incluidas en la base, se pueden conectar un máximo de 8 ó 16 módulo de expansión, dependiendo de la capacidad del sistema, es decir la corriente y la disipación de energía. Módulos de E/S pueden ser instalados a la derecha de la base, o un banco adicional de módulos de E/S puede ser instalado a través del uso de un cable de expansión y una fuente extra de alimentación.

Los diferentes cables de expansión extienden el bus de comunicaciones, permitiendo colocar los módulos de E/S hasta a un metro de distancia de la base,

un máximo de un cable puede ser usado por el controlador. Un Terminal End Cap debe ser usado al final del grupo de módulos de E/S adjuntos al controlador.

Una variedad de módulos de E/S análogos y digitales están disponibles, tales como: módulos de entradas digitales o análogas, módulos de salidas digitales o análogas, módulos de contactos de relé, módulos de entradas y salidas digitales. Cada módulo puede ser removido individualmente de su posición para su reemplazo. Las expansiones de E/S son direccionadas en los slots 1 al 16 (las E/S incorporadas del controlador están en el slot 0). La fuente extra y el cable de expansión no son contadas. Los módulos son contados de izquierda a derecha en cada banco como se muestra en la figura 3.10.

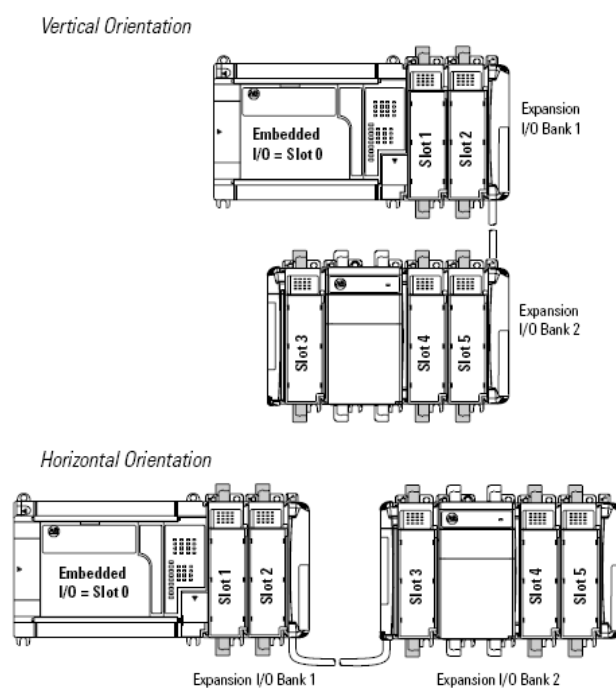


Figura. 3.10. Tipo de orientación de los módulos de expansión.

El controlador utilizado en este proyecto posee una base 1764 - 24BWA con 12 entradas de 24 Vdc (sink o source) y 12 salidas a relé; un procesador 1764 LRP con puerto de comunicación RS232 para ser usado junto al PanelView. Además cuenta con un módulo con 6 entradas 24 V dc y cuatro salidas a relé en el slot 1 (1769-IQ6XOW4), y cuatro módulos de cuatro entradas analógicas y dos salidas analógicas en los slots 2, 3, 4 y 5 (1769-IF4XOF2) respectivamente, con orientación vertical.



Figura. 3.11. Orientación del equipo instalado

3.4.4. SOFTWARE RSLogix 500

El software RSLogix500 es el paquete de programación para la serie Micrologix. RSLogix500 posee una interfaz gráfica tipo Windows y brinda las siguientes ventajas:

- Posibilidad de importación de aplicaciones desarrolladas en programas de AB antiguos.
- Alternativas de edición en línea, dependiendo del controlador con el que se esté trabajando.
- Total interacción para crear diferentes símbolos y asignación de direcciones de PLC y comentarios correspondientes en Microsoft Excel e importar dicha información directo al proyecto de RSLogix que se encuentre en desarrollo.

El computador se comunica con los controladores programables Allen Bradley utilizando el software RSLinx. Este software provee de un acceso a los PLCs desde distintas aplicaciones, tales como RSview32, RSTrend, RSBatch, etc.

Además, posee de una interfaz DDE, denominada AdvanceDDE, que presta la posibilidad de compartir información por medio de protocolo de intercambio dinámico de información entre los controladores lógicos programables y aplicaciones de otros paquetes tales como Microsoft Excel, Microsoft Access, etc.

Existen tres versiones del RSLinx: Lite que no requiere de una licencia, pero con capacidad limitada; Profesional, que requiere de una licencia completa; y Gateway, que es aquella que da prioridad al manejo de redes tales como la Ethernet. RSLogix500 y RSLinx requieren de licencia.

CAPÍTULO 4

SOFTWARE DE CONTROL

En capítulos anteriores se revisó el proceso general de la planta y principalmente el proceso específico a controlar, sus particularidades y condiciones especiales; así mismo se revisó el proceso de selección de la tecnología a utilizarse, donde se tuvo siempre en cuenta requisitos técnicos, económicos, de seguridad, etcétera.

Siguiendo con el diseño del sistema de control, se presenta ahora el desarrollo del software de control junto a su respectivo HMI. En este capítulo se realiza una revisión del programa existente en el controlador FERTRON CDP200, cuya lógica es la que se aplica en el desarrollo del programa del MicroLogix 1500. El desarrollo de la interfaz humano máquina, valor agregado de este proyecto, es presentado también en este capítulo, donde se revisa además los conceptos básicos de programación usando PanelBuilder.

4.1. CONTROLADOR CDP200

Antes de revisar el programa del controlador FERTRON CDP200 es necesario conocer un poco más las características básicas de este controlador. A continuación se presentan algunas:

- Controlador modular configurable vía teclado frontal
- 8 entradas analógicas de 4 a 20 mA
- 6 salidas analógicas de 4 a 20 mA
- 4 entradas digitales que reconocen nivel lógico o contactos secos de relés
- 8 salidas digitales con salida de colector abierto

- Memoria EPROM de 64 K para configuración residente
- Memoria RAM no volátil de 48 K para configuración de usuario
- 1 displays alfanumérico de 8 dígitos, 2 displays de 4 dígitos x 7 segmentos.

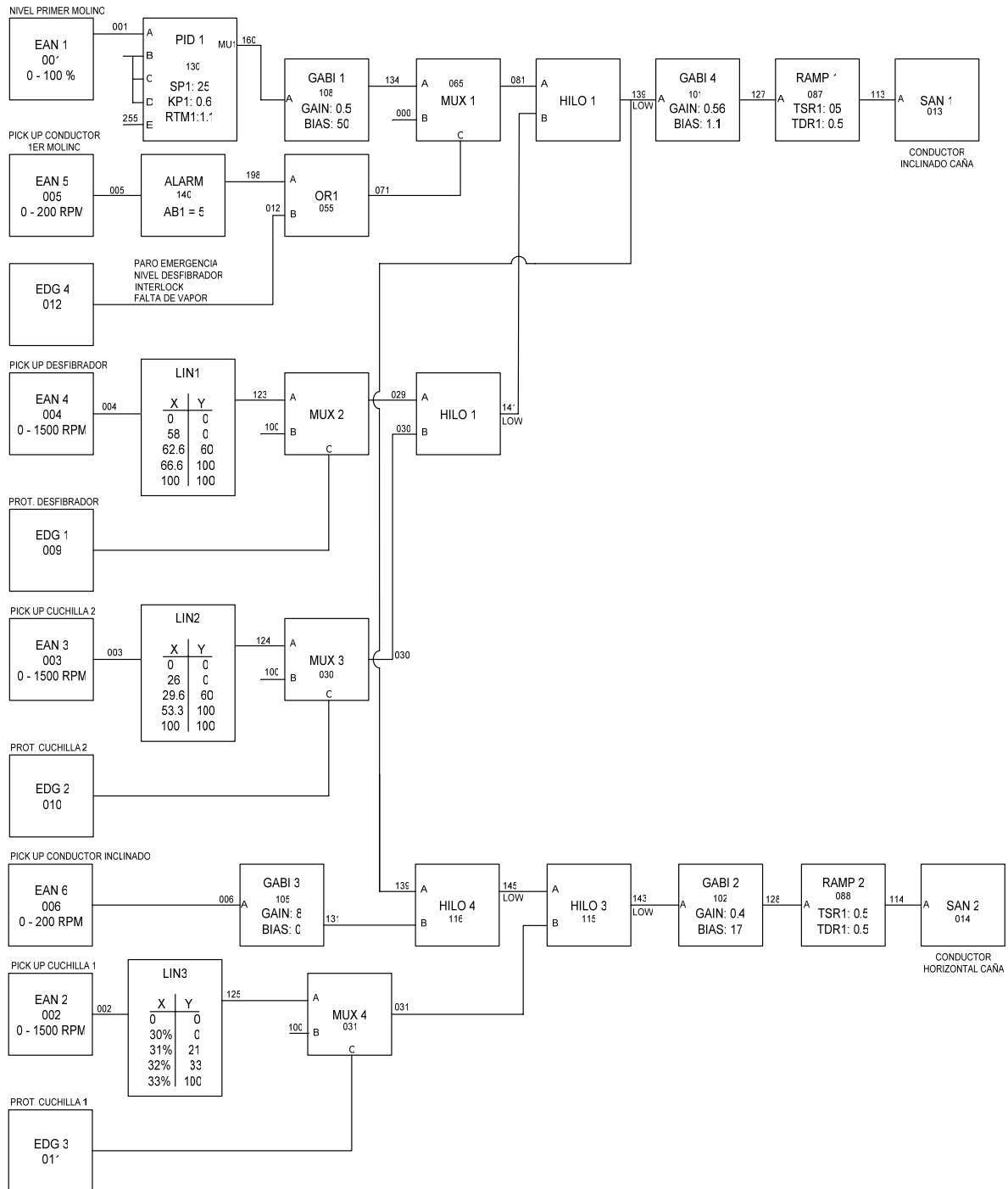


Figura. 4.1. Diagrama de Bloques del programa del CDP 200 para el control de la alimentación de la caña de azúcar

Entre las desventajas que presenta el controlador están: ser un modelo de controlador discontinuado, requerimientos de mantenimiento complicados que implican una parada en la producción, falta de servicio técnico autorizado para mantenimiento o programación, entre otras.

El controlador es programado vía teclado frontal o mediante el uso del software de programación FERSOFT con comunicación RS232 entre el controlador y el computador. El método de programación es a través de bloques funcionales, limitando la capacidad de programación a los bloques existentes en el CDP 200.

Como se aprecia en la figura 4.1 el programa del controlador CDP200 realiza las operaciones necesarias para controlar el proceso de alimentación de caña de azúcar siguiendo la lógica de control descrita en el capítulo 2. Posterior al programa se describe los diferentes bloques funcionales para la mejor comprensión del mismo.

El programa posee 10 bloques de entradas, de los cuales 4 bloques son entradas digitales y las restantes son entradas analógicas, cada entrada posee un texto que especifica la naturaleza de la entrada y el rango de la misma. Por otra parte se encuentran dos bloques de salidas analógicas que controlan la velocidad del conductor inclinado y la del conductor horizontal de caña, respectivamente.

A continuación se describe de manera general el resto de los bloques funcionales que fueron aplicados en este programa:

4.1.1. BLOQUE GABI

La figura 4.2 muestra un ejemplo de la salida de un bloque GABI para una entrada determinada. Este bloque multiplica la señal analógica de entrada (INB_A) por una ganancia (GAIN), el resultado se suma con un bias (BIAS); ese nuevo resultado es enviado a la salida (OUTB).

$$\text{OUTB} = (\text{INB_A} * \text{GAIN}) + \text{BIAS}$$

GAIN es un número real y puede ser positivo o negativo, este número altera el ángulo de la señal de salida en relación a la señal de entrada.

BIAS es un porcentaje y puede ser tanto positivo como negativo, y modifica la curva del gráfico en función del % de BIAS, dejando la señal de salida paralela a la señal de entrada.

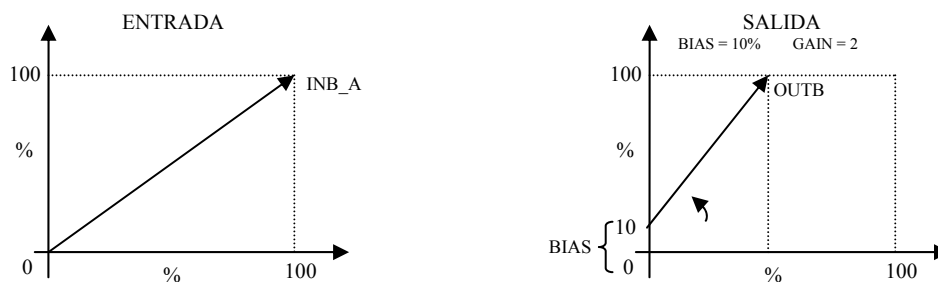


Figura. 4.2. Bloque GABI

4.1.2. BLOQUE HILO

Bloque selector pasa alto o pasa bajo. Este bloque posee dos entradas analógicas (INB_A e INB_B) y dos salidas (OUTB_LO y OUTB_HI). Las dos salidas tienen funciones distintas y son el resultado de una operación hecha internamente del bloque.

La salida de señal baja es el resultado de la comparación entre las dos entradas y será igual a la que tiene el menor valor real. La salida de señal alta es el resultado de la comparación entre las dos entradas y será igual a la que tiene mayor valor real. Las dos salidas están activas simultáneamente.

4.1.3. BLOQUE RAMP

Este bloque posee una entrada analógica INB_A, un valor de ajuste TSR (tiempo de subida para variar la salida cuando la entrada varíe de 0 a 100%) y de ajuste de TDR (tiempo de descenso para variar la salida cuando la entrada varíe de 100 a 0%).

4.1.4. BLOQUE ALARM

Este bloque realiza una comparación entre una entrada analógica (INB_A) y los valores de ajuste de la alarma de bajo y la alarma de alto. Si en esta comparación, el valor de entrada es menor que el de AB o mayor que el de AA y permanece por un tiempo mayor o igual al tiempo establecido en TAL, que es el tiempo de transición de la alarma en segundos, la salida correspondiente cambiará de estado, o sea, si la salida está en ON cambiará a OFF y viceversa, esto debido a que el tiempo de transición (TAL) interesa tanto para activar la alarma como para desactivarla. La señal de entrada puede variar desde -100 a +100, así como los valores de ajuste de AB y AA.

4.1.5. BLOQUE LIN

Este bloque linealiza la señal de entrada INB_A de acuerdo con los parámetros establecidos por los pares cartesianos (X, Y) indicados. La señal de entrada es sometida a interpolación lineal con el objetivo de obtener la señal de salida. Cada curva puede poseer hasta 10 puntos de trazado.

4.1.6. BLOQUE MUX

Bloque multiplexor de señales analógicas o digitales. Este bloque posee dos entradas (analógicas o digitales) y una señal digital (INB_C). La salida del bloque (OUTB) será igual al valor de una de las entradas A o B. Quien define cual entrada está a la salida es el nivel lógico INB_C de la siguiente manera:

Si $INB_C = 0\%$ $OUTB = INB_A$
Si $INB_C = 100\%$ $OUTB = INB_B$

4.1.7. BLOQUE OR

Este bloque efectúa la función booleana OR entre las dos entradas discretas y coloca el resultado en la salida conforme a la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Bloque OR

ENTRADA		SALIDA
INB_A	INB_B	OUTB
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

4.1.8. BLOQUE PID

Este bloque ejecuta el algoritmo PID (proporcional integral derivativo) o diversas combinaciones entre estas acciones y que son ajustadas por los parámetros KP, RTM y DTM respectivamente y coloca el resultado en la salida OUTB_MV. Los parámetros utilizados en el bloque PID del programa son los siguientes:

SP = 25, representa el set point local

KP = 0.6, representa la ganancia proporcional

RTM = 1.1, es el reset time en minutos (acción integral)

El bloque PID ofrece diversos recursos tales como:

- Trabaja con SET POINT local o remoto (L/R).
- Puede ser de acción directa ($E = PV - SP$) o inversa ($E = SP - PV$).
- Trabaja en estado auto / manual.
- Posee ajustes de límites mínimo y máximo de actuación de la acción integral. (fuera de estos límites la acción integral deja de ser calculada)

El control PID puede ser descrito como un grupo de reglas con el cual se obtiene una regulación precisa en un sistema de control de lazo cerrado. La misión del dispositivo de control es mantener la variable medida, usualmente conocida como VARIABLE CONTROLADA, igual al valor deseado, conocido como PUNTO DE CONTROL (setpoint).

En su forma más básica, el control PID involucra tres funciones matemáticas de control trabajando juntas: Proporcional – Integral – Derivativa. La más importante de estas es el control proporcional que determina la magnitud de la diferencia entre el setpoint y la variable controlada (conocido como ERROR), y luego aplica cambios proporcionales adecuados a la variable manipulada para eliminar el error. De hecho, muchos sistemas de control funcionan adecuadamente solo con el control proporcional. El control integral examina el desplazamiento del setpoint y la variable controlada respecto al tiempo y lo corrige si es necesario. El control derivativo monitorea la tasa de cambio de la variable controlada y consecuentemente hace cambios a la variable de salida para acondicionar cambios inusuales.

Cada una de las tres funciones de control es gobernada por parámetros definidos por el usuario. Estos parámetros varían de un sistema de control a otro, y por lo tanto, necesitan ser ajustados para optimizar la precisión del control. El proceso para determinar los valores de estos parámetros es conocido como sintonización PID.

4.2. RSLogix 500

En el capítulo anterior se revisó brevemente el software que se utiliza para programar el controlador y el necesario para realizar la comunicación, a continuación se detalla su funcionamiento y configuración.

4.2.1. INSTALACIÓN RSLogix 500

El contenido del paquete de instalación de RSLogix 500 consta del CD con el software y un disco de activación. Para instalar el software se deben seguir los siguientes pasos:

- Cerrar todos los programas, e incluso antivirus o aplicaciones corriendo en el background.
- Parar los servicios de RSLinx.

- Introducir el CD, seleccionar “install” opción 1, el número serial es requerido en este paso.
- Mover la licencia del disco de activación al disco duro del computador donde se utilizará la aplicación.

4.2.2. DISEÑO DE PANTALLA

En la figura 4.3 se señalan las partes principales de una ventana típica de trabajo en RSLogix 500.

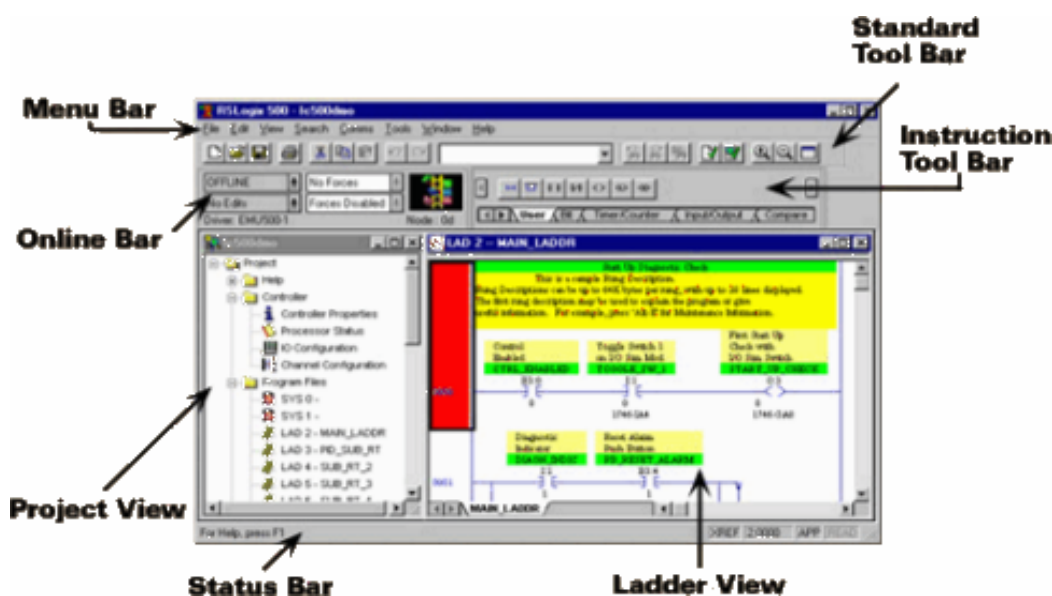


Figura. 4.3. Pantalla general RSLogix 500

- *Online Bar*, indica el estado de la comunicación, muestra si se ha forzado una E/S. Además permite subir (upload) o bajar (download) el proyecto.
- *Node*, indica el número de nodo del controlador.
- *Driver*, indica la información del driver actual.
- *Instruction Tool Bar* permite seleccionar instrucciones que se pueden mover a la ventana de vista de escalera (Ladder View)
- *Project View* es una representación visual de todos los archivos del proyecto. Consiste en carpetas y archivos que contienen toda la información acerca de los programas y datos en el proyecto nombrado en la barra de título.
- *Ladder View* es una representación visual de todas las lógicas de escalera en el proyecto.

NOTA: Para restaurar el estado original en el registry de RSLogix 500 (tales como color, fuente, etc.) se debe seguir los siguientes pasos: Cerrar RSLogix 500, mantener presionado las teclas Shift + Ctrl y abrir el programa a través de un ícono de RSLogix 500.

4.2.3. CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO

Los pasos para configurar un nuevo proyecto son sencillos; tras abrir el RSLogix 500 se debe seleccionar File → New; se abrirá automáticamente una ventana para seleccionar el tipo de procesador, donde deberá especificarse: número de parte, tipo de procesador, memoria del procesador, y versión de firmware, en esta ventana además aparecen los siguientes campos de entrada:

Processor Name, es el nombre que se da al procesador al guardar el proyecto. Este nombre es modificable online y offline.

Driver, es una lista para seleccionar el tipo de driver. El driver seleccionado tendrá un sufijo 1 o 2 que indica el puerto comm que usa el computador para comunicarse con el controlador. Para comunicarse con un controlador MicroLogix usando RSLinx a través del puerto comm 1 se debe seleccionar AB_DF1-1.

Processor Node, este campo es usado para ingresar el número de nodo asignado al controlador. DH-485 soporta hasta 32 nodos (en decimal 0-31) y DH+ soporta hasta 64 nodos (en octal 0-77). Al comunicarse directamente con el MicroLogix esto no se aplica.

Reply Timeout, este campo acepta valores entre 0 y 600 (segundos). Es la cantidad de tiempo que se desea que el software aguarde por una respuesta del controlador al enviar datos a este.

El controlador utilizado fue configurado con los siguientes datos:

- Número de parte: Bul. 1764
- Tipo de procesador: Micrologix 1500 LRP
- Versión de Firmware: Serie C

4.2.3.1. CONFIGURACIÓN DE E/S

Después de iniciar un proyecto se debe definir el chasis, identificar la posición de los módulos de E/S en su respectivos slots y seleccionara la configuración de la fuente de poder. Este procedimiento se realiza en la configuración de E/S (I/O Configuration), como se aprecia en la figura 4.4.

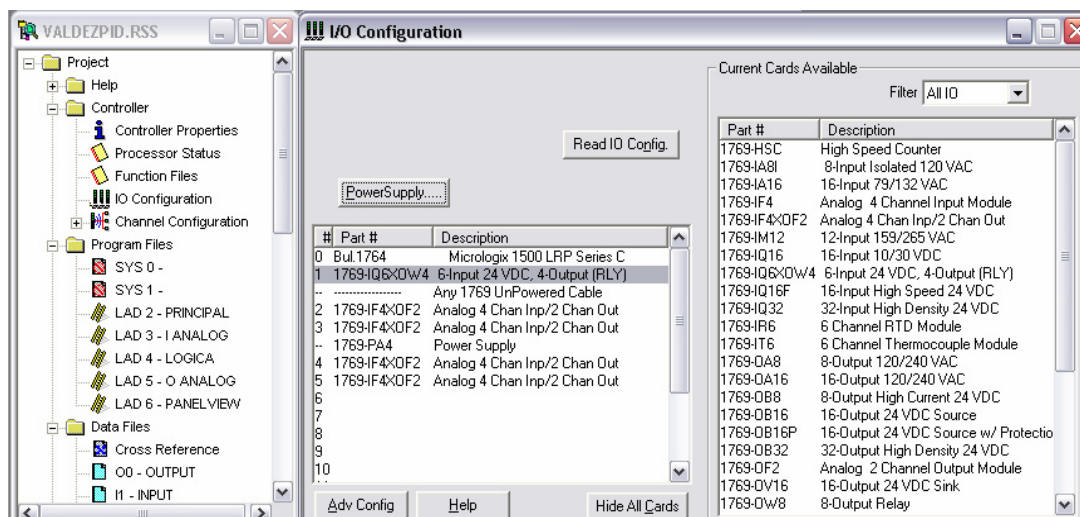


Figura. 4.4. Pantalla de configuración de E/S

Los siguientes pasos se deben realizar para definir los módulos:

1. Doble clic en el icono de I/O Configuration localizado en la carpeta Controller en el árbol de directorios.
2. Escoger los módulos listados en el lado derecho, y colocarlos en el slot deseado. Este proceso se debe repetir para todos los módulos.
3. Si el módulo requiere una configuración adicional de sus parámetros para su adecuado funcionamiento se deberá dar un clic en el botón Adv Config.

El botón de Power Supply abre una ventana que permite examinar la carga de la fuente de poder basado en la configuración de los módulos.

El botón Read IO Config abre una ventana que permite leer la configuración de E/S de un controlador seleccionando conectándose a este para su efecto.

4.2.3.2. DEFINICIÓN DEL CHASIS

Al crear un nuevo programa se definió el controlador MicroLogix 1500 LRP Series C, la figura 4.5 muestra la ventana que corresponde a la configuración de la base del controlador. Para acceder a la ventana de definición de chasis se debe dar doble clic sobre el controlador en la ventana de configuración de E/S

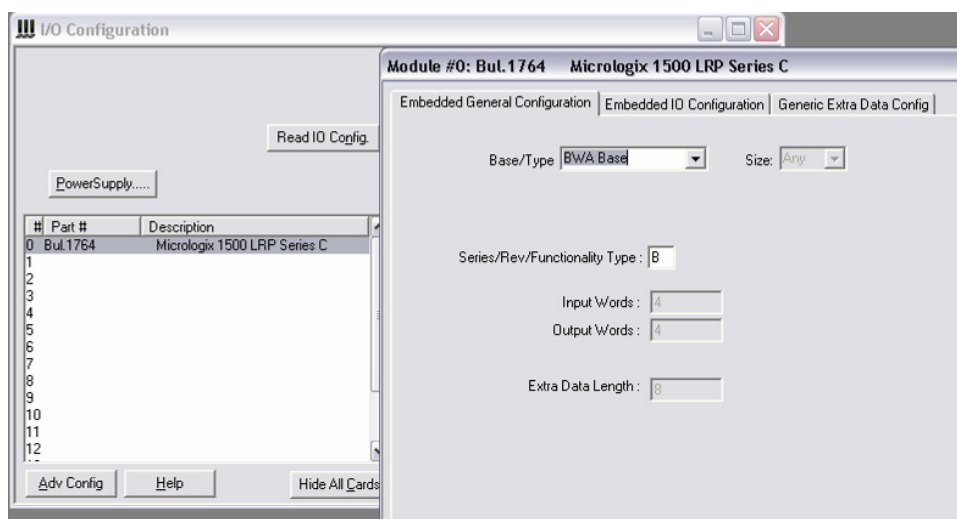


Figura. 4.5. Pantalla de definición de la base

Esta ventana tiene información general de las E/S propias de la Base. El único campo editable en esta ventana es la selección de la base. Se estableció una base BWA con 12 entradas de 24 V dc y 12 salidas a relé. Las E/S incluidas en la base son direccionadas siempre como slot 0. La letra indicada en Series/Rev/Functionality Type corresponde a la serie del controlador. El controlador puede ser de una serie superior, pero nunca de una inferior.

Nota: Fuentes de poder y cables de expansión no ocupan slots.

4.2.4. ARCHIVOS DEL PROGRAMA

La carpeta archivos del programa (program files) contiene el programa principal y cualquier subrutina. Con controladores SLC y MicroLogix 1500 se puede tener hasta 256 archivos del programa.

La figura 4.6 indica los archivos de programa existentes en este proyecto. Los archivos de programa principales son:

- Main Ladder Program es el archivo de programa #2 y contiene las instrucciones de operación de la lógica de escalera principal.
- Subrutine Ladder Program es cualquier archivo del 3 al 255 y contiene lógica de escalera que se activan de acuerdo a las instrucciones de subrutinas.
- Además se puede tener archivos que se activen en el caso de una interrupción o en tras ocurrir alguna falla.

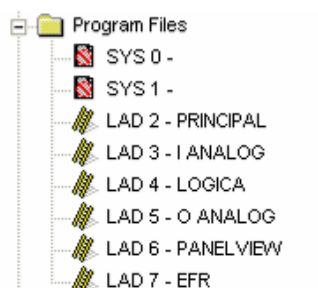


Fig. 4.6. Archivos de programa

4.2.5. ARCHIVOS DE DATOS

Los archivos de la tabla de datos contienen la información del estado asociado con las E/S externas y todas las demás instrucciones usadas en el programa. La figura 4.7 muestra los archivos de datos usados en este proyecto.

El MicroLogix 1500 soporta hasta 256 (0-255) archivos de datos. Los primeros ocho archivos son predefinidos como se describe más adelante. Los demás archivos de datos son definidos por el usuario.

- El archivo O0 (output) guarda el estado de los terminales de salida del controlador.
- El archivo I1 (input) almacena el estado de los terminales de entrada del controlador.
- El archivo S2 (status) recopila la información de la operación del controlador, útil en la localización y resolución de fallos del controlador y las operaciones del programa.
- El archivo B3 (bit) almacena la lógica interna de relés.

- El archivo T4 (timer) guarda el acumulador del Cronometro y los valores y bits de estado predeterminados.
- El archivo C5 (counter) guarda el acumulador del Contador y los valores y bits de estado predeterminados.
- El archivo R6 (control) almacena la longitud, posición del puntero, y bits de estado para instrucciones específicas tales como registro de desplazamiento (shift registers) y secuenciadores.
- El archivo N7 (integer) es usado para guardar valores numéricos o bits de información.
- El archivo F8 (floating point) guarda números con un rango de $1.1754944e-38$ a $3.40282346e+38$.
- Los archivos del 9 – 255 pueden ser definidos para ser:
LONG (L) - llamado también palabras dobles. Bits 0 – 31.
MESSAGES (MG) – compuesto por 25 elementos.
PID (PD) – compuesto por 20 elementos.
- Los archivos del 8 – 255 son creados por el usuario y pueden ser definidos como bit, timer, counter, control, o integer.

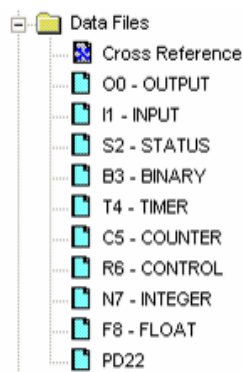


Figura. 4.7. Archivos de datos

Con Micrologix 1500 cada vez que un nuevo archivo es añadido al programa de usuario, consume 5 palabras de usuario (espacio de memoria de datos) más un número de palabras de usuario determinado por el tipo de archivo.

4.2.6. BASE DE DATOS

La documentación es una parte importante en cualquier proyecto con lógica de escalera. Para hacer que el programa sea utilizable por otros (y posiblemente por el mismo programador), es necesario describirlo adecuadamente. La siguiente documentación se puede encontrar en un proyecto de RSLogix 500.

Dirección simbólica. Es una etiqueta de identificación que puede ser usada como sustituto de una dirección. Todas las instrucciones que tienen la misma dirección automáticamente tienen el mismo símbolo. Cada símbolo puede tener hasta 20 caracteres de longitud, es único y no puede ser aplicado para diferentes direcciones.

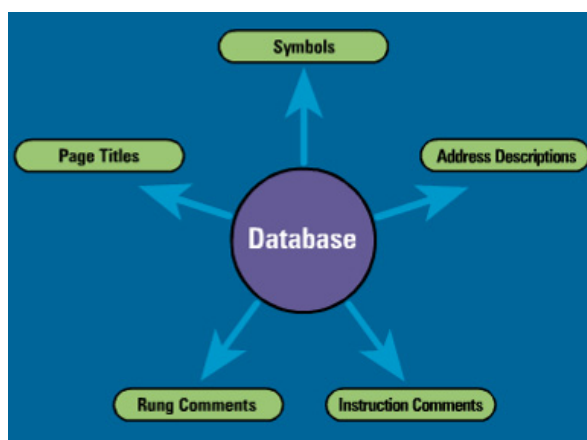


Figura. 4.8. Base de datos de RSLogix 500

Descripción de dirección. Este texto puede ser usado para ayudar a identificar el tipo de mecanismos asociado con una dirección. Todas las instrucciones que tienen la misma dirección tendrán automáticamente la misma descripción. Las descripciones pueden ser de hasta 5 líneas con 20 caracteres por línea.

Comentario de instrucciones. Estos comentarios son asociados con el tipo de instrucción y su dirección. Todas las instrucciones con la misma combinación de

tipos de instrucciones y direcciones tiene el mismo comentario de instrucción. Los comentarios de instrucción no tienen que ser únicos y pueden ser de hasta 5 líneas con 20 caracteres por línea.

Una misma dirección puede tener una descripción de dirección y un comentario de instrucción, sin embargo los comentarios de instrucción tienen precedencia sobre las descripciones de direcciones.

Comentarios de Rung sirven para explicar los propósitos de una rama (rung) o un grupo de ramas.

Título de página es usado para crear separadores de texto para bloques relacionados de ramas. La base de datos soporta hasta 80 caracteres de longitud en el título de página.

Nombre de grupo de símbolos y descripción son usadas para clasificar direcciones simbólicas de tal manera que se puedan identificar fácilmente.

En la figura 4.8 se puede apreciar esquemáticamente la documentación que pertenece a la base de datos.

4.3. COMUNICACIÓN

La comunicación entre el computador y el controlador requiere de algunos pasos de configuración, estos son: conexión física, configuración de RSLinx y RSLogix. En esta sección se detallan estos pasos, excluyendo la configuración de RSLogix que ha sido revisada anteriormente en este mismo capítulo.

4.3.1. CONEXIÓN FÍSICA

Se requiere una comunicación física entre el computador y el controlador para poder transmitir el programa del computador al controlador o viceversa; los componentes básicos que se requieren para realizar la comunicación serial son

mostrados en las siguientes figuras. La figura 4.9 indica los elementos necesarios para la conexión.



Figura. 4.9. Conexión serial PLC - Computador

Además de la comunicación serial existen varios métodos de comunicación, los cuales no son analizados en este documento.

Para completar la comunicación es necesario además de los componentes físicos, el uso del software RSLinx encargado de establecer la comunicación entre el controlador y RSLogix 500. Antes de comenzar con la configuración se debe comprobar que RSLinx se encuentre instalado y configurado correctamente.

Los pasos para conectarse en línea son:

1. Realizar la conexión física entre el computador y el procesador
2. Configurar primero RSLinx y después RSLogix500.

4.3.2. RSLINX

RSLinx provee comunicación a una gama amplia de aplicaciones, tales como: productos de Rockwell Software, PLC Allen – Bradley, HMI y hardware de otras compañías, productos que se encuentren en conformidad con DDE (dynamic data

exchange) y OPC (ole for process control), las mismas que se pueden apreciar en la figura 4.10.

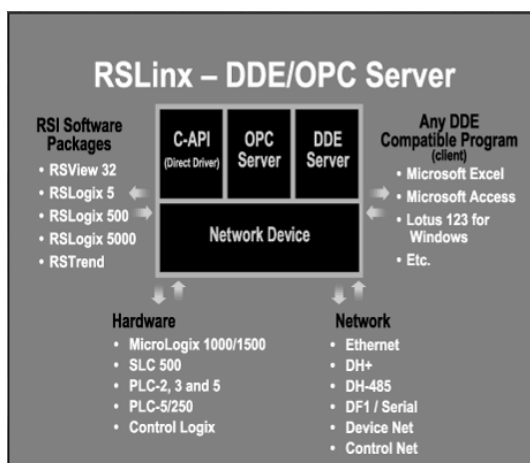


Figura. 4.10. Aplicaciones que pueden utilizar RSLinx para comunicación

La tabla 4.2 indica las diferentes variedades de RSLinx y las ventajas que cada uno presenta.

Tabla. 4.2. Versiones de RSLinx

Feature	RSLinx Lite	RSLinx OEM	RSLinx Professional	RSLinx Gateway	RSLinx C SDK
Communications Drivers	X	X	X	X	X
Driver and Station Diagnostics	X	X	X	X	X
Advance DDE support		X	X	X	X
Standard DDE support (CF_Text, XL_Table)			X	X	
Local OPC Client connection		X	X	X	X
Remote OPC Client connection				X	
Remote Gateway Client connection				X	
C Software Development Kit					X
Catalog Numbers	9355-WAB100	9355-WABOEM	9355-WAB	9355-WABGW	9355-WABC

La interface de RSLinx para búsqueda en la red es RSWho, que permite ver todas las conexiones activas de red en una sola pantalla. El panel izquierdo de RSWho es un árbol de control que muestra las redes y dispositivos. El panel derecho es una lista de control que muestra todos los miembros de una red. La configuración de RSLinx para este proyecto se detalla en los siguientes pasos:

Tras abrir RSLinx seleccionar Communication > Configure Drivers.

La ventana que se despliega permite seleccionar el tipo de driver de un listado de los drivers disponibles, una vez seleccionado el driver se presiona el botón Add

New donde se deberá ingresar un nuevo nombre o aceptar el nombre por defecto. Esta venta se muestra en la figura 4.11.

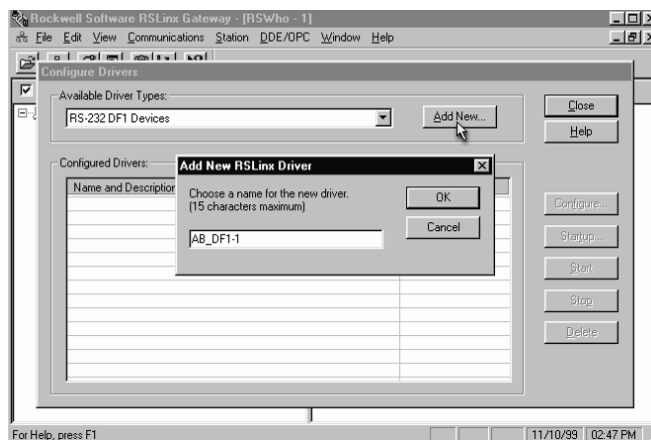


Figura. 4.11. Pantalla de configuración del driver.

Una nueva ventana se desplegará donde se deberá escoger el tipo de controlador, la pantalla de configuración del driver se puede apreciar en la figura 4.12. Si la conexión física se encuentra realizada, el botón Auto – Configure permitirá establecer automáticamente los datos del tipo de comunicación como son tasa de baudios, paridad, bit de parada, etc.

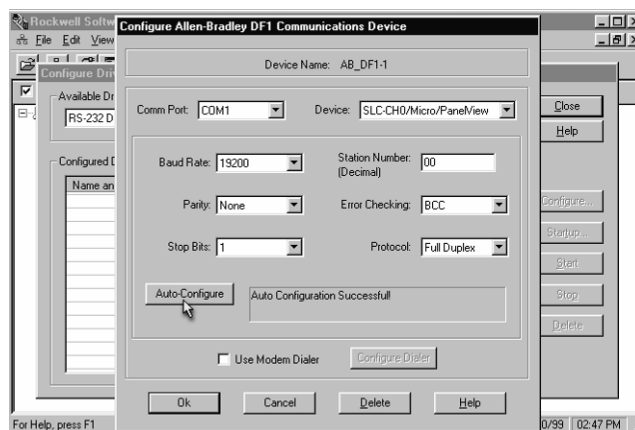


Figura. 4.12. Pantalla de configuración del dispositivo.

4.4. EDICIÓN DE LA LÓGICA DE ESCALERA

En RSLogix 500 se pueden crear y/o editar múltiples rungs al mismo tiempo. Se puede ingresar direcciones antes de crear los archivos de las tablas de datos para las entradas o salidas. Es posible ingresar símbolos antes de tener que asignarles direcciones en la base de datos. O se puede ingresar instrucciones sin tener que proveerle direcciones hasta el momento mismo de la validación.

Para editar el diagrama de escalera se pueden usar diferentes métodos tales como seleccionar y arrastrar, a través de la barra de instrucciones localizada en la barra de herramientas o usando el modo texto en ASCII.

Al momento de ensamblar el proyecto se puede validar un archivo de programa simple o se puede validar el proyecto entero. Para validar se debe seguir los siguientes pasos: usando la barra de menú, seleccionar Edit > Verify File o Edit > Verify Project.

NOTA: Se recomienda grabar el programa antes de comenzar a editarlo, de esta manera se garantiza que la utilidad de auto recuperación del programa en caso de fallo del sistema esté activada.

4.5. DIRECCIONAMIENTO

Las direcciones están constituidas por caracteres alfanuméricos separados por delimitadores. Los delimitadores son dos puntos, punto y slash. Archivos de entrada y salida tienen elementos de una palabra, con cada elemento especificado por slot y número de palabra. Timers y contadores tienen elementos de tres palabras. Archivos de estado, bit y enteros tienen elementos de una palabra. A continuación se presentan algunos ejemplos.

N7:15 es una dirección de elemento, donde los dos puntos separan el tipo de archivo y número de elemento. La dirección apunta a la palabra 15, archivo de enteros #7.

T4:7.ACC es una dirección de palabra, donde el punto separa el elemento de la palabra. Ya que el Timer tiene elementos de 3 palabras, la dirección T4:7.ACC apunta al Acumulador (tercera palabra) en el elemento 7 del Timer T4.

B3:64/15 es una dirección de bit, donde el slash separa el bit del elemento. La dirección apunta al bit número 15 en la palabra 64 del archivo de Bit B3

I:4.1/3 es una dirección de bit, donde el slash separa el bit de la palabra y el punto separa la palabra del slot. Esta es una alternativa de direccionar los terminales 16 o mayores de E/S. Otra manera de escribir esta dirección es I:4/19.

4.6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTRUCCIONES

En esta sección se describe las instrucciones utilizadas en el programa del control automático de alimentación de caña de azúcar.

4.6.1. INSTRUCCIONES DE COMPARACIÓN.

La mayoría de las instrucciones de comparación usan dos parámetros, Source A (origen A) y Source B (origen B). A continuación se presenta las instrucciones de comparación utilizadas:

4.6.1.1. GRT (Greater Than)

Esta instrucción compara si el valor en A es mayor que el valor en B, si esto se cumple, la función permite continuidad en la rama (rung), es decir es lógicamente verdadera. La figura 4.13 indica el correspondiente diagrama a la función GRT.

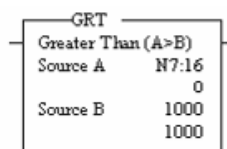


Figura. 4.13. Instrucción GRT.

4.6.1.2. LES (Less Than)

En la figura 4.14 se aprecia el diagrama correspondiente. La instrucción LES prueba si el valor de Source A es menor que el de Source B, si esto se cumple, entonces la instrucción es verdadera.

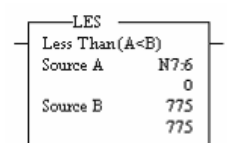


Figura. 4.14. Instrucción LES.

4.6.1.3. LEQ (Less Than or Equal)

Esta instrucción compara si el valor de A es menor o igual al valor de B, en caso de cumplirse la instrucción entrega un resultado lógico verdadero. La figura 4.15 indica el esquema de esta instrucción.

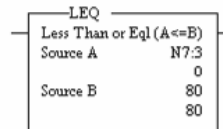


Figura. 4.15. Instrucción LEQ.

4.6.1.4. LIM (Limit Test)

Esta instrucción examina si los valores están dentro o fuera de un rango especificado, de acuerdo a como se definan los parámetros de prueba.

Si el límite inferior tiene un valor igual o menor que el límite superior, la instrucción es verdadera cuando el valor de prueba está entre los límites o es igual a uno de estos. Si el valor de prueba está fuera del límite, la instrucción es falsa.

Si el límite inferior tiene un valor mayor que el límite superior, la instrucción es falsa cuando el valor de prueba está entre los límites. Si el valor de prueba es igual a cualquiera de los límites o fuera de los límites, la instrucción es verdadera.

Los parámetros pueden ser una constante o una dirección de acuerdo a la tabla 4.3.

Tabla. 4.3. Definición de parámetros de la instrucción LIM

TEST	Low Limit	High Limit
Constante	Dirección	Dirección
Dirección	Dirección o constante	Dirección o constante

La figura 4.16 muestra el esquema de la instrucción LIM.

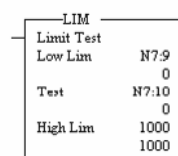


Figura. 4.16. Instrucción LIM

4.6.2. INSTRUCCIONES MATEMÁTICAS.

La mayoría de las instrucciones matemáticas usan tres parámetros, Source A (Origen A), Source B (Origen B) y Destination (Destino). La operación matemática se realiza usando ambos valores de origen. El resultado se almacena en el destino.

Después de ejecutar una instrucción matemática, se actualizan los bits de estado aritméticos del archivo de estado. Los bits de estado aritméticos están en la palabra 0, en el archivo de estado del procesador (S2).

A continuación se presentan las funciones matemáticas usadas en este proyecto.

4.6.2.1. ADD (Addition)

Esta instrucción guarda en la dirección de destino la suma de las dos fuentes A y B, las cuales pueden ser valores constantes o direcciones, sin embargo no pueden ser ambas un valor constante a la vez. La figura 4.17 indica el diagrama de la función ADD.

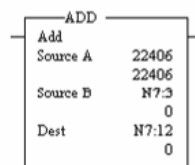


Figura. 4.17. Instrucción ADD.

4.6.2.2. MUL (Multiply)

Esta instrucción multiplica los valores de A y B, y coloca el resultado en la dirección de destino. En la figura FF se presenta el diagrama de MUL.

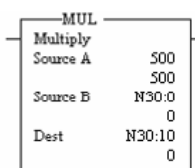


Figura. 4.18. Instrucción MUL.

4.6.2.3. DIV (Divide)

Divide el valor de A para el valor de B y guarda el resultado redondeado en la dirección de destino, además guarda el valor sin redondear y el resto en el registro math. El esquema de esta instrucción se puede apreciar en la figura 4.19.

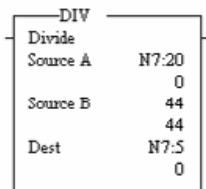


Figura. 4.19. Instrucción DIV

4.6.3. INSTRUCCIONES VARIAS

4.6.3.1. TON (Timer On-Delay)

Esta instrucción se activa cuando las condiciones anteriores son verdadera, y entrega una salida en alto o en bajo después que el cronometro (timer) haya estado activo durante un tiempo preestablecido. El intervalo de tiempo de conteo puede variar entre 1 segundo o una centésima de segundo. TON espera un tiempo especificado (PRESET), acumulando los intervalos de tiempo de conteo ocurridos (ACCUM) y activa el bit DN (done) cuando el tiempo en ACCUM es igual al de PRESET.

Los archivos Timer usan tres palabras por elemento, una para bits de instrucciones, una para el PRESET y otra para el acumulador. Los bits de instrucción son DN (done), TT (timer timing bit) y EN (enable bit). En la figura 4.20 se muestra la instrucción TON; los valores indicados son únicamente parte del ejemplo.

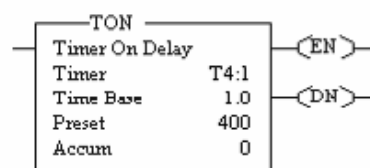


Figura. 4.20. Instrucción TON.

4.6.3.2. MOV (Move)

Al ser activada la instrucción MOV mueve una copia de la fuente en el destino en cada scan. El valor original no se ve afectado.

Source – es un valor constante o la dirección donde se encuentran los datos que se desean mover.

Destination – es la dirección que identifica donde debe ser copiada la información.

La figura 4.21 muestra el esquema de la instrucción.

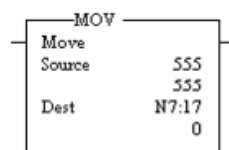


Figura. 4.21. Instrucción MOV.

4.6.3.3. SCP (Scale with Parameters)

La instrucción SCP produce un valor de salida escalado que tiene una relación lineal entre los valores de entrada y de escalado. Esta instrucción resuelve la siguiente ecuación indicada a continuación para determinar la salida escalada:

$$y = [(y1 - y0)/(x1 - x0)] (x - x0) + y0$$

Donde los parámetros están definidos de la siguiente manera:

Input (x) es el valor a ser escalado.

Input Min. (x0) es el valor mínimo de la entrada x.

Input Max.(x1) es el valor máximo de la entrada x.

Scaled Min. (y0) es el valor mínimo en el rango al cual se desea escalar la entrada.

Scaled Max. (y1) es el valor máximo en el rango al cual se desea escalar la entrada.

Output (y) es la dirección donde se guarda el valor escalado de entrada.

La figura 4.22 muestra el esquema de la instrucción SCP.

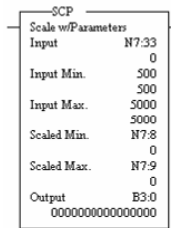


Figura. 4.22. Instrucción SCP.

4.6.3.4. PID (Proporcional/Integral/Derivative) Closed Loop Control

La instrucción Proportional Integral Derivative (PID) del MicroLogix 1500 es una instrucción de salida que controla propiedades físicas, normalmente en un lazo cerrado usando entradas provenientes de un módulo de entrada analógico y proporcionando una salida a un módulo de salida analógico. El diagrama de la instrucción se muestra en la figura 4.23.

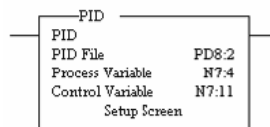


Figura. 4.23. Instrucción PID.

El control de lazo cerrado PID mantiene una variable de proceso en un punto de ajuste deseado. La figura 4.24 muestra un ejemplo de control de nivel de líquido.

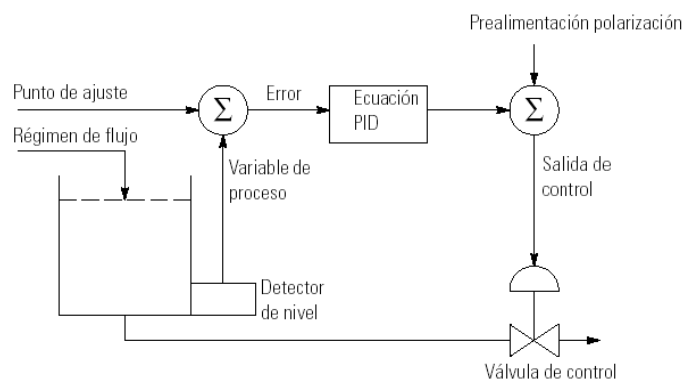


Figura. 4.24. Ejemplo de control de nivel.

La ecuación PID controla el proceso enviando una señal de salida a la válvula de control. A mayor el error entre el punto de ajuste y la entrada variable del proceso, mayor la señal de salida. Recíprocamente, a menor el error, menor la señal de salida. Un valor adicional (bias) puede añadirse a la salida de control

como offset. El resultado PID (variable de control) controla la variable del proceso hacia el punto de ajuste.

La instrucción PID usa la siguiente ecuación estándar:

$$Output = K_c \left[(E) + \frac{1}{T_I} \int (E) dt + T_D \cdot \frac{d(PV)}{dt} \right] + bias$$

La instrucción PID del MicroLogix 1500 utiliza un archivo de datos PD. Cada archivo de datos PD tiene un máximo de 255 elementos y cada instrucción PID requiere un elemento PD único. Cada elemento PD está compuesto de 23 sub-elementos, los cuales incluyen datos de bit, enteros y enteros largos.

Es recomendable colocar la instrucción PID en un renglón sin ninguna lógica condicional. Si existe lógica condicional, la salida variable de control permanece en su último valor, y los términos CVP (porcentaje de variable de control) e integral se restablecen cuando el renglón es falso.

Los parámetros de una instrucción PID son:

PID File.- aquí se define el archivo de datos de tipo PD asociado a esta instrucción.

Process Variable PV.- es la dirección que almacena el valor de la entrada del proceso. Esta puede ser la dirección de la entrada analógica o una dirección de un entero si se escogió pre - escalar la entrada al rango 0 – 16383.

Control Variable CV.- es la dirección donde la instrucción PID guarda la salida. El rango de salida es 0 – 16383. Normalmente es una dirección de un entero de tal manera que se pueda escalar la salida para un rango análogo particular, dependiendo de la aplicación.

Setup Screen.- al dar doble clic sobre Setup Screen se despliega una nueva ventana donde se pueden ingresar otros parámetros que permiten programar completamente la instrucción PID, los cuales se describen a continuación:

Parámetros de afinación.

Controller Gain Kc.- Es la ganancia proporcional. Generalmente se coloca un valor igual a la mitad del valor necesario para causar oscilación en la salida cuando los valores de reset y rate están en 0.

Reset Ti.- Es la ganancia integral. Generalmente se coloca un valor igual al periodo de la oscilación medida en la calibración de la ganancia.

Rate Td.- Este es el término derivativo. Generalmente se coloca este valor igual a 1/8 del valor de Ti.

Control Mode.- En esta sección se puede escoger entre la acción reversa o directa, donde la acción reversa causa que la salida de la variable controlada se incremente cuando la entrada de la variable de proceso es menor que el SP, y viceversa para el caso de la acción directa.

PID Control.- se puede seleccionar entre automático, donde el PID controla la salida, y manual, donde el usuario indica la salida.

Limit Output CV.- seleccionando Yes se limita los valores máximos y mínimos de salida.

Entradas.

Setpoint SP.- El punto de control deseado de la variable de proceso.

Setpoint Max.- Este valor corresponde al valor del setpoint en unidades de ingeniería cuando la entrada de control es 16383.

Setpoint Min.- Este valor corresponde al valor del setpoint en unidades de ingeniería cuando la entrada de control es 0.

Salidas.

Control Output CV (%).- Permite cambiar el porcentaje de la variable de control de salida cuando se selecciona modo manual.

Output Min (CV%).- Si Limit Output CV está en Yes, el valor ingresado es el porcentaje mínimo de salida que la variable de control podrá tener. Si Limit Output CV está en No, el valor ingresado determina cuando la alarma del límite inferior de salida se debe activar.

Output Max (CV%).- El valor ingresado cumple la misma función que se describió para Output Min, pero para el límite superior.

4.7. PROGRAMA DE CONTROL

Tras la descripción de las instrucciones utilizadas, la comprensión del proceso a controlar y conociendo la lógica de control preexistente en el controlador, el desarrollo del programa de control realizado en lógica de escalera es más directo y sencillo. El diagrama de escalera con los respectivos comentarios requerido para realizar el control automático de la alimentación de caña de azúcar se encuentra en el Anexo 5.

El programa de escalera, que realiza la lógica de control y establece los parámetros que el panel de operador requiere, se encuentra dividido en cinco secciones compuestas por un programa principal y cuatro subrutinas. La función de cada sección se especifica a continuación:

El programa principal lleva por nombre LAD 2 – PRINCIPAL y es el encargado de colocar los valores por defecto en las diferentes variables implicadas en el control del proceso, estos valores son cargados únicamente cuando se presiona el botón de reset en el panel de operador. Además se encuentra en el programa principal el salto a cada una de las subrutinas en el siguiente orden: subrutina de

entradas analógicas, subrutina de lógica de control, subrutina de salidas analógicas y finalmente subrutina del panel de operador.

La subrutina de entradas analógicas (LAD 3 – I ANALOG) es la sección del programa encargada de la lectura de las entradas de velocidad y nivel de las diferentes maquinarias implicadas en el proceso. Además de recoger esta información, también es procesada de tal manera de escalar cada entrada de acuerdo a la lógica preestablecida.

En la subrutina de lógica de control (LAD 4 - LOGICA) se encuentra todo el proceso de control establecido en el diagrama de bloques de la figura 4.1, aquí se halla el control PID del nivel del primer molino y se determina las velocidades que corresponden a cada conductor de tal manera que se optimice el proceso del Tándem. Cada parte de la lógica se a programado manteniendo una relación directa con cada uno de los bloques funcionales presentados en el diagrama de bloques, por esta razón se puede apreciar en la subrutina de lógica de control una o varias ramas dedicadas a cumplir la función de cada bloque, dividiéndolos con comentarios para su mayor entendimiento.

La tercera subrutina corresponde a las salidas analógicas (LAD 5 - O ANALOG), debe recordarse que el número 5 corresponde al sexto archivo de programa, ya que los archivos 0 y 1 están reservados para el sistema y el archivo 2 corresponde al programa principal. En la subrutina de salidas analógicas se realiza el escalamiento final con el objetivo de enviar la señal obtenida en el proceso de lógica de control de manera apropiada al transductor encargado de convertir las señales de 4 a 20 mA en señales neumáticas.

La última subrutina, LAD 6 - PANEL VIEW, es justamente la última subrutina en ejecutarse en cada scan del programa, de esta manera se garantiza que los valores que se leen en el panel de operador son el resultado del proceso de control; por otra parte las variables que se escriben en el panel de operador son recogidas en esta subrutina por el PLC para ser utilizadas en el siguiente scan del programa, además se envía señales de handshake que garanticen que el valor de las variables fue leído correctamente.

4.8. PANEL DE OPERADOR

En este proyecto se utilizó un panel de operador PANEL VIEW 300 MICRO, este tipo de terminal se puede usar para una gran variedad de aplicaciones de control y monitoreo de equipos.

El terminal PanelView 300 Micro sólo está disponible con fuente de alimentación eléctrica de entrada de 24 VCC y no tiene puerto de impresora. El PV300 Micro contiene un solo puerto de comunicación RS-232 compatible con protocolos de comunicación DF1 o DH485.

4.8.1. CARACTERÍSTICAS DEL TERMINAL

En la figura 4.25 se puede observar la vista frontal del panel de operador utilizado, la vista posterior del mismo se puede observar en la figura 4.26.

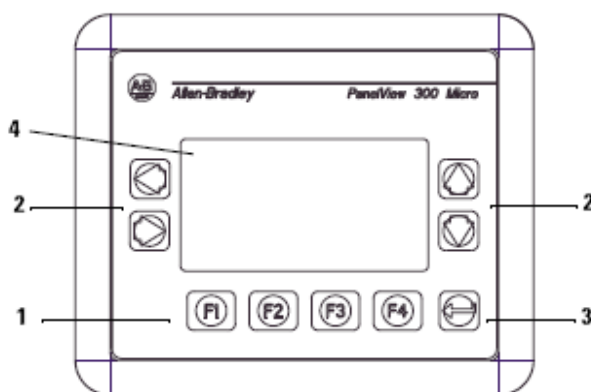


Figura. 4.25. Vista Frontal.

1. Teclas de función (F1 - F4) Puede usar las teclas de función para iniciar funciones en la pantalla del terminal.

2. Teclas de cursor Use las teclas de cursor (izquierda, derecha, arriba, abajo) como teclas de función programadas además de las teclas de función F1 - F4, o bien para mover el cursor en las listas que se muestran, seleccionar un objeto de entrada numérica, entrar en el modo de configuración o introducir/modificar datos numéricos y ASCII.

3. Botón ← Almacena un valor introducido.

4. Pantalla de Terminal de teclado Pantalla de cristal líquido con retroiluminación integral. Muestra gráficos, controles y texto de la aplicación.

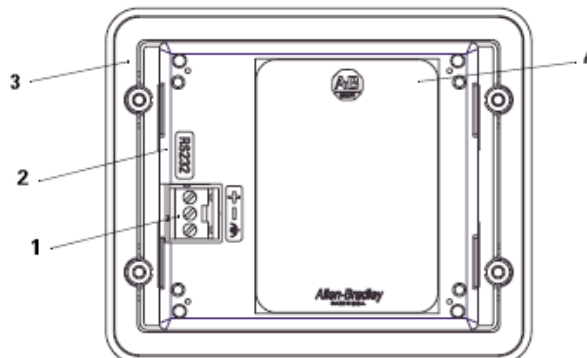


Figura. 4.26. Vista Posterior

1. Terminales de conexión a la alimentación eléctrica Posibilitan la conexión a una fuente de alimentación eléctrica externa de 24 VCC (11-30 VCC).

2. Puerto de comunicación DF1 o DH-485 (RS232) Permite conectar a un controlador SLC, PLC o MicroLogix mediante una conexión RS-232. También se usa para descargar aplicaciones directamente desde una computadora.

3. Junta selladora Sella la parte frontal del terminal con un panel o envolvente.

4. Etiqueta de nombre del fabricante Proporciona información acerca del producto.

4.9. PANELBUILDER32

El software PanelBuilder 32 permite crear aplicaciones de paneles de control para la línea estándar de terminales PanelView. Una aplicación de PanelBuilder es una serie de pantallas que contiene objetos tales como pulsadores, indicadores, listas del control y gráficos de barra. El operador actúa recíprocamente con estos objetos en el terminal pulsando las teclas de función o tocando la pantalla del terminal. Las aplicaciones se transfieren entre la computadora y un Terminal PanelView, usando una conexión serial.

4.9.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- 100MHz Pentium® Clase 2 o superior
- Windows® 95, Windows® 98, Windows® 2000, Windows® Millenium Edition (ME), Windows® XP,
- 270 MB de espacio libre en disco requerido para la instalación completa.
- 32 MB de RAM instalada (48 MB RAM recomendada)
- CD-ROM drive

4.9.2. CREACIÓN DE LA APLICACIÓN

El proceso de creación de la aplicación es sencillo, primero se debe crear una nueva pantalla seleccionando Screen > New, esta nueva pantalla tiene las dimensiones adecuadas para el panel escogido previamente y presenta un área de trabajo donde se colocan los objetos necesarios. Los objetos (pulsadores, indicadores, listas del control) existentes se pueden crear seleccionando primero la pantalla donde se va a trabajar, para posteriormente escogerlos dentro de la lista Objetos.

La cantidad de pantallas que se pueden crear está limitada por la memoria existente en el panel de operador elegido, sin embargo existen memorias externas que pueden ser utilizadas en caso de ser necesario. En el proyecto la memoria del PanelView 300 Micro resultó suficiente, pues además de cumplir con los requerimientos del proyecto, presenta una ventaja económica.

4.9.3. DESCRIPCIÓN DEL HMI

El propósito de esta aplicación es la de monitorear y controlar el proceso de alimentación de caña de azúcar hasta el primer molino. El panel de operador lee y escribe los datos necesarios en el controlador MicroLogix 1500 a través de un sistema de comunicación RS232 (DF1).

Esta aplicación permite visualizar parámetros tales como:

- Nivel de caña en el primer molino

- Velocidad del conductor inclinado y horizontal
- Velocidad del primer molino y el desfibrador
- Velocidad de los juegos de cuchillas 1 y 2

Esta aplicación además brinda la posibilidad de generar alarmas, visualizar un histórico de alarmas y manipular variables de control. La aplicación posee 14 pantallas:

4.9.3.1. PANTALLA MENÚ

La pantalla de menú permite iniciar o cerrar sesión a través de los botones de Login y Logout respectivamente. Además permite desplazarse a una de las siguientes pantallas: Vista General, PID (Control de Nivel) o Alarmas. La figura 4.27 muestra la pantalla Menú.



Figura. 4.27. Pantalla Menú Principal.

Los objetos que se pueden encontrar en la pantalla Menú Principal se describen en la tabla 4.4.

Tabla. 4.4. Objetos del Menú Principal

Objeto	Tipo de Objeto	TAG	Función
Vista General	Goto Screen Button	-	Despliega la pantalla Vista General al presionar F1
Control de Nivel	Goto Screen Button	-	Despliega la pantalla PID al presionar F2
Alarmas	Goto Screen Button		Despliega la pantalla Alarmas al presionar F3
Login	Login Push Button	@Write_SecurityLogin	Inicia sesión al presionar >
Logout	Logout Push Button	@Write_SecurityLogout	Cierra sesión al presionar <

4.9.3.2. GRUPO DE PANTALLAS VISTA GENERAL

El grupo de pantallas “Vista General” permite visualizar todos los datos relevantes para el monitoreo del proceso de control. Las figuras 4.28, 4.29 y 4.30 muestran cada una de las pantallas de Vista General.



Figura. 4.28. Vista General

Los objetos de Vista General se describen en la tabla 4.5.

Tabla. 4.5. Objetos de la pantalla Vista General

Objeto	Tipo de Objeto	TAG	Función
Nivel	Numeric Data Display	DisEAN1	Muestra el nivel del primer molino en porcentaje.
Cond. Hor.	Numeric Data Display	DisEAN7	Indica la velocidad del conductor horizontal en RPM
Cond. Incli.	Numeric Data Display	DisEAN6	Indica la velocidad del conductor inclinado en RPM
Prim. Molino	Numeric Data Display	DisEAN5	Indica la velocidad del primer molino en RPM



Figura. 4.29. Vista General 2

Los objetos de Vista General 2 se describen en la tabla 4.6.

Tabla. 4.6. Objetos de la pantalla Vista General 2

Objeto	Tipo de Objeto	TAG	Función
Nivel	Numeric Data Display	DisEAN1	Muestra el nivel del primer molino en porcentaje.
Desfibrador	Numeric Data Display	DisEAN4	Indica la velocidad del conductor horizontal en RPM
Cuchilla 1	Numeric Data Display	DisEAN2	Indica la velocidad del conductor inclinado en RPM
Cuchilla 2	Numeric Data Display	DisEAN3	Indica la velocidad del primer molino en RPM

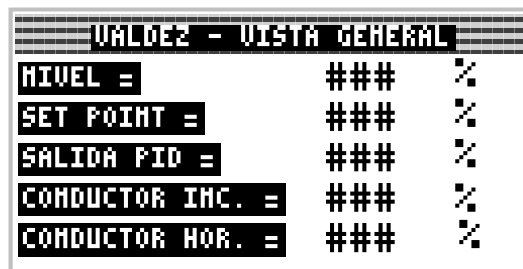


Figura. 4.30. Vista General 3

Los objetos de Vista General 3 se describen en la tabla 4.7.

Tabla. 4.7. Objetos de la pantalla Vista General 3

Objeto	Tipo de Objeto	TAG	Función
Nivel	Numeric Data Display	DisEAN1	Muestra el nivel del primer molino en porcentaje.
Set Point	Numeric Data Display	RdSPA	Indica el valor del Set Point para modo automático en porcentaje.
Salida PID	Numeric Data Display	OUTPID	Indica el valor de salida del PID en porcentaje
Conductor Inc.	Numeric Data Display	OUT1	Indica la velocidad del conductor inclinado en porcentaje
Conductor Hor.	Numeric Data Display	OUT2	Indica la velocidad del primer molino en porcentaje

4.9.3.3. PANTALLA ALARMAS

La pantalla Alarmas despliega una lista de las alarmas que se han presentado, además presenta la hora y la fecha de cada alarma. La figura 4.31 muestra la pantalla Alarmas. Esta pantalla presenta además los siguientes botones:

RECONOCER es un botón de tipo Ack All que reconoce todas las alarmas en la lista de alarmas que todavía no han sido reconocidas. Además remueve el Alarm Banner pero no reestablece las condiciones de alarma.

BORRAR es un botón de tipo Clear Alarm List que limpia todas las alarmas en la lista de alarmas. Un mensaje de advertencia se despliega preguntando al operador confirmar la acción.

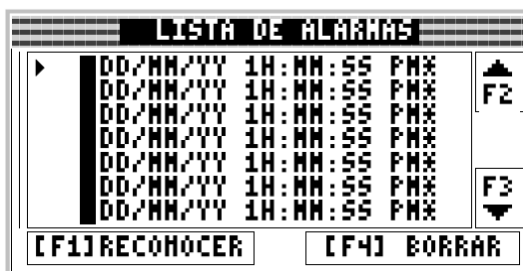


Figura. 4.31. Pantalla Alarmas.

4.9.3.4. PANTALLA PID

La figura 4.32 presenta la pantalla PID que realiza las siguientes operaciones:

Ingreso del Set Point automático presionando el botón F1.

Ingreso del Set Point manual presionando F2.

Selección del tipo de control automático o manual presionando F3.

Desplazamiento a la pantalla de configuración del control PID presionando F4.

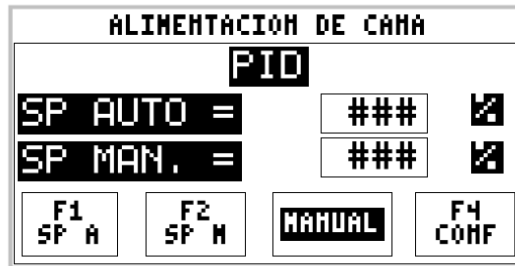


Figura. 4.32. Pantalla PID.

4.9.3.5. PANTALLA PID CONFIGURACIÓN

La figura 4.33 muestra la pantalla PID Configuración que permite el ingreso de los parámetros de configuración del lazo de control PID. Estos parámetros son:

K_p constante proporcional (botón F1).

K_i constante integral (botón F2)

K_d constante derivativa (botón F3).



Figura. 4.33. Pantalla PID Configuración.

Además desde esta pantalla se puede acceder a la configuración del Panel View presionando el botón F4 que tiene asignado un objeto de tipo Screen Selectors - Goto Config Screen.

4.9.3.6. PANTALLA GABI 2

La pantalla Gabi 2 se muestra en la figura 4.34, en esta pantalla se puede ingresar la ganancia y el bias necesarios para el control del conductor horizontal de caña.

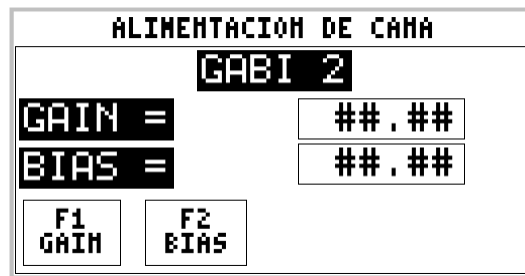


Figura. 4.34. Pantalla GABI 2.

4.9.3.7. PANTALLA GABI 4

La pantalla Gabi 4 se muestra en la figura 4.35, en esta pantalla se puede ingresar la ganancia y el bias necesarios para el control del conductor inclinado de caña.



Figura. 4.35. Pantalla GABI 4.

Para mejor entendimiento de la función de las pantallas GABI 2 y GABI 4 Referirse al diagrama de bloques del programa en la Figura 4.1

4.9.3.8. PANTALLA ALARM 1

La pantalla Alarm 1 permite seleccionar el límite inferior de la velocidad del conductor del primer molino antes de activar una alarma. En la figura 4.36 se aprecia la ventana de configuración del nivel de alarma.

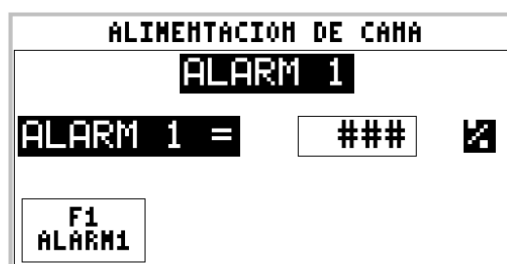


Figura. 4.36. Pantalla Alarm 1.

4.9.3.9. GRUPO DE PANTALLAS LIN

El grupo de pantallas lin1, lin2 y lin3, las cuales se pueden apreciar en las figuras 4.37, 4.38 y 4.39 respectivamente, permiten ajustar los parámetros máximo y mínimo de cada una de las funciones que linealizan las entradas. Esto se puede apreciar más adecuadamente en la figura 4.1, en el diagrama de bloques.

ALIMENTACION DE CANA			
LIN 1			
X MIN =	##.##	<input checked="" type="checkbox"/>	
X MAX =	##.##	<input checked="" type="checkbox"/>	
F1 X MIN	F2 X MAX		

Figura. 4.37. Pantalla Lin 1.

ALIMENTACION DE CANA			
LIN 2			
X MIN =	##.##	<input checked="" type="checkbox"/>	
X MAX =	##.##	<input checked="" type="checkbox"/>	
F1 X MIN	F2 X MAX		

Figura. 4.38. Pantalla Lin 2.

ALIMENTACION DE CANA			
LIN 3			
X MIN =	##.##	<input checked="" type="checkbox"/>	
X MAX =	##.##	<input checked="" type="checkbox"/>	
F1 X MIN	F2 X MAX		Reset

Figura. 4.39. Pantalla Lin 3.

4.9.3.10. PANTALLA ALARM BANNER

El "alarm banner", figura 4.40, es un mensaje que aparece sobre la pantalla activa cuando una alarma es disparada. Los objetos de la pantalla son temporalmente deshabilitados. El banner contiene un mensaje que describe la

condición de alarma, además posee botones que permiten al operador actuar sobre la alarma. Cuando las alarmas se disparan éstas son añadidas a la lista de alarmas.

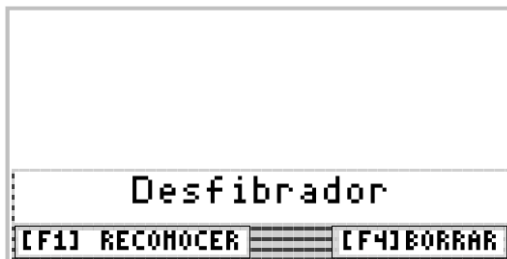


Fig. 4.40 Bandera de alarma

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo estudia la comunicación entre el controlador MicroLogix 1500 y el panel de operador PanelView 300 Micro, especialmente a nivel de programación. Además se revisan conceptos básicos que se tuvieron en cuenta para la instalación tanto del controlador como del panel de operador.


5.1. INTEGRACIÓN PLC – HMI

La integración del controlador con la interfaz humano – máquina es una tarea sencilla, donde es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Definir el tipo de comunicación entre el panel de operador y el controlador.
2. Crear etiquetas (TAGS), las cuales se encargan de enviar y recibir información entre el panel de operador y una dirección del controlador; las etiquetas transmiten información diversa como señales de encendido, valores de variables, acciones a ejecutar, etc.

5.1.1 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DEL PANEL DE OPERADOR

Los parámetros de configuración se establecen desde el terminal o desde el software PanelBuilder 32 cuando se crea la aplicación. Los parámetros descargados con la aplicación tienen prioridad sobre los del terminal si la siguiente opción está habilitada en el cuadro de diálogo *Configuración de Terminal* del software PanelBuilder 32:

 Usar opciones de la configuración descargada

Cada terminal soporta un protocolo específico de comunicación, el cual es seleccionado al crear la aplicación. Antes de bajar la aplicación al terminal se debe configurar el terminal y el controlador para habilitar la comunicación.

El nombre del terminal configurado es PV300, que pertenece a un PV300 Micro con comunicación DF1 (serial), a 9600 baudios, sin paridad, ni handshake. El nombre del nodo es PLC, nombre que apunta a las E/S del controlador MicroLogix, además debido a que solo existe un único controlador, el número de nodo es 1. La pantalla de configuración se muestra en la figura 5.1.

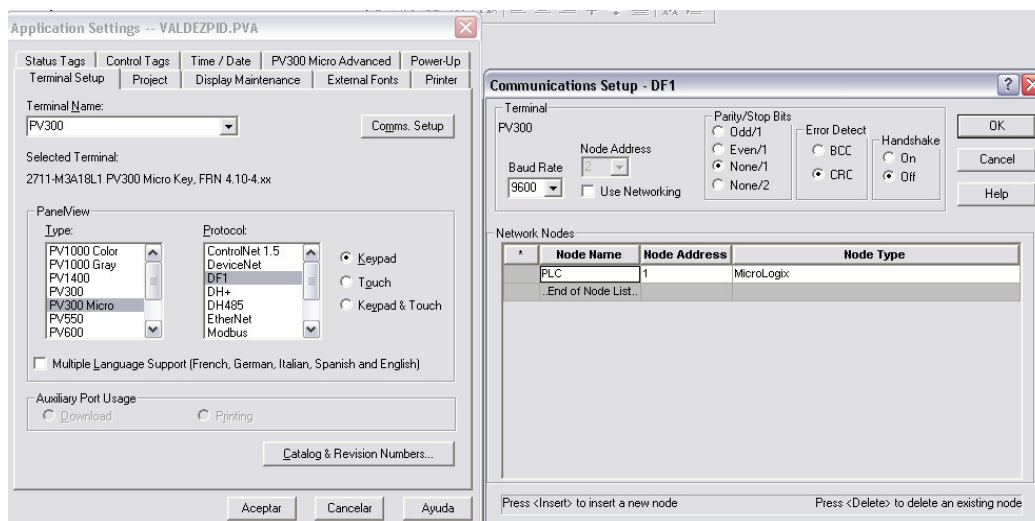


Figura. 5.1. Pantalla de configuración del terminal.

La comunicación física entre el controlador y el panel de operador se lo realiza a través de un puerto serial de comunicación RS232 (8 – pin, mini DIN); en la figura 5.2 se aprecia los puertos de comunicación del panel y del controlador.

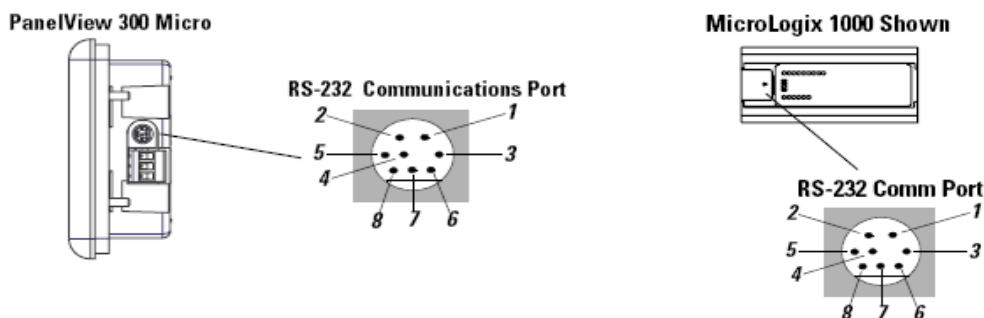


Figura. 5.2. Puertos de comunicación.

5.1.2 DEFINICIÓN DE ETIQUETAS

La definición de etiquetas (tags) se la puede hacer de dos maneras: a través de una tabla donde se definen todas las etiquetas y sus atributos, o ingresando cada etiqueta en los formularios de cada objeto donde se ingresa los atributos de lectura o escritura que permiten interactuar a un objeto con el controlador. Los atributos más importantes para definir una etiqueta son los siguientes:

1. Tag Name, es el nombre único de cada etiqueta.
2. Data Type, es el tipo de datos que un objeto va a escribir o leer, los cuales pueden ser: bit, booleano, BCD, entero sin signo, entero con signo, flotante, real, arreglo de bits y arreglo de caracteres.
3. Node Name, nombre del nodo de la red con el cual se desea asociar a la etiqueta; este nombre es siempre requerido.
4. Address, dirección de la tabla de datos del procesador.
5. Scale (m) y Offset (b), es el valor que se desea utilizar para convertir un valor actual del procesador (x) a unidades de ingeniería (y), de la siguiente manera:
$$y = mx + b$$
6. Minimum y Maximum, los valores mínimo y máximo que pueden ser asignados a la etiqueta.

A continuación se detallan las etiquetas creadas, con sus respectivos atributos, para cada una de las pantallas del panel de operador:

En la pantalla Alarm Banner se pueden encontrar las etiquetas de falla, cada etiqueta está asociada a un mensaje de pantalla; la tabla 5.1 muestra la asociación de las etiquetas con sus respectivos mensajes.

Tabla 5.1. Mensajes de Falla.

Etiqueta	Mensaje	Etiqueta	Mensaje
FALLA1	Desfibrador	FALLA6	Interlock
FALLA2	Cuchilla 02	FALLA7	Nivelador
FALLA3	Cuchilla 01	FALLA8	Conductor Inclinado
FALLA4	Operador	FALLA9	Bypass Primer Molino
FALLA5	Nivel Desfibrador		

La tabla 5.2 corresponde a la configuración de cada etiqueta en Alarm Banner.

Tabla 5.2. Atributos de las etiquetas de falla.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
FALLA1	Bit	PLC	b3:9/15	0	1	0	0	1
FALLA2	Bit	PLC	b3:10/0	0	1	0	0	1
FALLA3	Bit	PLC	b3:10/1	0	1	0	0	1
FALLA4	Bit	PLC	b3:10/2	0	1	0	0	1
FALLA5	Bit	PLC	b3:10/3	0	1	0	0	1
FALLA6	Bit	PLC	b3:10/4	0	1	0	0	1
FALLA7	Bit	PLC	b3:10/5	0	1	0	0	1
FALLA8	Bit	PLC	b3:10/6	0	1	0	0	1
FALLA9	Bit	PLC	b3:10/7	0	1	0	0	1

La tabla 5.3 muestra las etiquetas utilizadas en las pantallas de Vista General, las funciones de estas etiquetas fueron descritas en el capítulo 4.

Tabla 5.3. Atributos de las etiquetas de vista general.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
DisEAN1	Unsigned Integer	PLC	N7:11	0	1	0	0	100
DisEAN2	Unsigned Integer	PLC	N7:12	0	1	0	0	1500
DisEAN3	Unsigned Integer	PLC	N7:13	0	1	0	0	1500
DisEAN4	Unsigned Integer	PLC	N7:14	0	1	0	0	1500
DisEAN5	Unsigned Integer	PLC	N7:15	0	1	0	0	200
DisEAN6	Unsigned Integer	PLC	N7:16	0	1	0	0	200
DisEAN7	Unsigned Integer	PLC	N7:17	0	1	0	0	200
RdSPA	Unsigned Integer	PLC	N7:153	0	1	0	0	100
OUTPID	Unsigned Integer	PLC	N7:5	0	1	0	0	100
OUT1	Unsigned Integer	PLC	N7:21	0	1	0	0	100
OUT2	Unsigned Integer	PLC	N7:22	0	1	0	0	100

Con el objetivo de dar mayor entendimiento a la funcionalidad de cada etiqueta, se utilizó prefijos en cada nombre, para denotar la acción a desempeñar. La tabla 5.4 explica cada una de estos prefijos.

Tabla 5.4. Prefijos utilizados.

Prefijo	Significado
<i>Wr</i>	Etiqueta de escritura.
<i>Rd</i>	Etiqueta de lectura y despliegue en pantalla.
<i>Not</i>	Etiqueta de notificación de envío de datos desde el panel hacia el controlador.
<i>Hand</i>	Etiqueta de notificación de recepción de datos en el controlador.

En la tabla 5.5 se muestran las siguientes etiquetas:

- *OPERATOR*, etiqueta encargada de recoger la clave de inicio de sesión en el panel de operado.
- *Reset*, etiqueta utilizada para reinicializar las variables con los valores predeterminados.
- *WRAutoMan* y *RdAutoMan*, son la etiquetas utilizadas para cambiar de estado al lazo control PID entre automático y manual.

Tabla 5.5. Atributos de las etiquetas de control.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
OPERATOR	Unsigned Integer	PLC	N7:87	0	1	0	0	20
Reset	Bit	PLC	b3:0/3	0	1	0	0	1
WRAutoMan	Bit	PLC	b3:0/1	0	1	0	0	1
RdAutoMan	Bit	PLC	b3:0/2	0	1	0	0	1

La tabla 5.6 presenta los atributos de las etiquetas utilizadas para enviar un valor al set point automático o manual del control PID.

Tabla 5.6. Etiquetas de modificación del set point automático y manual.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
WrSPA	Unsigned Integer	PLC	N7:103	0	1	0	0	100
NotSPA	Bit	PLC	b3:1/3	0	1	0	0	1
HandSPA	Bit	PLC	b3:2/3	0	1	0	0	1
RdSPA	Unsigned Integer	PLC	N7:153	0	1	0	0	100
WrSPM	Unsigned Integer	PLC	N7:104	0	1	0	0	100
NotSPM	Bit	PLC	b3:1/4	0	1	0	0	1
HandSPM	Bit	PLC	b3:2/4	0	1	0	0	1
RdSPM	Unsigned Integer	PLC	N7:154	0	1	0	0	100

En la tabla 5.7 se encuentran las etiquetas necesarias para el cambio de las variables KP, KI y KD utilizadas para la configuración del lazo de control PID. Nótese que se requiere de 4 etiquetas para el cambio de cada variable; esto garantiza que el valor que se despliega en el panel de operador es igual al valor que se encuentra en el controlador.

Tabla 5.7. Etiquetas para la configuración del PID.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
WrKP	Unsigned Integer	PLC	N7:100	0	0.1	0	0	99.9
NotKP	Bit	PLC	b3:1/0	0	1	0	0	1
HandKP	Bit	PLC	b3:2/0	0	1	0	0	1
RdKP	Unsigned Integer	PLC	N7:150	0	0.1	0	0	999
WrKI	Unsigned Integer	PLC	N7:101	0	0.1	0	0	99.9
NotKI	Bit	PLC	b3:1/1	0	1	0	0	1
HandKI	Bit	PLC	b3:2/1	0	1	0	0	1
RdKI	Unsigned Integer	PLC	N7:151	0	0.1	0	0	999
WrKD	Unsigned Integer	PLC	N7:102	0	0.01	0	0	9.99
NotKD	Bit	PLC	b3:1/2	0	1	0	0	1
HandKD	Bit	PLC	b3:2/2	0	1	0	0	1
RdKD	Unsigned Integer	PLC	N7:152	0	0.01	0	0	999

Las tablas 5.8 y 5.9 muestran las etiquetas utilizadas para configurar el margen de ganancia y bias tanto para el conductor horizontal como para el inclinado.

Tabla 5.8. Etiquetas de ganancia y bias conductor horizontal.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
WrGAB2B	Unsigned Integer	PLC	N7:108	0	0.01	0	0	99.99
WrGAB2G	Unsigned Integer	PLC	N7:107	0	0.01	0	0	20
NotGAB2B	Bit	PLC	b3:1/8	0	1	0	0	1
NotGAB2G	Bit	PLC	b3:1/7	0	1	0	0	1
HandGAB2B	Bit	PLC	b3:2/8	0	1	0	0	1
HandGAB2G	Bit	PLC	b3:2/7	0	1	0	0	1
RdGAB2B	Unsigned Integer	PLC	N7:158	0	0.01	0	0	99.99
RdGAB2G	Unsigned Integer	PLC	N7:157	0	0.01	0	0	20

Tabla 5.9. Etiquetas de ganancia y bias conductor inclinado.

Tag Name	Data Type	Node N.	Address	Initial V.	Scale	Offset	Min.	Max.
WrGAB4B	Unsigned Integer	PLC	N7:106	0	0.01	0	0	99.99
WrGAB4G	Unsigned Integer	PLC	N7:105	0	0.01	0	0	20
NotGAB4B	Bit	PLC	b3:1/6	0	1	0	0	1
NotGAB4G	Bit	PLC	b3:1/5	0	1	0	0	1
HandGAB4B	Bit	PLC	b3:2/6	0	1	0	0	1
HandGAB4G	Bit	PLC	b3:2/5	0	1	0	0	1
RdGAB4B	Unsigned Integer	PLC	N7:156	0	0.01	0	0	99.99
RdGAB4G	Unsigned Integer	PLC	N7:155	0	0.01	0	0	100

En base al diagrama de bloques en la figura 4.1 del capítulo anterior, se puede apreciar que existen tres bloques encargados de linealizar las entradas de velocidad de los dos juegos de cuchillas y del desfibrador. La tabla 5.10 muestra todas las etiquetas necesarias para modificar estos tres bloques de linealización, enviando los valores máximo y mínimo para cada caso.

Tabla 5.10. Etiquetas para la linealización de las entradas.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
WrLIN1Max	Unsigned Integer	PLC	N7:111	0	0.01	0	0	99.99
WrLIN1Min	Unsigned Integer	PLC	N7:110	0	0.01	0	0	99.99
WrLIN2Max	Unsigned Integer	PLC	N7:113	0	0.01	0	0	99.99
WrLIN2Min	Unsigned Integer	PLC	N7:112	0	0.01	0	0	99.99
WrLIN3Max	Unsigned Integer	PLC	N7:115	0	0.01	0	0	99.99
WrLIN3Min	Unsigned Integer	PLC	N7:114	0	0.01	0	0	99.99
NotLIN1Max	Bit	PLC	b3:1/11	0	1	0	0	1
NotLIN1Min	Bit	PLC	b3:1/10	0	1	0	0	1
NotLIN2Max	Bit	PLC	b3:1/13	0	1	0	0	1
NotLIN2Min	Bit	PLC	b3:1/12	0	1	0	0	1
NotLIN3Max	Bit	PLC	b3:1/15	0	1	0	0	1
NotLIN3Min	Bit	PLC	b3:1/14	0	1	0	0	1
HandLIN1Max	Bit	PLC	b3:2/11	0	1	0	0	1
HandLIN1Min	Bit	PLC	b3:2/10	0	1	0	0	1
HandLIN2Max	Bit	PLC	b3:2/13	0	1	0	0	1
HandLIN2Min	Bit	PLC	b3:2/12	0	1	0	0	1
HandLIN3Max	Bit	PLC	b3:2/15	0	1	0	0	1
HandLIN3Min	Bit	PLC	b3:2/14	0	1	0	0	1
RdLIN1Max	Unsigned Integer	PLC	N7:161	0	0.01	0	0	99.99
RdLIN1Min	Unsigned Integer	PLC	N7:160	0	0.01	0	0	99.99
RdLIN2Max	Unsigned Integer	PLC	N7:163	0	0.01	0	0	99.99
RdLIN2Min	Unsigned Integer	PLC	N7:162	0	0.01	0	0	99.99
RdLIN3Max	Unsigned Integer	PLC	N7:165	0	0.01	0	0	99.99
RdLIN3Min	Unsigned Integer	PLC	N7:164	0	0.01	0	0	99.99

La tabla 5.11 indica las etiquetas utilizadas para configurar el valor en el cual la alarma de velocidad baja del conductor al primer molino se active y mande una señal de parada.

Tabla 5.11. Etiquetas de configuración de la alarma de velocidad baja.

Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Initial Value	Scale	Offset	Min.	Max.
WrALARM1	Unsigned Integer	PLC	N7:109	0	1	0	0	100
NotALARM1	Bit	PLC	b3:1/9	0	1	0	0	1
HandALARM1	Bit	PLC	b3:2/9	0	1	0	0	1
RdALARM1	Unsigned Integer	PLC	N7:159	0	1	0	0	100

5.2. INSTALACIÓN

En esta sección se describe los parámetros básicos tomados en cuenta para la instalación del controlador y el panel de operador, además se mencionan algunas consideraciones de seguridad.

El tipo de cable utilizado para la conexión de E/S y en general es el cable trenzado AWG #18 con chaqueta sencilla, la tabla 5.12 indica los tipos de cables recomendados. Las borneras utilizadas son de marca WAGO, las cuales fueron montadas sobre un riel DIN.

Tabla. 5.12. Tipos de cables recomendados

Tipo de cable		Tamaño del cable
Sólido	Cu-90°C (194°F)	#14 a #22 AWG
Trenzado	Cu-90°C (194°F)	#14 a #22 AWG

La conexión a tierra y el enrutamiento del cableado en sistemas ayuda a limitar los efectos del ruido causado por interferencias electromagnéticas, este tipo de conexión es necesaria para cumplir con requisitos de seguridad. Para la conexión a tierra se usó un cable AWG #14 conectado desde el terminal de tierra de cada unidad.

5.2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Tanto el controlador como el panel de operador son equipos aptos para uso en ubicaciones no peligrosas (Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D). No se debe sustituir, ni desconectar componentes o equipos sin antes desactivar la alimentación eléctrica y determinar que el lugar no es peligroso.

Los equipos fueron instalados dentro de un tablero industrial, con el objeto de reducir los efectos de interferencia eléctrica y mantenerlos libres de polvo y otros desperdicios propios del proceso, todos los cables conectados directamente al controlador y al panel se encuentran dentro del tablero.

5.2.2. INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR

La base del controlador fue montada de manera horizontal con la expansión de E/S a la derecha, permitiendo un espacio de 50 mm en todos los lados de la base, para proporcionar una ventilación adecuada, la figura 5.3 muestra la ubicación. Una instalación vertical o la falta de espacio podría causar sobrecalentamiento.

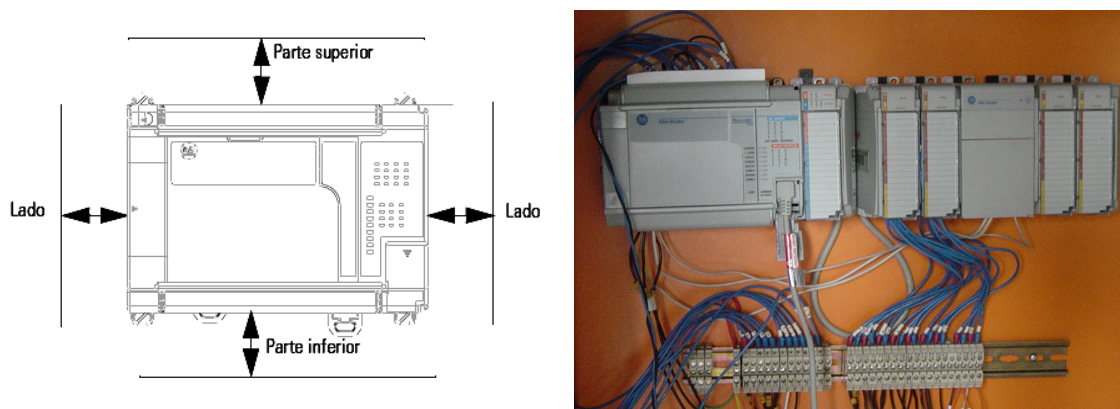


Figura. 5.3. Ubicación de la base del controlador.

Gracias al sistema de riel DIN que posee tanto el controlador como los módulos de E/S, el montaje y desmontaje de estos se lo puede realizar fácilmente, simplemente extendiendo el pestillo mediante el uso de un destornillador plano.

El cableado de los terminales del controlador se lo realizó utilizando un destornillador plano para tornillos de 5.5 mm, manteniendo las cubiertas protectoras en su lugar durante todo el proceso, fue necesario comprobar que los cables se encuentre bien presionados por la placa. Las cubiertas protectoras fueron retiradas posteriormente, antes de encender el equipo. La figura 5.4 muestra el esquema del bloque de terminales de la base BWA.

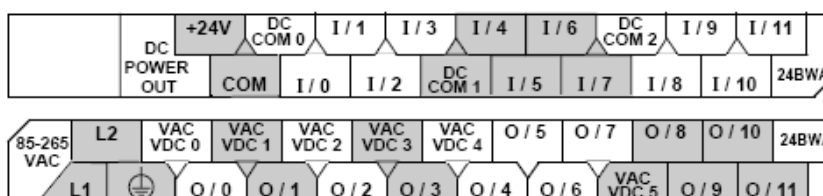


Figura. 5.4. Esquema del bloque de terminales de la base 1764 – 24BWA

5.2.3. INSTALACIÓN DEL PANEL DE OPERADOR

La temperatura ambiente en torno al terminal PanelView300 Micro debe encontrarse entre 0 y 55 °C. Las herramientas necesarias para la instalación son:

- Llave de tuerca de 7 mm
- Destornillador pequeño plano
- Llave de apriete prefijado

Al igual que para el controlador, el montaje del panel de operador requiere de un espacio libre de al menos 50 mm por todos los lados del terminal para facilitar una ventilación adecuada y las operaciones de mantenimiento, tal y como se puede observar en la figura 5.5.

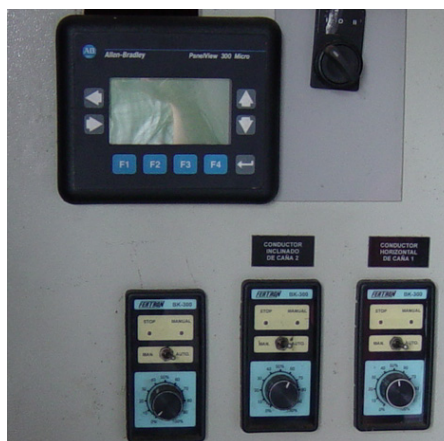
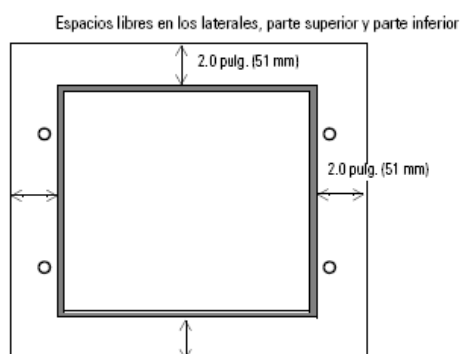


Figura. 5.5. Montaje del Panel de Operador.

Los planos de instalación del panel de operador, PLC, módulos de entrada y salida e interconexión de éstos se encuentran en los anexos 1, 2, 3 y 4.

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE CAMPO Y RESULTADOS

Tras el desarrollo de toda aplicación, y previo a la puesta en marcha de un proyecto es necesario realizar las pruebas precisas y suficientes, que garanticen, en la medida de lo posible, el correcto funcionamiento del proceso; este tipo de pruebas son necesarias a pesar de no poder cubrir todos los aspectos reales del proceso productivo.

Las pruebas realizadas para comprobar el funcionamiento adecuado se dividen en dos partes principales: las pruebas previas a la puesta en marcha (realizadas en la oficina) y las pruebas del sistema en funcionamiento (tras el montaje y durante el arranque del sistema implementado). En este capítulo se describen estas pruebas y sus correspondientes resultados.

6.1. PRUEBAS DE LABORATORIO

El proyecto completo consta de tres partes principales: programa del PLC, interfaz humano – máquina y conexión física de los equipos. Cada parte puede presentar errores individualmente o al interconectarse, tales como errores de comunicación, definición de etiquetas, fuente de energía, etc. Por tal razón fue necesario el poner a prueba cada parte individualmente y en conjunto. Las pruebas de laboratorio, si cabe el término, constan de dos instancias, que se describen a continuación:

1. La primera instancia de las pruebas de laboratorio consistió en la verificación individual del programa del controlador lógico programable, y el programa del panel de operador. La verificación del programa del PLC se lo realizó con el

uso de la opción de verificación del software de programación y posteriormente la descarga al PLC. La verificación del programa del panel de operador exigió el uso del panel como tal, ya que el software no cuenta con una herramienta simuladora.

2. La segunda parte de estas pruebas consistió en la conexión física entre el MicroLogix 1500 y el Panel View 300 Micro. En esta parte se comprobó el direccionamiento de las etiquetas del panel de operador y sus correspondientes variables de E/S del controlador.

6.1.1. RESULTADOS

Tras la realización de estas primeras pruebas, los resultados fueron satisfactorios, puesto que el controlador y panel de operador se acoplaron sin mayor dificultad, cumpliendo con las expectativas iniciales.

En la primera fase de las pruebas, se determinó que cada programa funcionaba correctamente de manera individual, y además se comprobó el correcto funcionamiento de los equipos, probando diversos aspectos como: encendido, señales de error, simulación de entradas y salidas, velocidad de respuesta.

La interconexión de los equipos y la realización de las pruebas correspondientes, fueron la segunda etapa de estas pruebas previas a la puesta en marcha. La conexión y comunicación entre el panel de operador y el controlador se realizó de manera exitosa, sin embargo se encontró unos pocos errores en lo que se refiere al direccionamiento de las etiquetas, errores involuntarios que fueron corregidos inmediatamente sin presentar mayor dificultad. Tras estas escasas correcciones se comprobó nuevamente el flujo del programa y el comportamiento total del sistema, obteniendo finalmente resultados satisfactorios, lo cual permitió avanzar hacia la etapa final de implementación.

6.2. PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA

La implementación del sistema en las instalaciones del Ingenio Azucarero Valdez exigió un tiempo aproximado de 4 días, aunque el proceso de inspección y posterior supervisión necesito de un lapso aproximado de 2 meses. En los días de puesta en marcha se realizaron todas las pruebas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación; la colaboración de personal capacitado y la experiencia de los ingenieros que supervisaron el proyecto, facilitaron la puesta en marcha y brindó gran fiabilidad al sistema implementado.

El procedimiento realizado para la puesta en marcha se realizó siguiendo el procedimiento que se menciona a continuación:

1. Instalación de los equipos siguiendo las recomendaciones establecidas en el capítulo anterior, para garantizar que no existan problemas de seguridad o daños de los equipos.
2. Posteriormente se chequeo el cableado, verificando continuidad, chequeando conexiones y posibles puntos de falla.
3. A continuación se realizó lo que se conoce como un IO test en el PLC, para garantizar el funcionamiento de los módulos de entradas y salidas
4. En este punto se comprobó el funcionamiento de la lógica de control sin carga. Además se revisó todo el conjunto que conforman la lógica discreta, como son: motores sin carga, luces, sirenas, pulsantes, etc.
5. Tras estas pruebas se realizó el acople de la parte motriz y se comprobó los sentidos de giro de los motores. *Prueba de secuencia discreta*
6. El siguiente paso fue la revisión de la parte análoga, tanto señales de entrada, como señales de salida. *entradas(T) salida(V salida)*
7. Todas las pruebas anteriores brindan la seguridad para comprobar el control automático del PID. En este punto se envía producto para comprobar el funcionamiento y poder realizar la sintonización del PID. Tras este punto se calibraron parámetros de control hasta obtener el nivel deseado, verificando puntos esenciales como son torque y corriente.

6.2.1. RESULTADOS

En el caso específico de este sistema, los resultados en general fueron satisfactorios y no presentaron mayores inconvenientes, esto se debe principalmente a que se trató de una evolución de un sistema anterior que se encontraba funcionando con todos los parámetros existentes en el proceso, de tal manera que no fue necesario realizar modificaciones en el software, tal como amerita en la mayoría de los casos; tampoco fue necesario sintonizar señales de entrada o salida, ya que estas se encontraba funcionando correctamente.

Por otra parte se comprobaron las ventajas del nuevo sistema, tales como la modificación de los parámetros de control desde el panel de operador, esta tarea tan simple, antiguamente demandaba mucho tiempo debido a que estos parámetros eran solo modificables en la configuración del controlador CDP200, esto implicaba además el conocimiento de programación de este elemento. Otra gran ventaja apreciable a primera vista es la posibilidad de un monitoreo constante sobre las variables del proceso en un solo panel de operador, con el sistema anterior, las diferentes variables se desplegaban en distintos displays; esto exigía al operador en muchas ocasiones, desplazarse de un sector a otro con sus respectivos inconvenientes, más aún, la información presentada no correspondía a todas las variables existentes.

Las ventajas mencionadas, junto con otras intrínsecas de la mejora de los equipos, entregaron a la aplicación un resultado exitoso, no solo por su desempeño, sino además por la simplicidad de operación lo cual fue una respuesta a las necesidades de los operadores.

El sistema se encuentra funcionando actualmente en las instalaciones del Ingenio Valdez, desempeñándose de manera óptima, siendo además esta mejora, el impulso para el desarrollo de nuevos proyectos que implican una mejora en el resto del proceso productivo.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se diseñó y programó un sistema de control automático para la alimentación de caña en el Ingenio Azucarero Valdez, el cual fue posteriormente implementado y puesto en marcha, cumpliendo con las expectativas.
- Mediante criterios técnicos, se realizó con acertadas decisiones el proceso de selección y dimensionamiento del controlador lógico programable a ser utilizado en el proyecto, obteniéndose excelentes resultados al ser implementado.
- El programa desarrollado para el controlador lógico programable es de sencillo entendimiento y cumple de manera óptima con el objetivo de controlar el proceso de alimentación de caña de azúcar.
- La Interfaz Humano Máquina desarrollada brinda sencillez en su operabilidad, ejecutando además de manera eficiente el envío y recepción de las diferentes indicaciones entre el operador y el controlador (PLC).
- La modernización en el control de los procesos productivos es hoy en día una necesidad si las empresas quieren conservar o alcanzar un nivel más competitivo dentro de un mercado que crece y se modifica de manera acelerada y constante, lo contrario implicaría problemas tales como deficiencia

en la calidad del producto, déficit en la producción y obviamente un impacto económico negativo.

- La industria ecuatoriana se ve afectada e incluso amenazada por el nivel de desempeño de plantas productoras extranjeras, es por tanto imperioso el mejorar constantemente los procesos de tal manera que se pueda llegar a un equilibrio entre la calidad del producto y la cantidad de producción, características necesarias para ser competitivo en el mercado actual; estas razones indican que el desarrollo de aplicaciones similares a la presentada en este proyecto, soluciones hecha a medida, son una necesidad en constante crecimiento.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener un equilibrio entre el acelerado avance de modernización de las plantas y la capacitación del personal involucrado en dichas innovaciones para facilitar la adaptación a los cambios. Cambios que de otra manera podrían resultar demasiado rápidos para los operadores, repercutiendo finalmente en el punto que se pretende mejorar, que es en sí el proceso productivo.
- Es recomendable realizar las hojas de vida de los equipos y procesos, ya que muchas de estas éstas no estaban disponibles al momento que se lo requirió durante el desarrollo de este proyecto; además entre la documentación técnica del departamento de mantenimiento debe constar los manuales técnicos de operación y montaje de cada uno de los equipos, para así facilitar la continuación de la automatización de las siguientes etapas del proceso de producción.
- Tras las visitas que requirió la implementación de este proyecto, se observó una carencia de espacios adecuados de trabajo, por lo que se recomienda mejorar la planificación del ambiente laboral ya que muchos de los empleados cumplen largas jornadas de trabajo donde son expuestos a niveles altos y constantes de ruido y temperatura, sin tomar las precauciones necesarias

para prevenir los problemas que estos factores pueden causar en el rendimiento de los operadores

- Este primer paso en la modernización de la planta del Ingenio Valdez es sin duda el comienzo de un proyecto de renovación y cambios, por lo tanto es recomendable mantener continuidad en la ejecución de las siguientes fases, las cuales implican, como es el caso de este proyecto, el reemplazo de equipos obsoletos y además la integración de maquinaria moderna, para de esta manera obtener un sistema de control automático convergente, logrando finalmente una integración total de la planta.

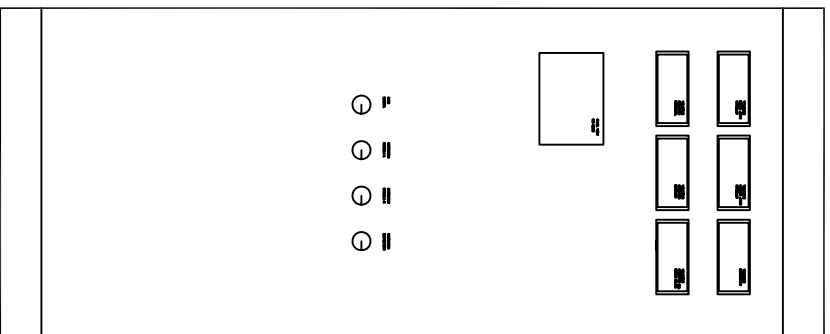
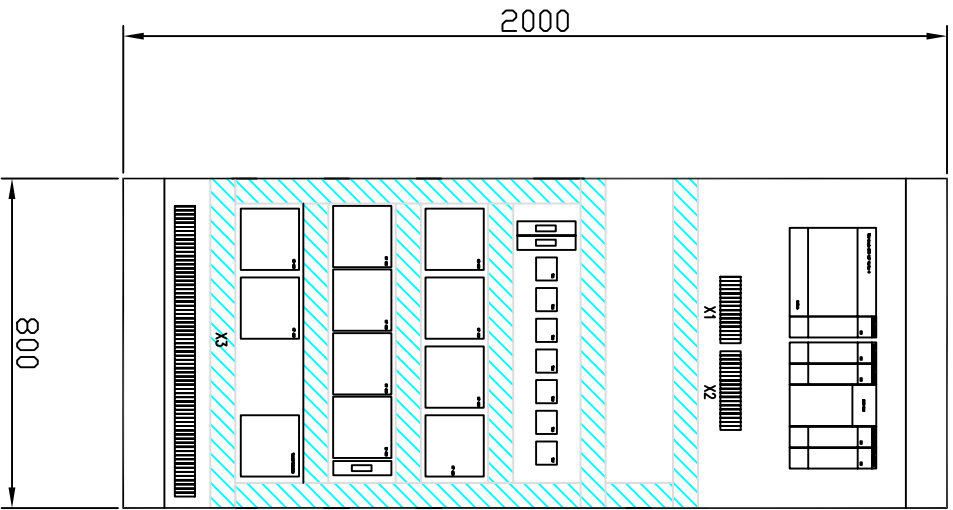
BIBLIOGRAFÍA

- ORTIZ, Hugo, **Instrumentación y Sistemas de Control**, ESPE, Ecuador 1997
- OGATA, Katsuhiko, **Ingeniería de Control Moderno**, S/E, Editorial Prentice – Hall, S/C, 1.974.
- ROMERO, Gabriel, **Cultivo de la Caña de Azúcar**, Editores Nacionales. Primera Edición, Colombia, 1999
- Rockwell Automation, **Automation Systems**, Publication B113, EE.UU. 2.000.
- Rockwell Automation, **MicroLogix 1500 Programmable Controllers**, User Manual, Publication 1764-Um001b-En-P, EE.UU. 2002.
- Rockwell Automation, **Panelbuilder32**, Application Development Software for Panelview Standard Terminals, Publication 2711-Gr003c-En-P, EE.UU. 2002.
- Rockwell Automation, **Rstrainer 2000 for Rslogix 500**, EE.UU. 2000.
- www.ingeniovaldez.com/q_somos.htm, Presentación de la compañía.
- <http://www.dizucar.com.sv/proceso.asp>, Proceso de producción de azúcar.

- <http://www.fertron.com.br/>, Productos Fertron: sensores y convertidores
- <http://www.kyb.com/hydraulic/hymot.html>, Motor hidráulico

ANEXO 1

PLANO DEL TABLERO DE CONTROL



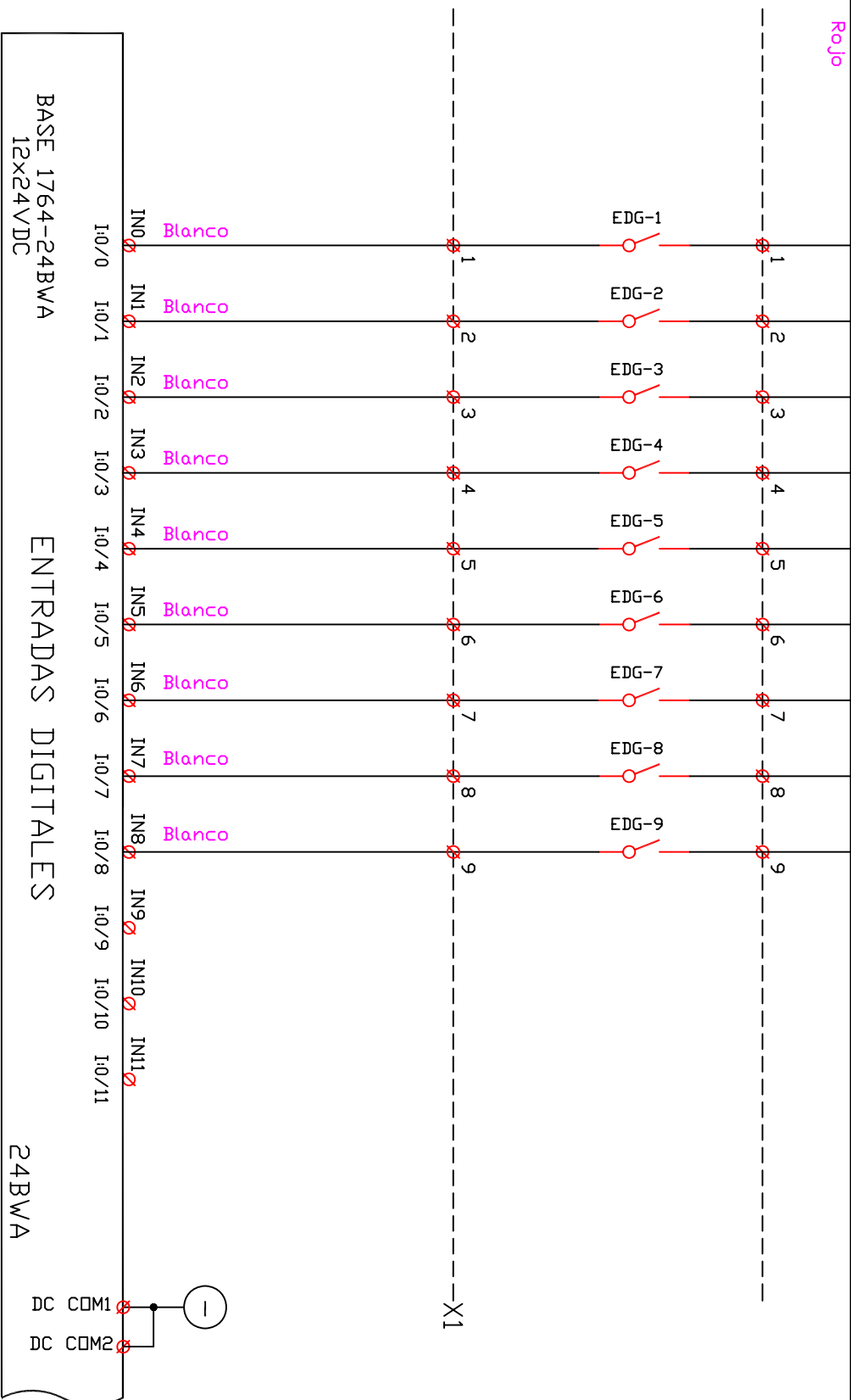
	Cliente: VALDEZ	Título: TABLERO PLC Y FUERZA TANDEM 1	Dibuñado por: AMRR	Aprobado por: CRPC	Modificación: --	Plano TABLERO
			Escala: S/E	Fecha: 16/MAR/05	Archivo: TABLERO.DWG	Hoja: 1/1

ANEXO 2

PLANO DE ENTRADAS DIGITALES EN LA BASE DEL PLC

24 24VDC

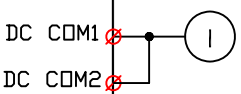
Rojo



BASE 1764-24BWA
12x24VDC

ENTRADAS DIGITALES

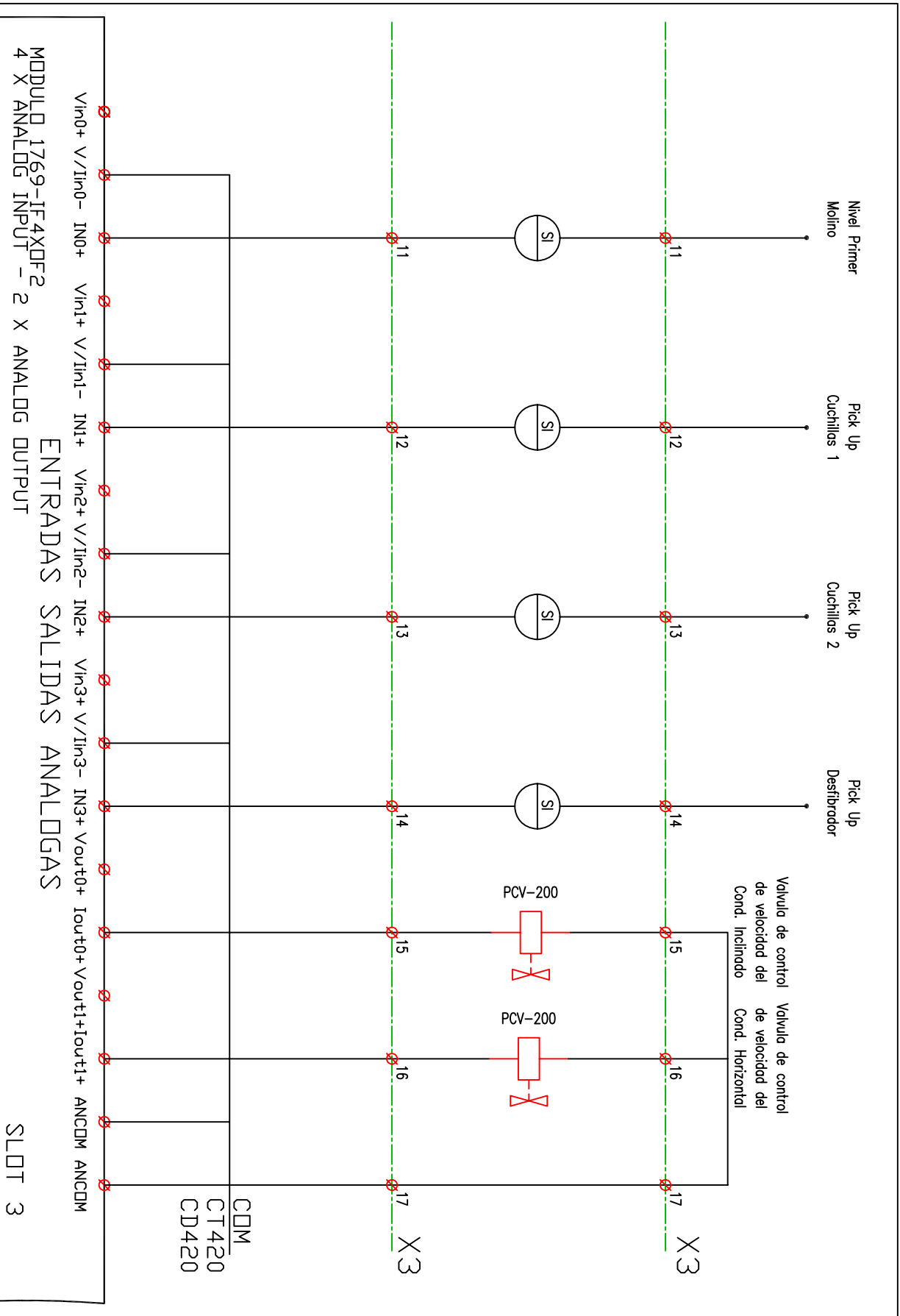
24BWA



Cliente:	VALDEZ	Título:	ENTRADAS AL PLC / BASE TANDEM 1	Dibujado por:	AMRR	Aprobado por:	CRPC	Modificación:		Plano	PLC
Escalón:	S/E	Fecha:	18/MAR/05	Archivo:	BWA.DWG	Hoja:	1/3				

ANEXO 3

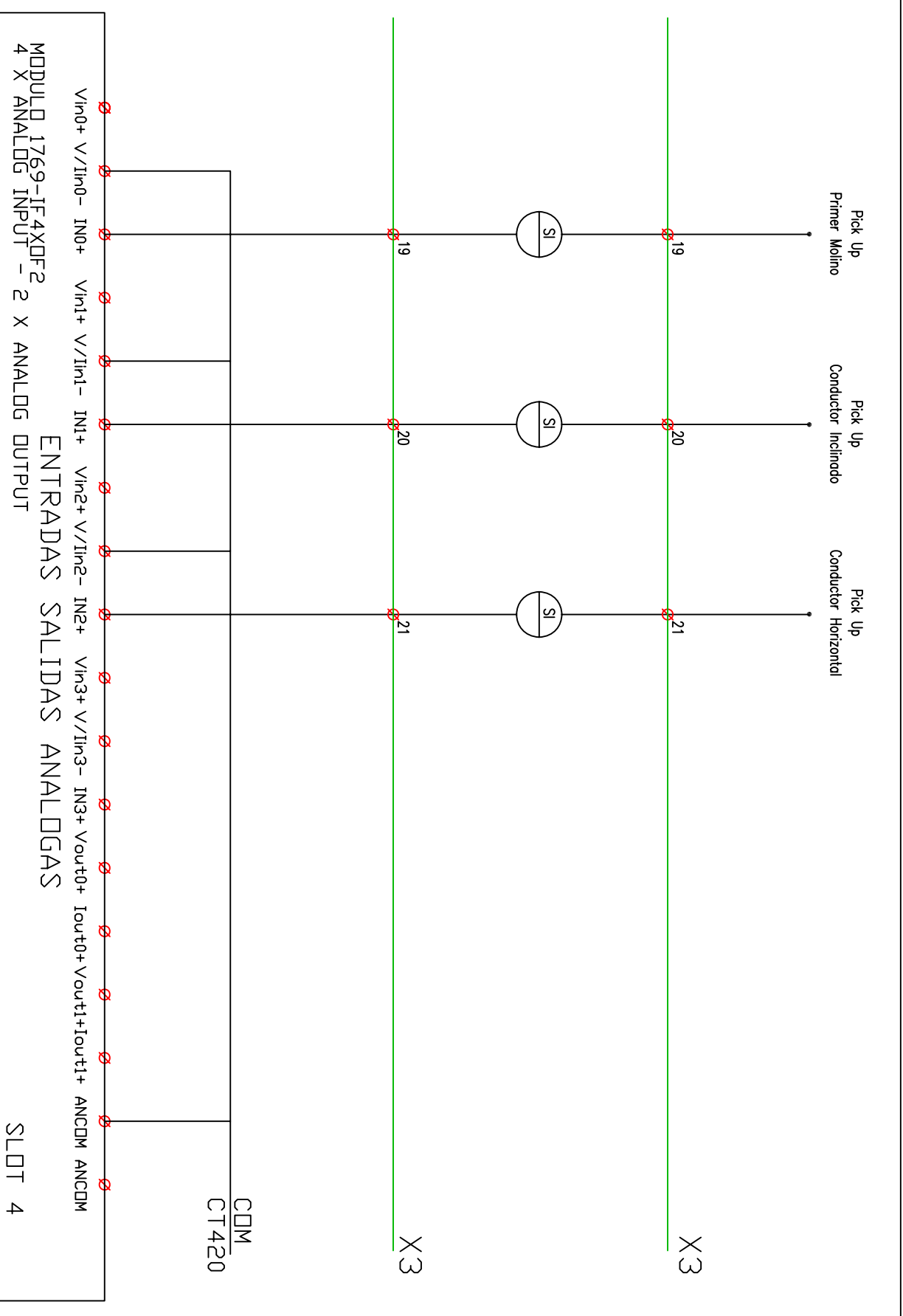
PLANO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALOGICAS SLOT 3



Cliente:	VALDEZ		Dibujado por:	AMRR	Aprobado por:	CRPC	Modificacion:	Plano	PLC	
Titulo:	E/S ANALOGICAS PLC/SLOT 3		Escalado:	S/E	Fecha:	19/MAR/05	Archivo:	SLOT3.DWG	Hoja:	2/3

ANEXO 4

PLANO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALOGICAS SLOT 4

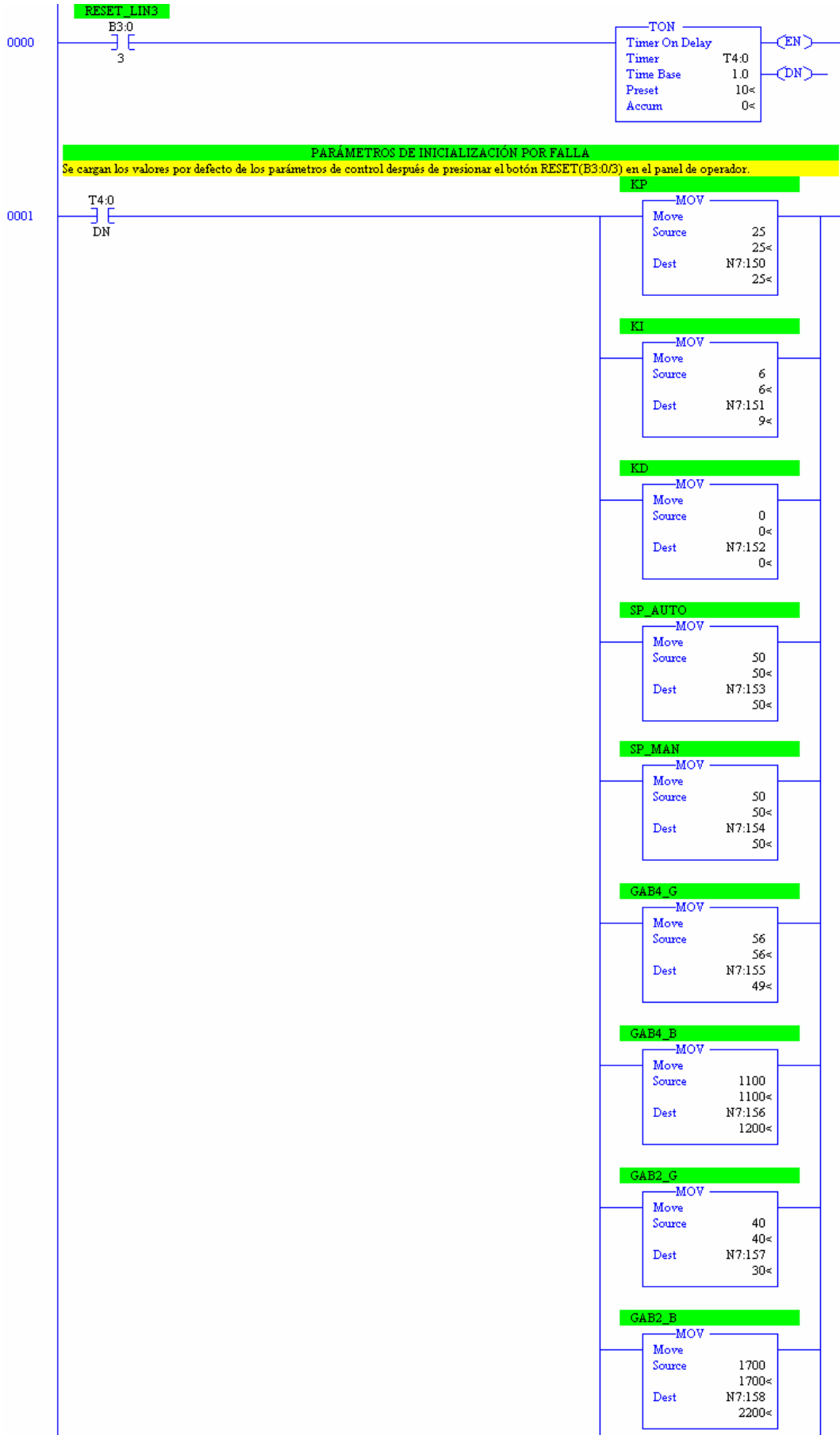


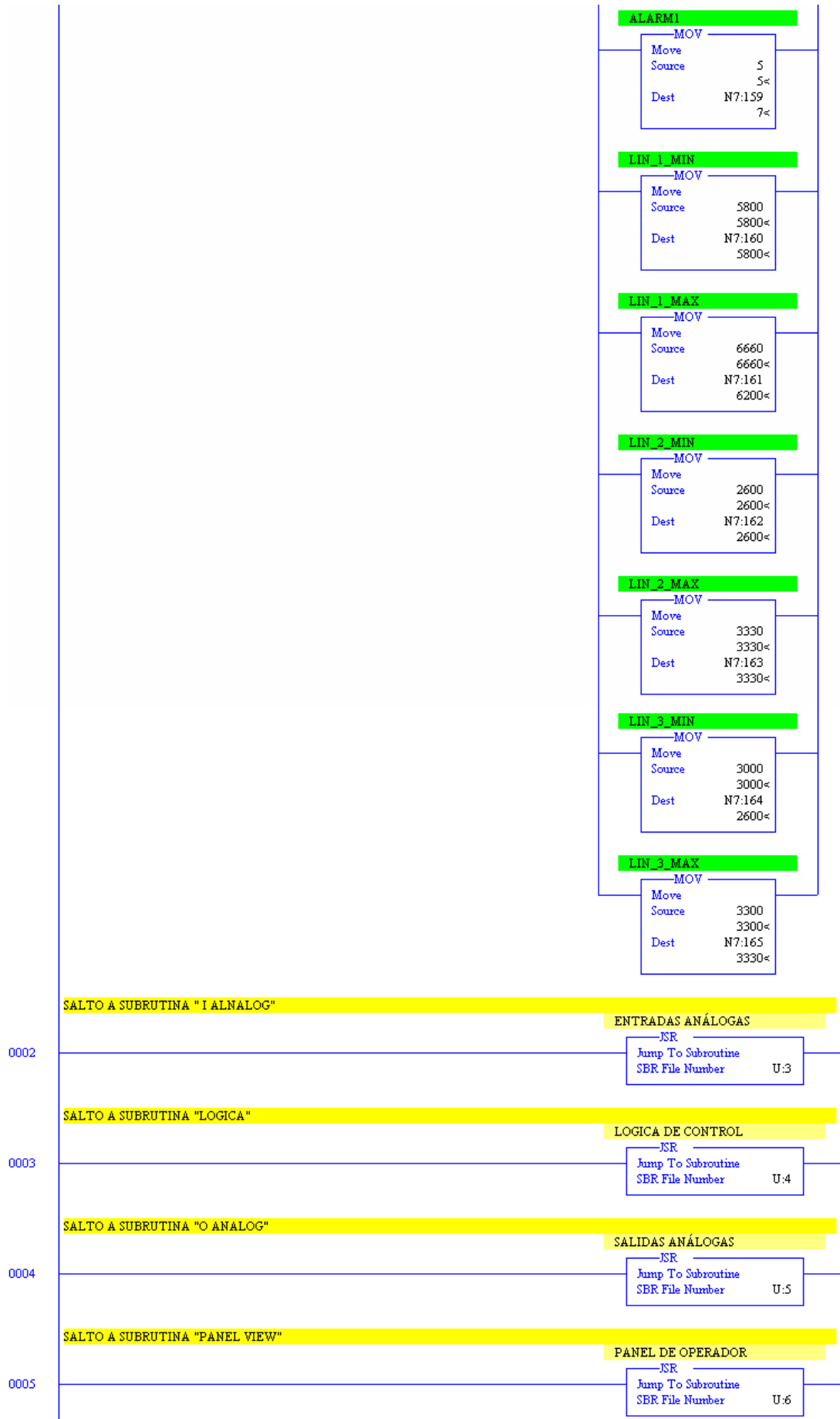
Cliente: VALDEZ		Título: E/S ANALOGICAS PLC/SLOT 4 TANDEM 1		Dibujado por: AMRR		Aprobado por: CRPC		Modificación:		Plano PLC	
				Escalado: S/E		Fecha: 19/MAR/05		Archivo: SLOT4.DWG		Hoja: 3/3	

ANEXO 5

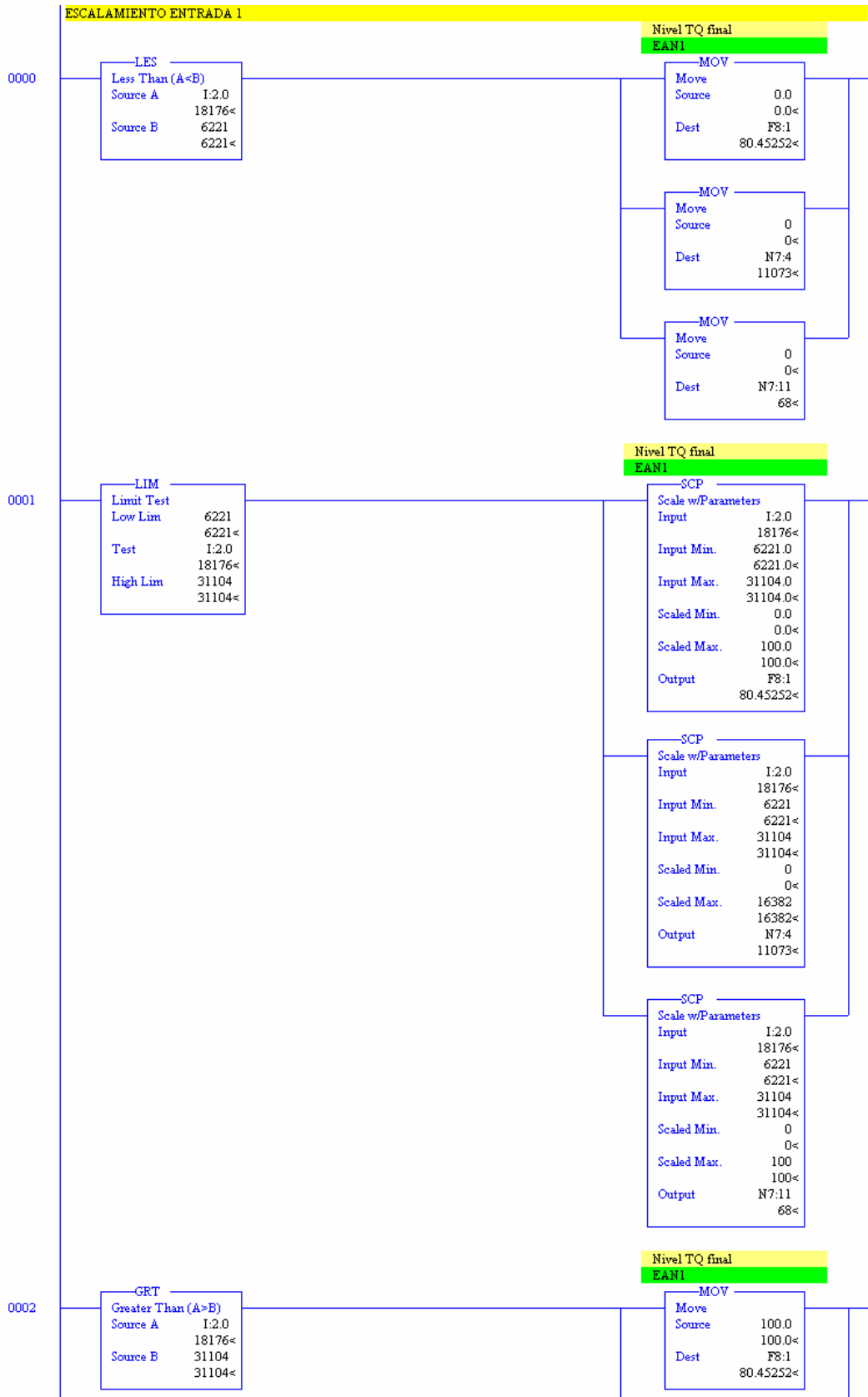
PROGRAMA DE CONTROL DEL PLC VALDEZPID.RSS

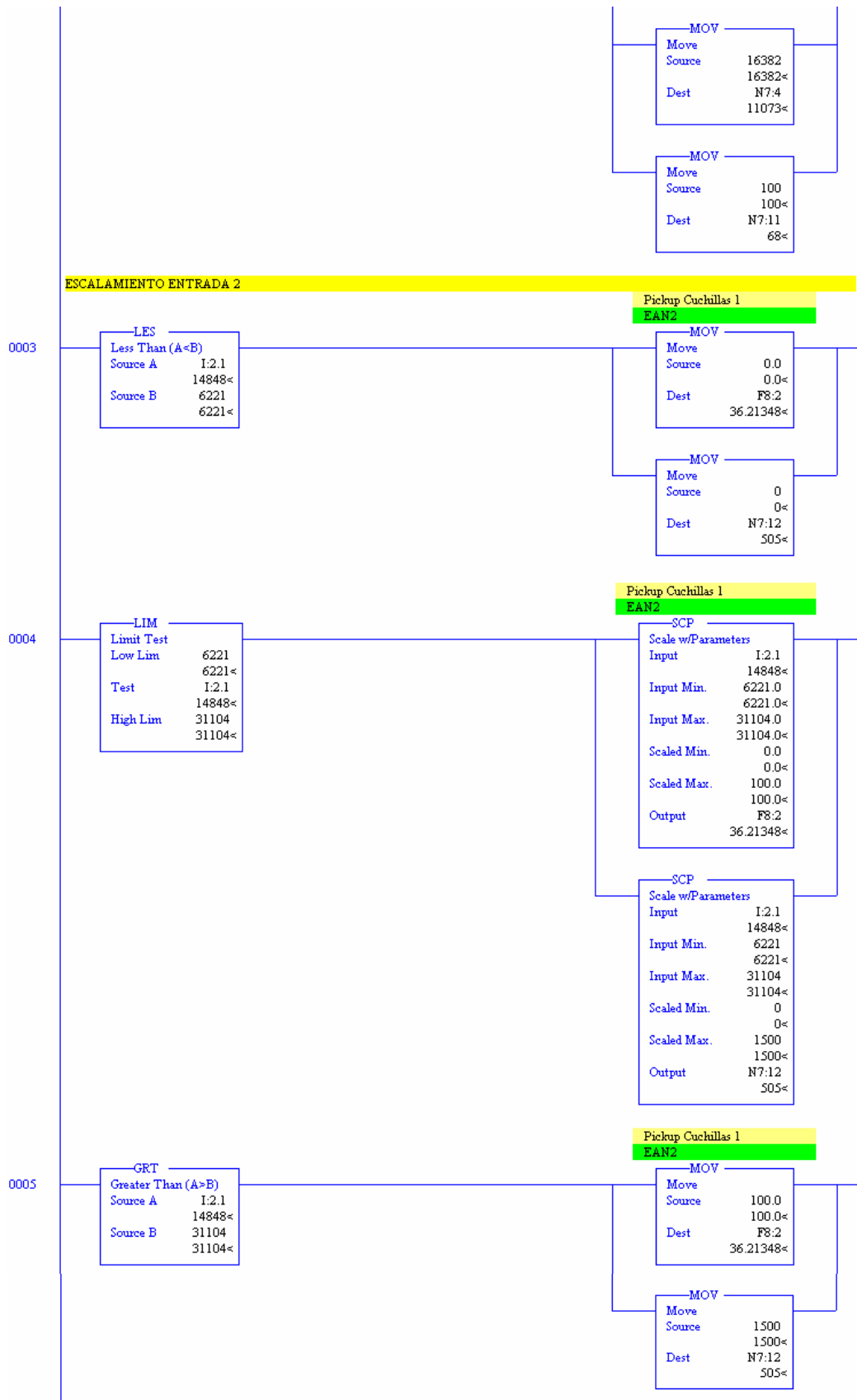
LAD2 – PRINCIPAL

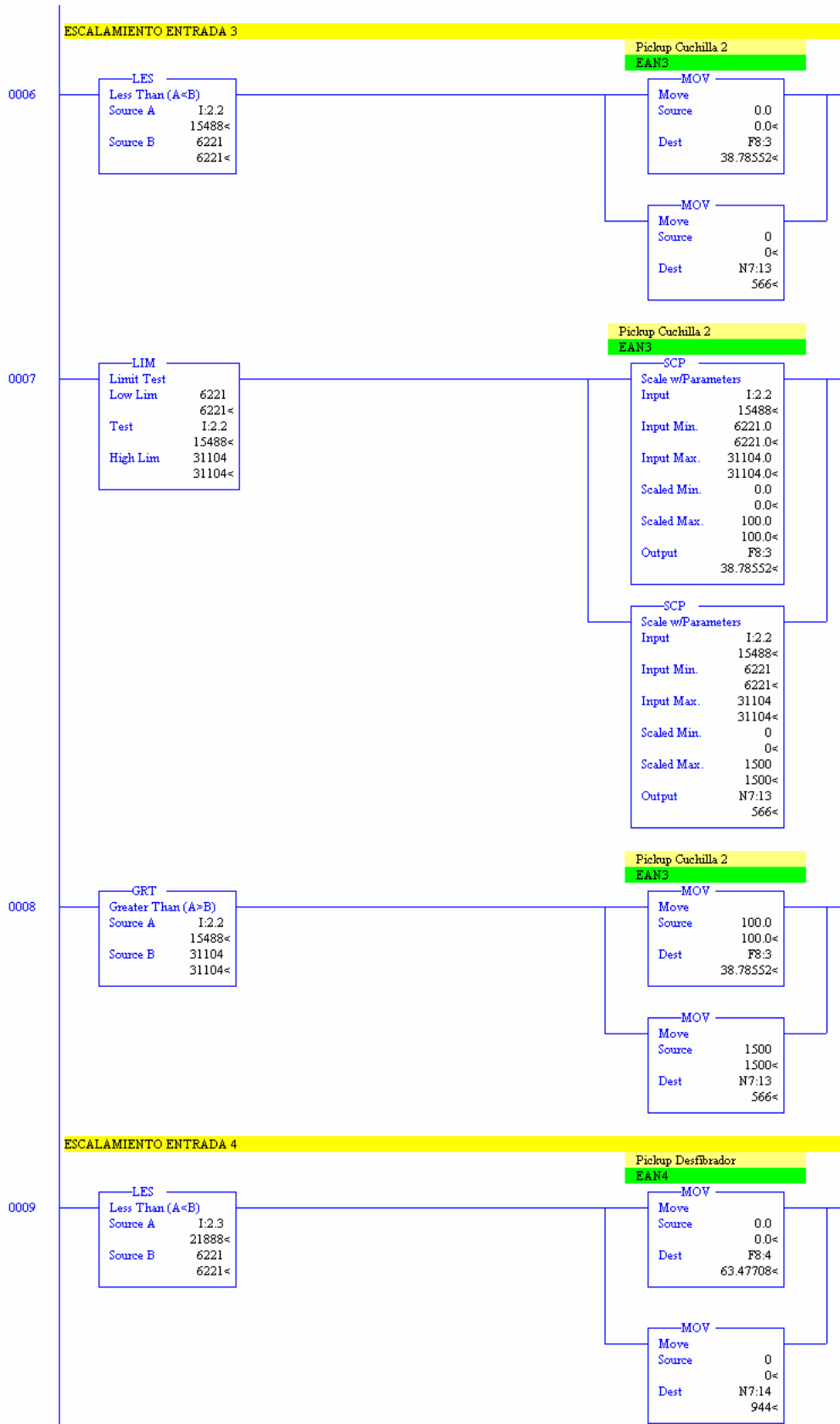


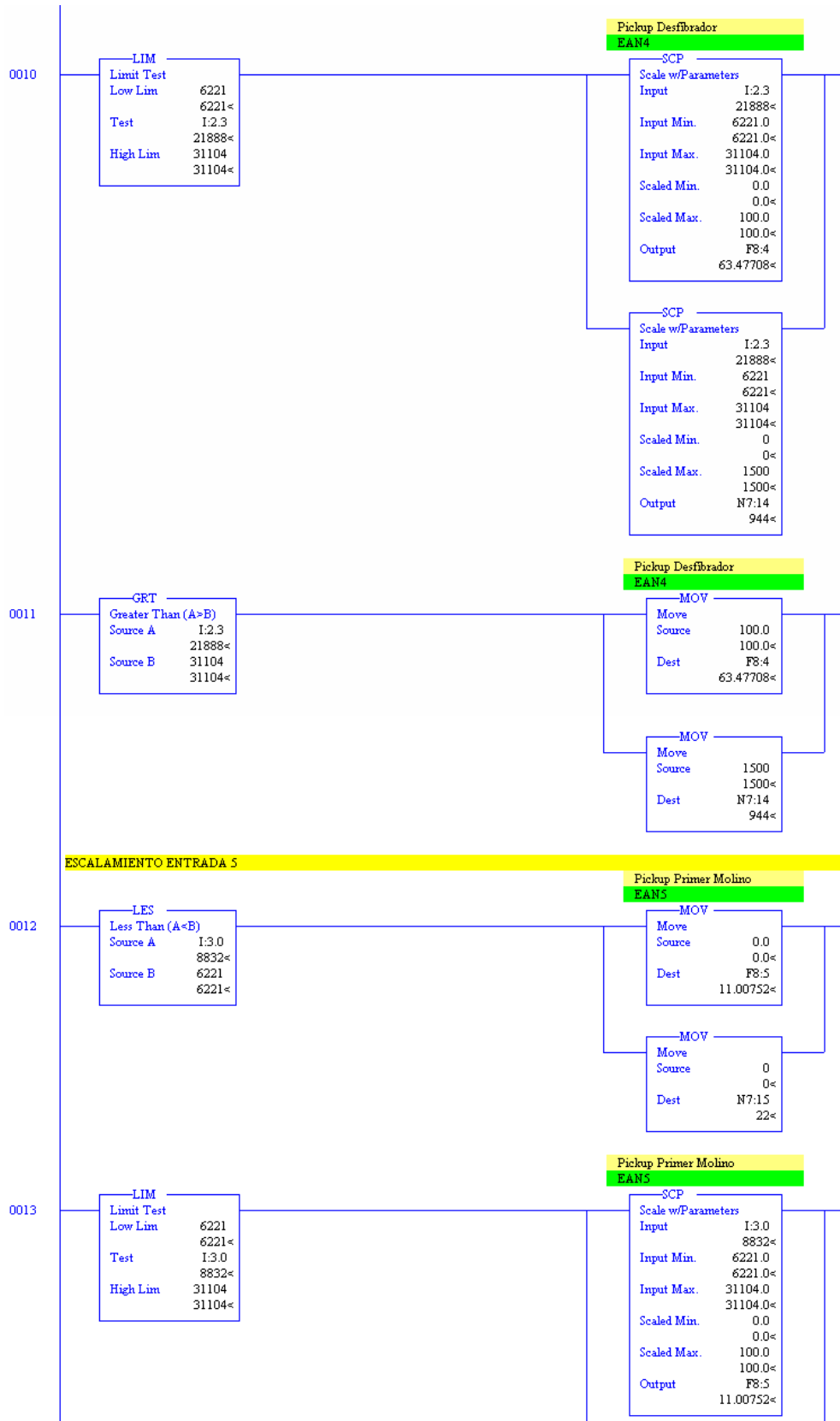


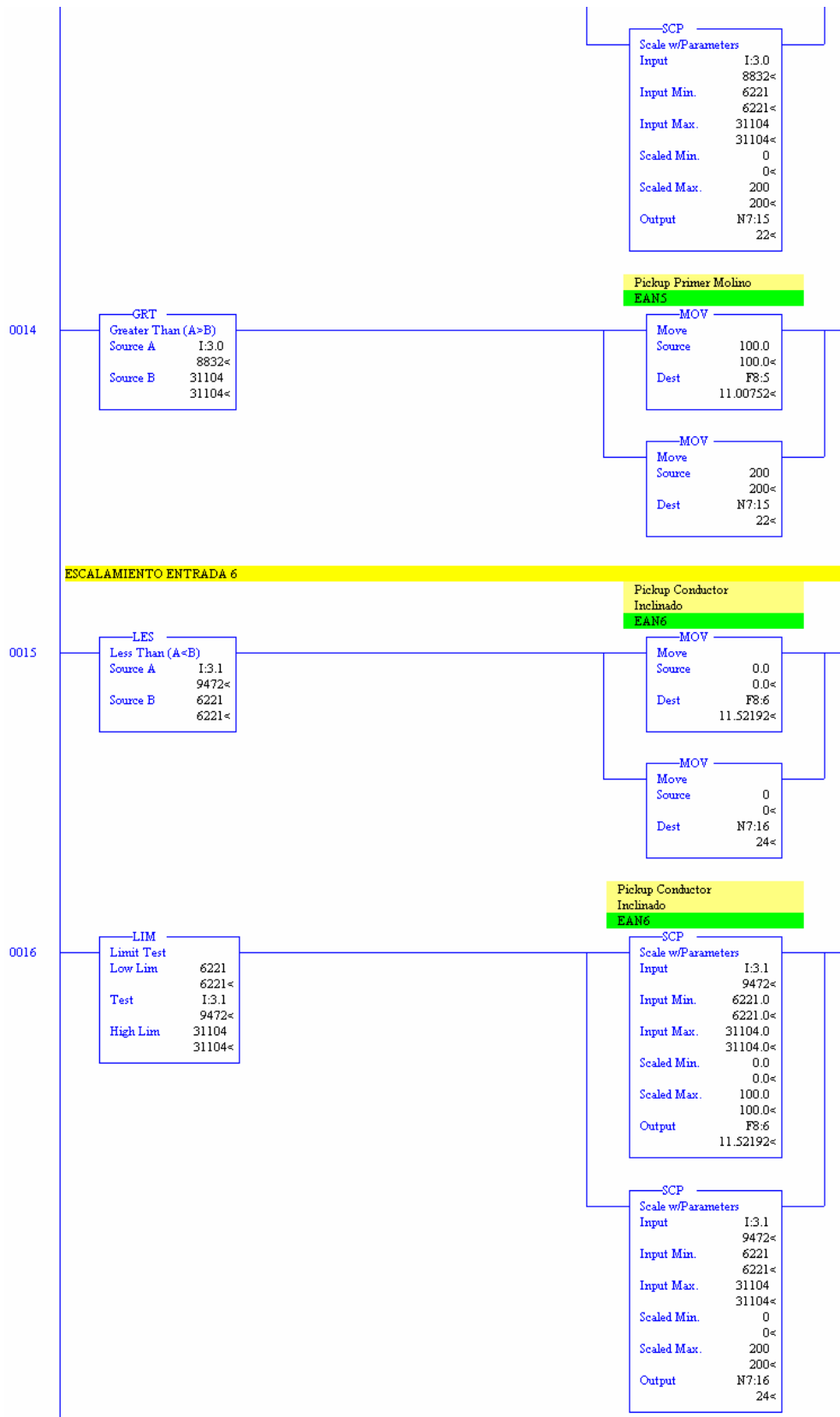
LAD3 – I ANALOG

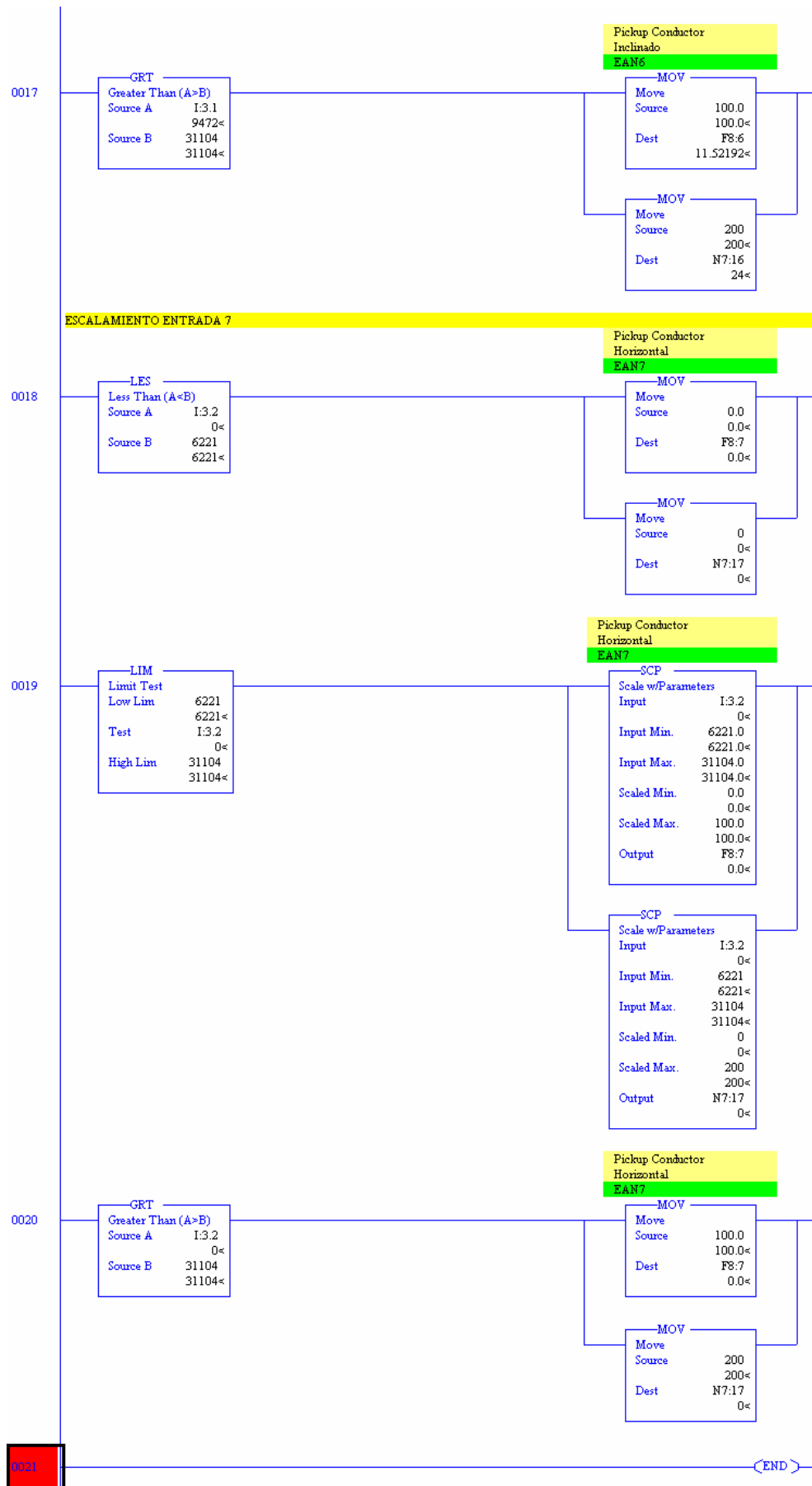




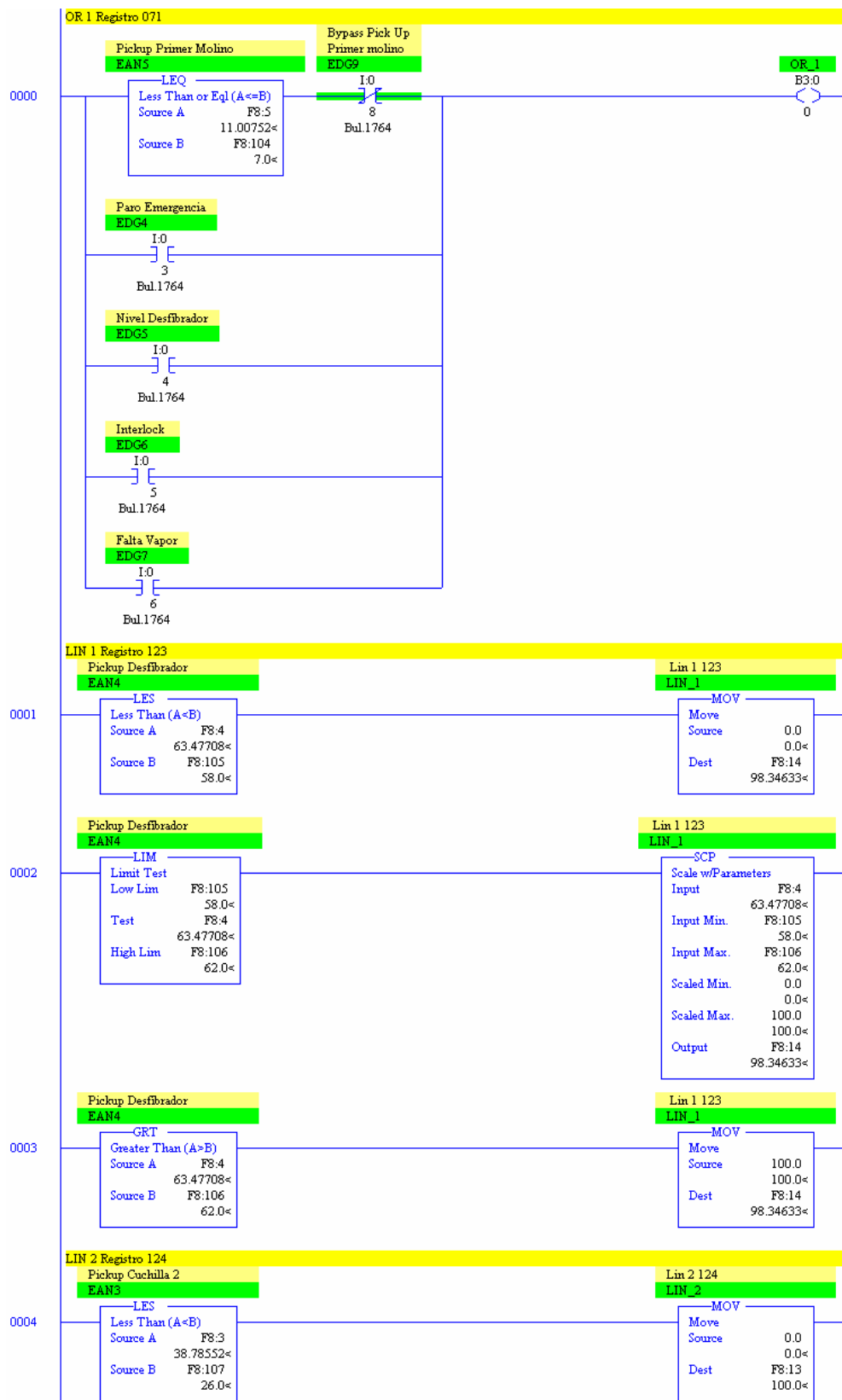


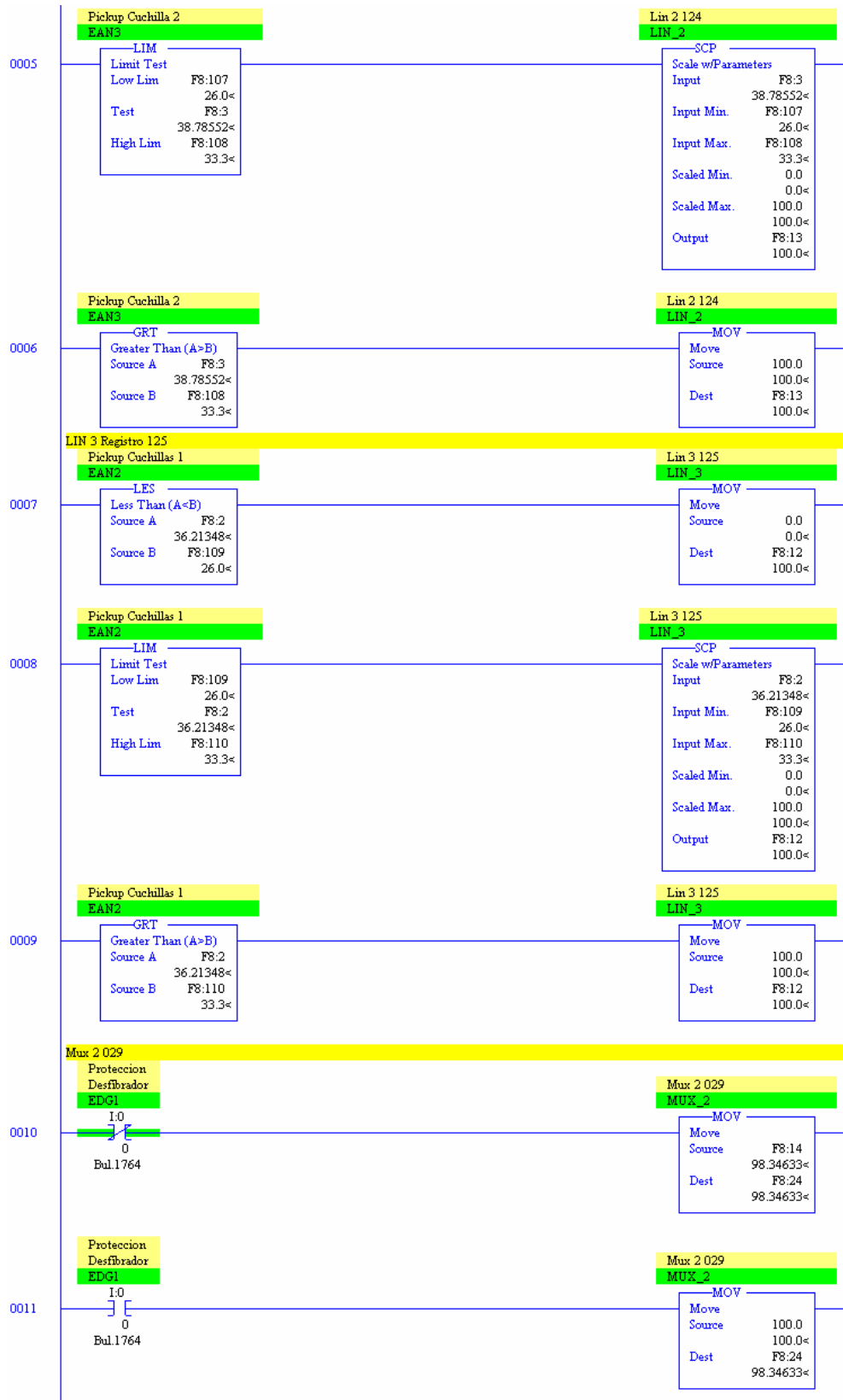


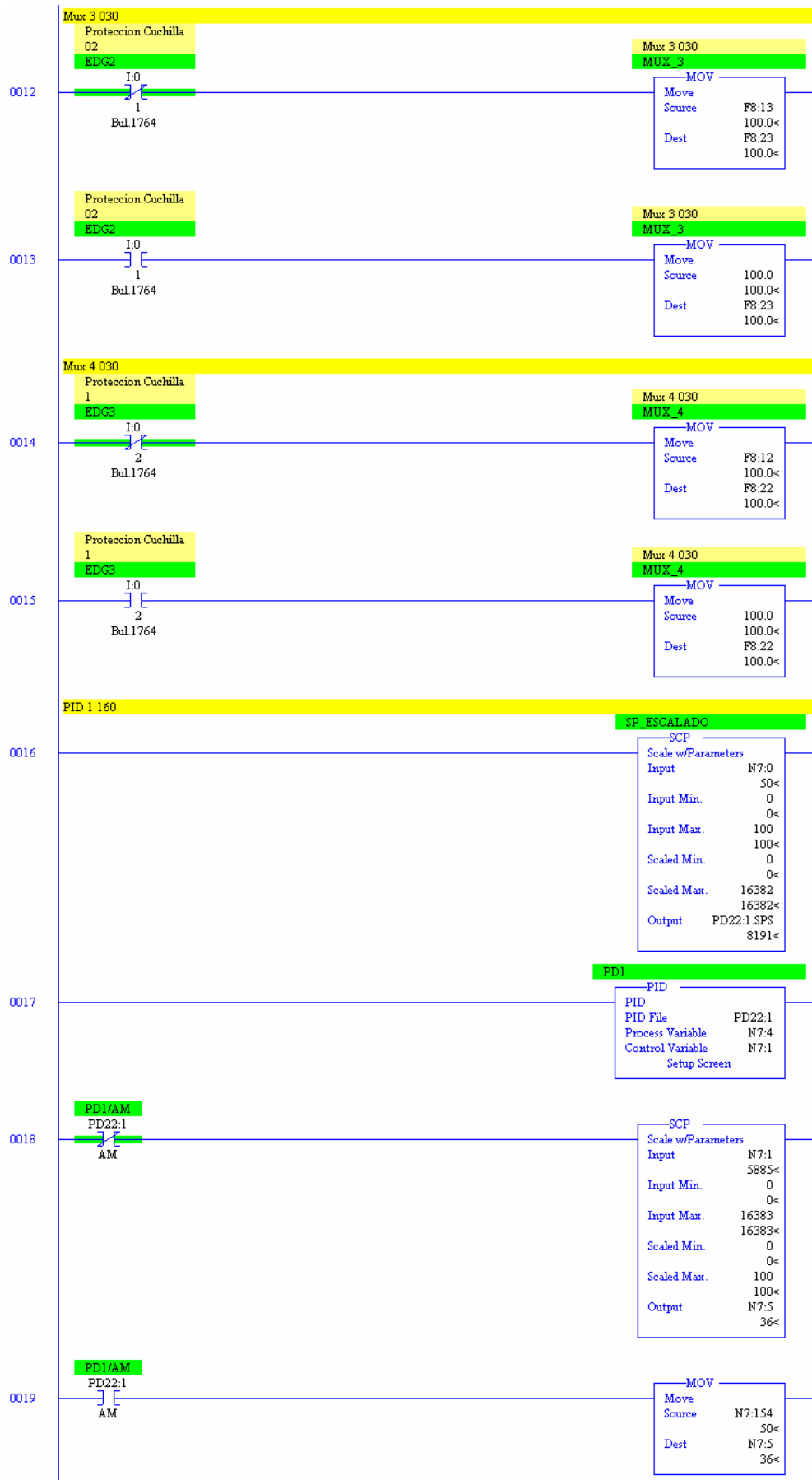


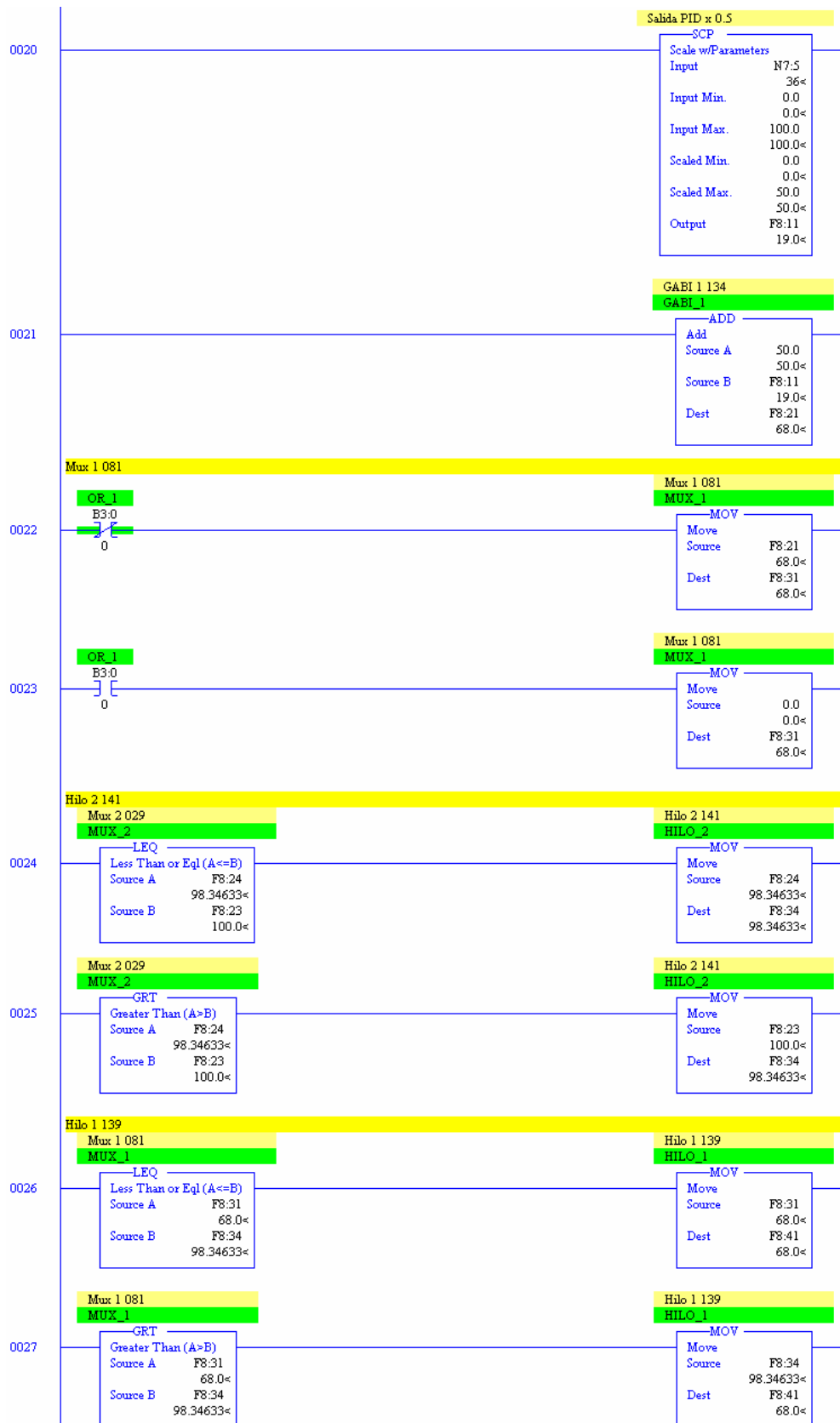


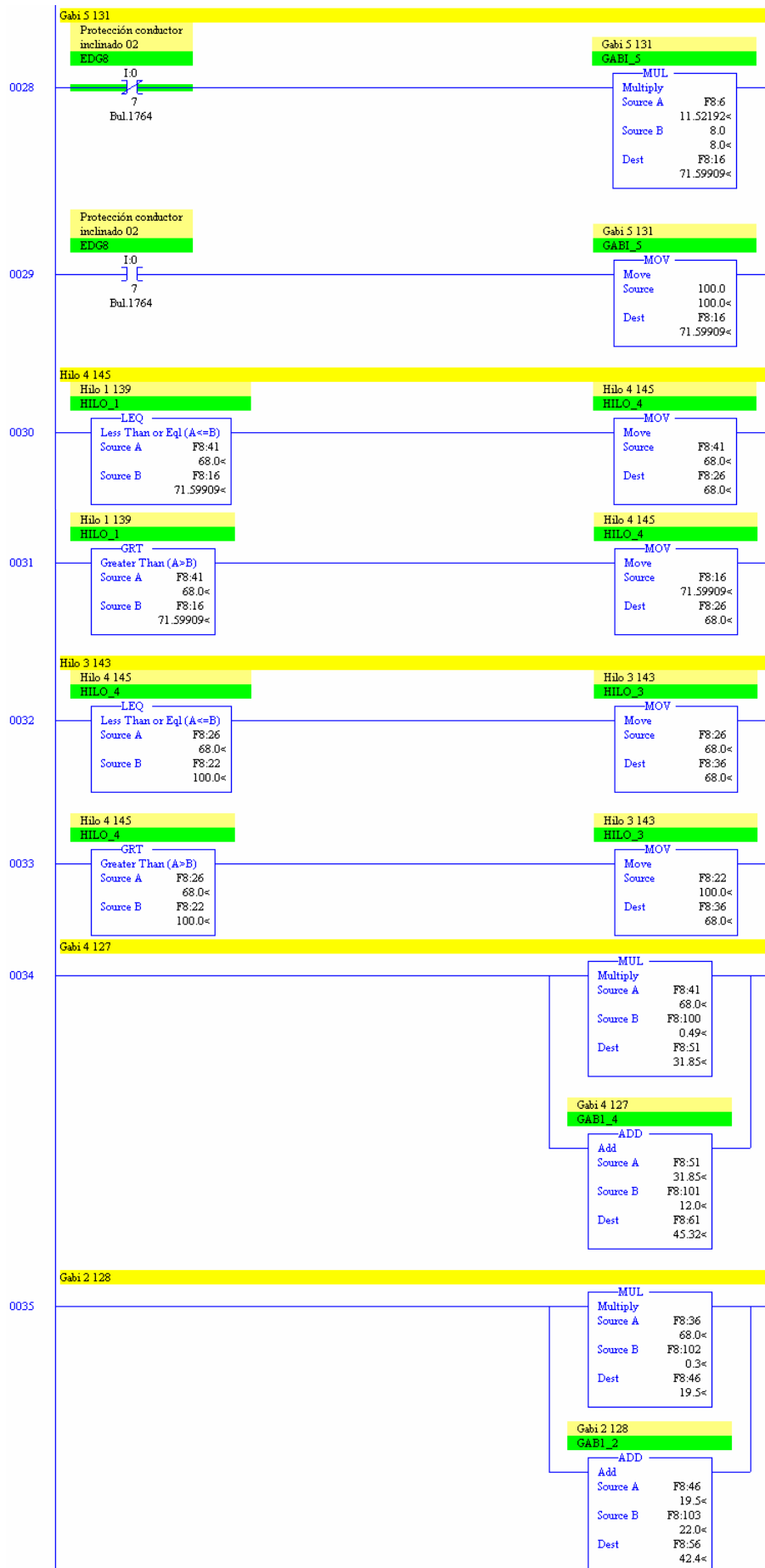
LAD4 – LOGICA



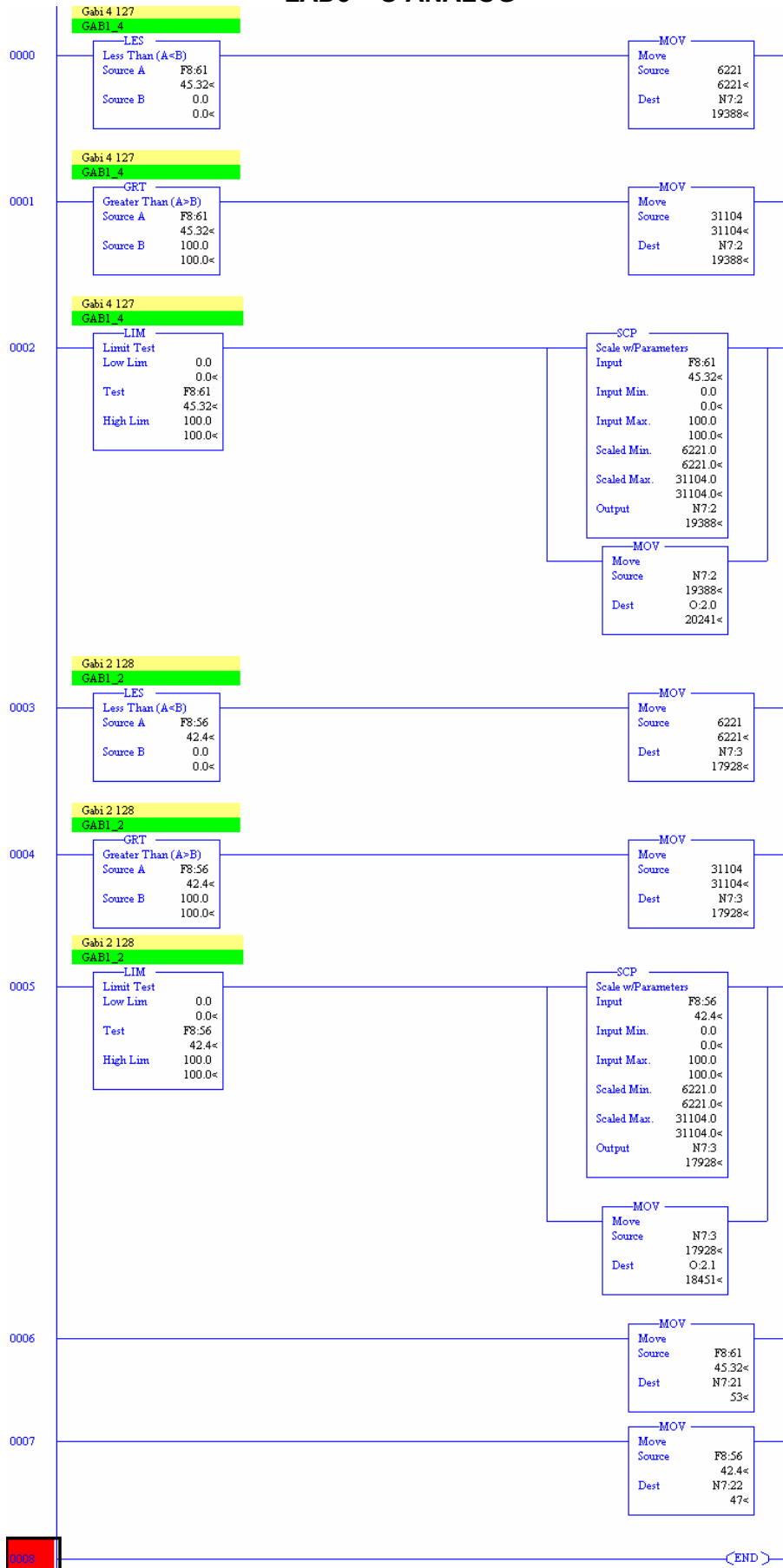




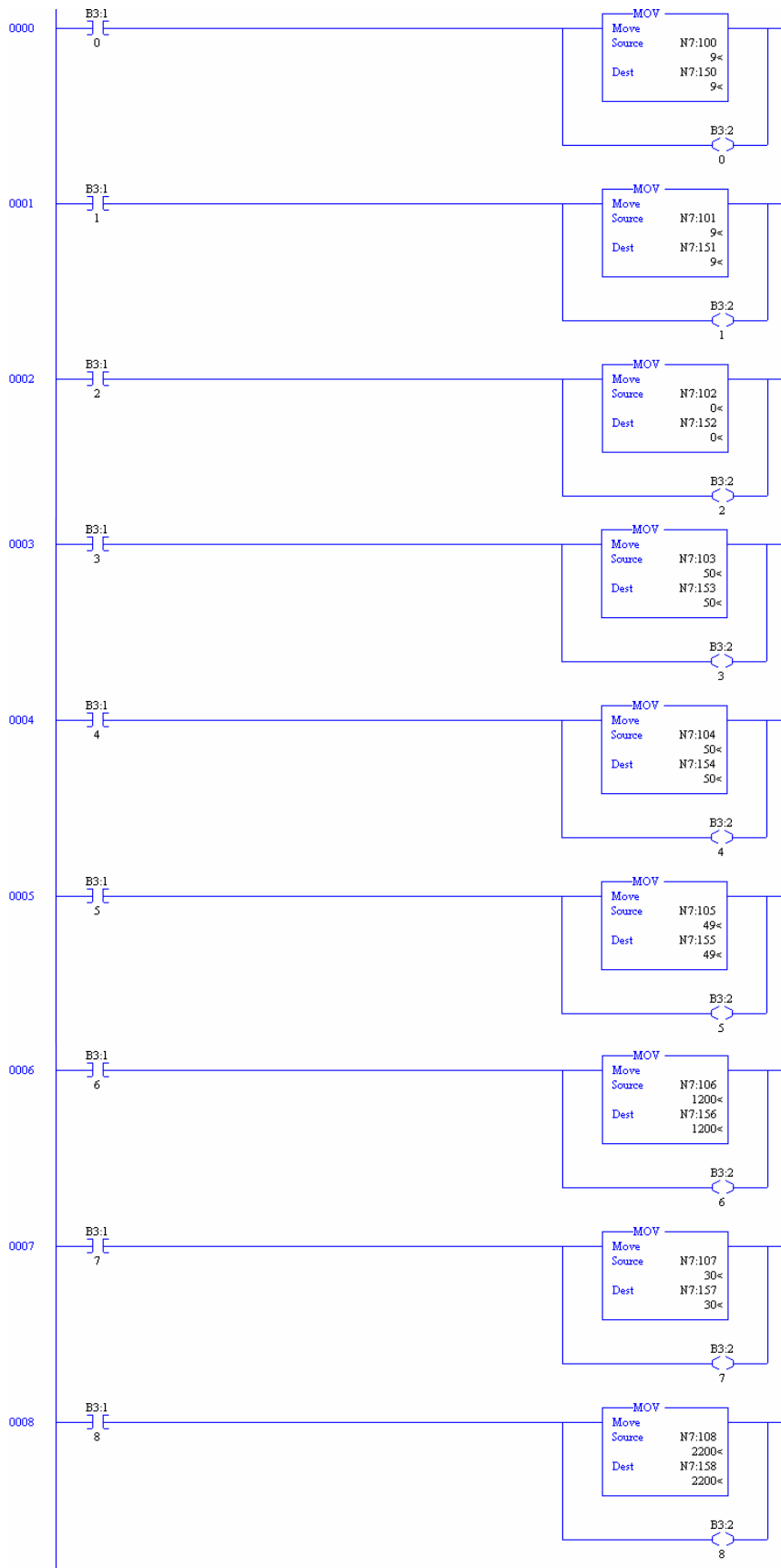


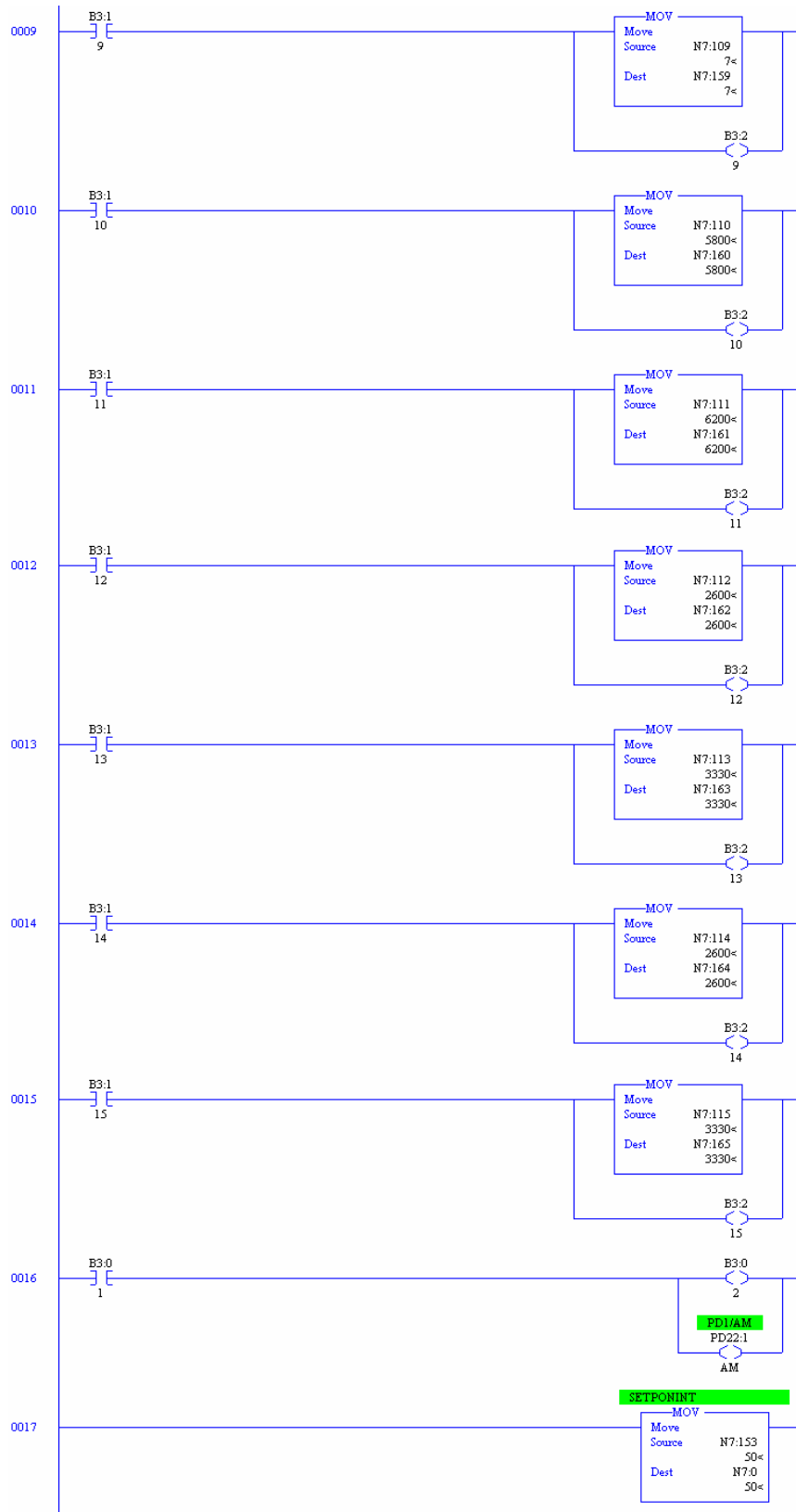


LAD5 – O ANALOG

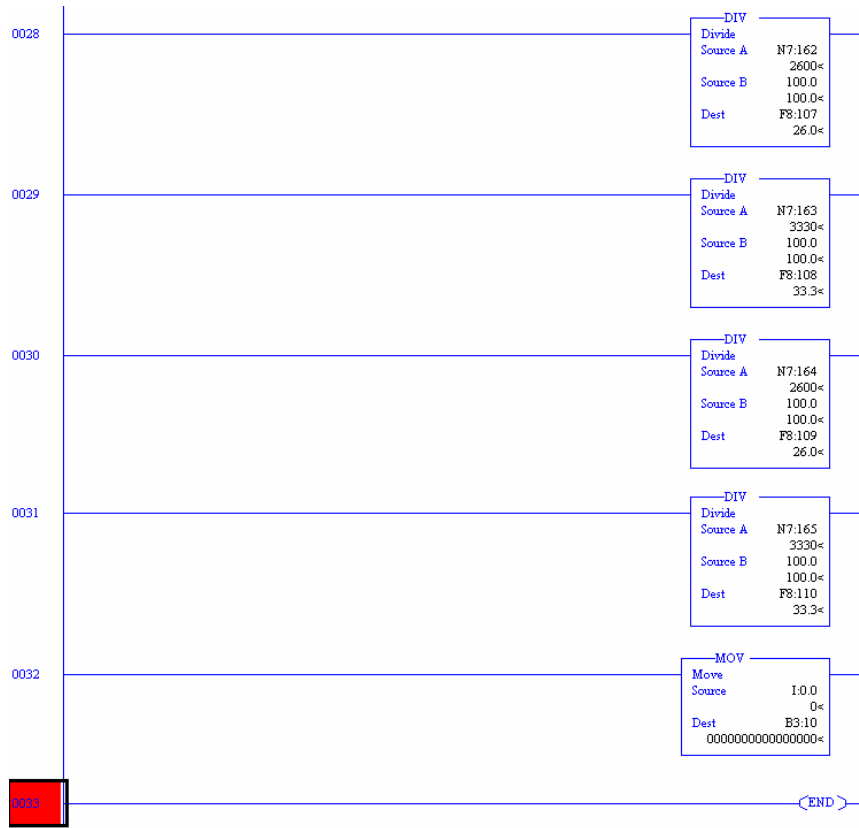


LAD6 – PANELVIEW





0018	<p>PD1.KC</p> <p>MOV</p> <p>Move Source N7:150 Dest PD22:1.KC</p> <p>9< 9<</p>
0019	<p>PD1.Ti</p> <p>MOV</p> <p>Move Source N7:151 Dest PD22:1.Ti</p> <p>9< 9<</p>
0020	<p>PD1.TD</p> <p>MOV</p> <p>Move Source N7:152 Dest PD22:1.TD</p> <p>0< 0<</p>
0021	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:155 Source B 100.0 Dest F8:100</p> <p>49< 100.0< 0.49<</p>
0022	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:156 Source B 100.0 Dest F8:101</p> <p>1200< 100.0< 12.0<</p>
0023	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:157 Source B 100.0 Dest F8:102</p> <p>30< 100.0< 0.3<</p>
0024	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:158 Source B 100.0 Dest F8:103</p> <p>2200< 100.0< 22.0<</p>
0025	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:159 Source B 1.0 Dest F8:104</p> <p>7< 1.0< 7.0<</p>
0026	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:160 Source B 100.0 Dest F8:105</p> <p>5800< 100.0< 58.0<</p>
0027	<p>DIV</p> <p>Divide Source A N7:161 Source B 100.0 Dest F8:106</p> <p>6200< 100.0< 62.0<</p>



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	<i>Juego de cuchillas desarmado</i>	9
Figura 2.2.	<i>Proceso de producción – primera parte</i>	10
Figura 2.3.	<i>Proceso de producción – segunda parte</i>	12
Figura 2.4.	<i>Alimentación de caña hacia el primer molino</i>	13
Figura 2.5.	<i>Scan time de los procesadores</i>	17
Figura 3.1.	<i>Sensor capacitivo de proximidad</i>	21
Figura 3.2.	<i>Convertor de nivel</i>	23
Figura 3.3.	<i>Sensor inductivo de velocidad</i>	25
Figura 3.4.	<i>Convertor de frecuencia</i>	27
Figura 3.5.	<i>Vista en corte de un motor hidráulico</i>	29
Figura 3.6.	<i>Pistón neumático</i>	30
Figura 3.7.	<i>Trasductor de corriente a señal neumática</i>	30
Figura 3.8.	<i>MicroLogix 1500</i>	34
Figura 3.9.	<i>Sistema MicroLogix 1500</i>	35
Figura 3.10.	<i>Orientación de los módulos de expansión</i>	37
Figura 3.11.	<i>Orientación del equipo instalado</i>	38
Figura 4.1.	<i>Diagrama de bloques del control de alimentación de caña</i>	41
Figura 4.2.	<i>Bloque GABI</i>	43
Figura 4.3.	<i>Pantalla general RSLogix 500</i>	47
Figura 4.4.	<i>Pantalla de configuración de E/S</i>	49
Figura 4.5.	<i>Pantalla de definición de la base</i>	50
Figura 4.6.	<i>Archivos de programa</i>	51
Figura 4.7.	<i>Archivos de datos</i>	52
Figura 4.8.	<i>Base de datos de RSLogix 500</i>	53
Figura 4.9.	<i>Conexión serial PLC - Computador</i>	55
Figura 4.10.	<i>Aplicaciones compatibles con RSLinx</i>	56
Figura 4.11.	<i>Pantalla de configuración del driver</i>	57
Figura 4.12.	<i>Pantalla de configuración del dispositivo</i>	57
Figura 4.13.	<i>Instrucción GRT</i>	59
Figura 4.14.	<i>Instrucción LES</i>	59
Figura 4.15.	<i>Instrucción LEQ</i>	60
Figura 4.16.	<i>Instrucción LIM</i>	60
Figura 4.17.	<i>Instrucción ADD</i>	61
Figura 4.18.	<i>Instrucción MUL</i>	61
Figura 4.19.	<i>Instrucción DIV</i>	62
Figura 4.20.	<i>Instrucción TON</i>	62
Figura 4.21.	<i>Instrucción MOV</i>	63
Figura 4.22.	<i>Instrucción SCP</i>	64
Figura 4.23.	<i>Instrucción PID</i>	64
Figura 4.24.	<i>Ejemplo de control de nivel</i>	64
Figura 4.25.	<i>Vista frontal Panel View</i>	69
Figura 4.26.	<i>Vista posterior Panel View</i>	70
Figura 4.27.	<i>Pantalla Menú Principal</i>	72
Figura 4.28.	<i>Pantalla vista general</i>	73
Figura 4.29.	<i>Pantalla vista general 2</i>	73

Figura 4.30.	<i>Pantalla vista general 3</i>	73
Figura 4.31.	<i>Pantalla Alarmas</i>	74
Figura 4.32.	<i>Pantalla PID</i>	75
Figura 4.33.	<i>Pantalla PID configuración</i>	75
Figura 4.34.	<i>Pantalla GABI 2</i>	76
Figura 4.35.	<i>Pantalla GABI 4</i>	76
Figura 4.36.	<i>Pantalla Alarm 1</i>	76
Figura 4.37.	<i>Pantalla Lin 1</i>	77
Figura 4.38.	<i>Pantalla Lin 2</i>	77
Figura 4.39.	<i>Pantalla Lin 3</i>	77
Figura 4.40.	<i>Bandera de alarma</i>	78
Figura 5.1.	<i>Pantalla de configuración de del terminal</i>	80
Figura 5.2.	<i>Puertos de comunicación</i>	80
Figura 5.3.	<i>Ubicación de la base del controlador</i>	87
Figura 5.4.	<i>Esquema del bloque de terminales de la base</i>	87
Figura 5.5.	<i>Montaje del panel de operador</i>	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	<i>Tabla comparativa de motores Hydrostar</i>	28
Tabla 3.2.	<i>Variables del proceso</i>	31
Tabla 3.3.	<i>Bases para el MicroLogix 1500</i>	36
Tabla 4.1.	<i>Bloque Or</i>	45
Tabla 4.2.	<i>Versiones de RSLinx</i>	56
Tabla 4.3.	<i>Definición de parámetros de la instrucción LIM</i>	60
Tabla 4.4.	<i>Objetos del menú principal</i>	72
Tabla 4.5.	<i>Objetos de la pantalla Vista General</i>	73
Tabla 4.6.	<i>Objetos de la pantalla Vista General 2</i>	73
Tabla 4.7.	<i>Objetos de la pantalla Vista General 3</i>	74
Tabla 5.1.	<i>Mensajes de Falla</i>	82
Tabla 5.2.	<i>Atributos de las etiquetas de falla</i>	82
Tabla 5.3.	<i>Atributos de las etiquetas de vista general</i>	82
Tabla 5.4.	<i>Prefijos utilizados</i>	83
Tabla 5.5.	<i>Atributos de las etiquetas de control</i>	83
Tabla 5.6.	<i>Etiquetas de modificación del set point</i>	83
Tabla 5.7.	<i>Etiquetas para la configuración del PID</i>	84
Tabla 5.8.	<i>Etiquetas de ganancia y bias del conductor horizontal</i>	84
Tabla 5.9.	<i>Etiquetas de ganancia y bias del conductor inclinado</i>	84
Tabla 5.10.	<i>Etiquetas para la linealización de las entradas</i>	85
Tabla 5.11.	<i>Etiquetas de configuración de la alarma de velocidad baja</i>	85
Tabla 5.12.	<i>Tipos de cables recomendados</i>	86

GLOSARIO

A

Alcance (span):

Diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del dispositivo de sensamiento.

Automatismo:

Desarrollo de un proceso o funcionamiento de un mecanismo por sí solo.

B

Bagazo:

Es el residuo después de la extracción del jugo de la caña por cualquier medio, molino o presa.

Bias:

Voltaje aplicado a un dispositivo para establecer un nivel de referencia para operación.

C

Cachaza:

Espumas e impurezas que sobrenadan en el jugo de la caña de azúcar.

Chasis:

Estructura que sostiene y aporta rigidez y forma a un objeto portable (PLC, módulos, etc).

Contactor:

Interruptor comandado a distancia que son abiertos o cerrados por un electroimán.

D

DDE:

Dynamic Data Exchange. Intercambio Dinámico de Datos. Conjunto de especificaciones de microsoft para el intercambio de datos y control de flujo entre aplicaciones.

E

Etiquetas (tags):

Nombre de identificación que se da a cada objeto de un programa de computación.

F

Firmware:

Secuencia de comandos básicos, embebidos dentro del hardware.

Generalmente estos comandos están en la memoria ROM

G

Gateway:

Dispositivo que permite el acceso desde una red de ordenadores a otra de características diferentes.

H

HMI:

Interfaz humano máquina, Conexión física y funcional entre el computador y la gente que lo usa.

Handshake:

Primordialmente al protocolo de comienzo de comunicación entre dos máquinas o sistemas; en un sentido más amplio, se refiere a la respuesta que entrega una máquina a una petición realizada por otra

J

Jugo Absoluto:

Son todas las materias disueltas en la caña, más el agua total de la caña.

Jugo Residual:

Es la fracción de jugo que no ha podido ser extraída y que queda en el bagazo.

L

LED:

Light Emitting Diode, diodo emisor de luz. Un dispositivo luminoso de pequeño tamaño utilizado en electrónica

M

Melaza:

Líquido más o menos viscoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda como residuo de la fabricación del azúcar de caña o remolacha.

Meladura:

Jarabe previo para hacer el azúcar.

N

Nodo:

Por definición punto donde convergen más de dos líneas. Terminal o estación de trabajo en una red de computación.

R

Romana:

Instrumento que sirve para pesar, compuesto de una palanca de brazos muy desiguales, con el fiel sobre el punto de apoyo.

RS232 (puerto serial):

Es una conexión serie normalizada, muy frecuente en ordenadores personales. Existen dos conectores

normalizados, de 9 pins (DB9) y de 25 pins (DB25).

S

Sacarosa:

Azúcar.

Sensor:

Dispositivo sensible que utiliza un fenómeno físico o químico dependiente de la naturaleza y el valor de la magnitud físico química a medir, lo cual permite la transducción del estímulo a una señal utilizada directa o indirectamente como medida.

Scan Time:

El tiempo total que un PLC emplea para ejecutar completamente una vez el programa, incluyendo una actualización de E/S (entradas y salidas).

T

Tándem:

Conjunto de dos elementos que se complementan. En un ingenio

azucarero, dicese de la parte del proceso donde se realiza la molienda de caña desde la alimentación de ésta hasta su paso por el último molino.

Terminal:

Cualquier dispositivo con capacidad de enviar y recibir datos en un canal de comunicaciones.

Transductor:

Dispositivo que convierte algún tipo de energía en una señal eléctrica.

Z

Zafra:

Término que se utiliza generalmente para referirse a todo el ciclo de cosecha hasta la fabricación. Desde el punto de vista agrícola, la zafra es la actividad correspondiente al corte de la caña, el cual se divide en tres operaciones: corte en la parte inferior, corte en la parte superior a nivel del ápice y el deshoje.

Sangolquí, _____

Elaborado por:

Andrés Mauricio Robalino Rubio

Mayo. Ing. Luis Recalde Herrera
Decano de la Facultad de
Ingeniería Electrónica

Ab. Jorge Carvajal R.
Secretario de la Facultad de
Ingeniería Electrónica