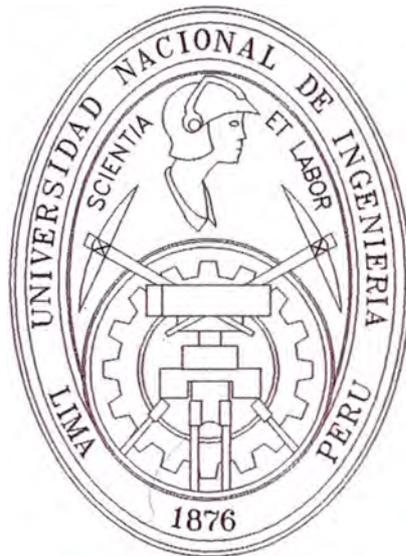


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL
NUEVO PROGRAMA DE
AUTOMATIZACION PARA UNA
MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE
MARMOL**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRONICO**

**ANGEL GALVEZ SALDAÑA
PROMOCION 2005-II**

**LIMA – PERU
2010**

Dedicado a mis padres Marcelo Gálvez Aguado y Luzmila Saldaña Lázaro por su apoyo permanente durante la etapa de mi formación profesional.

CONTENIDO

PROLOGO

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1	ANTECEDENTES	Pág. 4
1.2	DESARROLLO DE IDEAS	Pág. 6
1.3	JUSTIFICACION	Pág. 7
1.4	OBJETIVOS	Pág. 8
1.5	LIMITACIONES	Pág. 8

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES.

2.1	TERMINOLOGIA	Pág. 9
2.1.1	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	Pág. 9
2.1.2	COCHE	Pág.10
2.1.3	BASTIDOR	Pág.11
2.1.4	PUENTE	Pág.13
2.1.5	POLIN DE RECOJO DEL MATERIAL	Pág.14
2.1.6	TABLERO ELECTRICO	Pág.15
2.1.7	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)	Pág.16
2.1.8	VARIADORES DE VELOCIDAD	Pág.34
2.1.9	SENSORES	Pág.56
2.1.10	PRESELECTOR MULTIFUNCIONAL	Pág.61
2.1.11	CONVERTIDOR DE CORRIENTE	Pág.70
2.1.12	SOFTWARE DEL PROCESADOR DEL PLC TWIDO	Pág.73
2.1.13	SISTEMA DE MEDIDA INCREMENTAL MAGNETICO	Pág.74
2.1.14	TEMPORIZADOR	Pág.80
2.1.15	VOLTIMETRO AMPERIMETRO DIGITAL	Pág.82
2.1.16	RELE TERMICO DE SOBRECARGA	Pág.85
2.1.17	CONTACTORES	Pág.88
2.1.18	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	Pág.90
2.1.19	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	Pág.94
2.1.20	INDICADOR DE VELOCIDAD	Pág.95
2.2	FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA	Pág.96
2.2.1	ACTIVACION DE LOS MOTORES	Pág.96
2.2.2	CICLO MANUAL DE LA MAQUINA	Pág.96

2.2.3	CICLO AUTOMATICO ORIGINAL DE LA MAQUINA	Pág.101
2.3	ESQUEMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC ORIGINAL CROUZET	Pág.106
2.4	DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO ORIGINAL DE LA MAQUINA	Pág.110

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	Pág.118
-----	--------------------------	---------

CAPITULO IV

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION Y EVALUACION DE COSTOS DERIVADOS DEL PROYECTO.

4.1	DESCRIPCION DE LA SOLUCION	Pág.124
4.2	CARACTERISTICOS DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS A INSTALAR	Pág.125
4.3	EVALUACION DE COSTOS DERIVADOS DEL PROYECTO	Pág.126
4.3.1	SECUENCIA DE TRAMOS A CONSIDERAR	Pág.126
4.3.2	INDICADORES DE PRODUCCION ANTERIOR AL PROYECTO	Pág.129
4.3.3	INDICADORES DE PRODUCCION ACTUAL	Pág.130
4.3.4	COMPARACION ENTRE ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO	Pág.131
4.4	ESQUEMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC NUEVO TWIDO	Pág.134
4.5	DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO MODIFICADO DE LA MAQUINA	Pág.139
4.6	DESCRIPCION EN LENGUAJE LADDER DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION, USANDO PROGRAMACION TWIDOSOFT	Pág.146

CAPITULO V

	CONCLUSIONES	Pág.151
--	---------------------	----------------

CAPITULO VI

	RECOMENDACIONES	Pág.153
--	------------------------	----------------

BIBLIOGRAFIA

A.1 FUENTES DE INFORMACION BIBLIOGRAFICA	Pág.154
--	---------

APENDICE

B.1 GLOSARIO DE PALABRAS COMUNES	Pág.157
B.2 RELACION DE TABLAS, FORMULAS Y FIGURAS	Pág.160
B.3 PLANOS ELECTRICOS ORIGINAL DE LA MAQUINA	Pág.168
B.4 PLANOS ELECTRICOS MODIFICADO DE LA MAQUINA	Pag.169
B.5 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA MAQUINA	Pág.170

PROLOGO

Durante mi desempeño profesional en una empresa de minería no metálica especializado en la producción vertical de mármol y travertino, he logrado adquirir experiencia en la ejecución de la automatización de diversas maquinarias. Además, ejecuté alternativas de mejora en los procesos productivos de las máquinas, mediante el uso y la modificación de los componentes eléctricos y electrónicos involucrados en su funcionamiento.

El Informe de Suficiencia desarrollado, es el resultado de la experiencia adquirida y trata sobre el diseño e implementación del nuevo programa de automatización para la Máquina Cortadora de Bloques de Mármol.

Es importante para la empresa, el incremento de la productividad de las máquinas. En vista de ello se empezó a evaluar los procesos de funcionamiento de las máquinas existentes de la planta, en todos los niveles. La Máquina Cortadora de Bloques, es una máquina que fue instalada recientemente en la empresa. Dicha máquina tenía originalmente un simple programa de automatización de corte de material, que se caracterizaba por la permanente necesidad de modificar la velocidad de avance del

Bastidor, por parte del operario. Se evaluó la posibilidad de realizar un proyecto de modificación del programa de automatización de la máquina, con el fin de aumentar la productividad y facilitar el trabajo al personal operario. Por acuerdo de la Gerencia de Operaciones de la empresa, se acordó concretar el proyecto.

La estructura general del presente informe consta de nueve capítulos.

Capítulo I: Se presenta una descripción de los procesos fundamentales involucrados en la elaboración de las baldosas y planchas de mármol, especificando resumidamente las máquinas involucradas en cada una de ellas, y su función correspondiente en cada proceso. También se incluye el desarrollo de ideas, el diagrama causa efecto, la justificación, el objetivo del proyecto y las limitaciones.

Capítulo II: Contiene lo relacionado con la descripción de los componentes eléctricos y electrónicos que contiene la Máquina Cortadora de Bloques. Se describe brevemente a algunos componentes mecánicos. Además se incluye una descripción del funcionamiento del programa original de automatización de la máquina.

Capítulo III: En este capítulo, se explica el planteamiento del problema, con mayor detalle.

Capítulo IV: En este capítulo, se desarrolla la propuesta del nuevo programa de automatización de la máquina; detallando los equipos requeridos, y los resultados económicos derivados del desarrollo del proyecto.

Capítulo V: En este capítulo se explica las conclusiones referidos al Informe de Suficiencia.

Capítulo VI: Se especifica las recomendaciones correspondientes al proyecto.

Capítulo VII: Se incluye la información bibliográfica utilizada en la elaboración del informe.

Capítulo VIII: Se adjunta dos conjuntos de planos eléctricos/electrónicos original y modificado.

Capítulo IX: Se incluye los manuales de operación de los componentes eléctricos, electrónicos y del programa de software utilizados en el proyecto.

A través del presente informe, espero contribuir con un aporte modesto y útil para la difusión de las ventajas de la automatización industrial en las actividades productivas. Por último, deseo agradecer a los destacados Docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería que han contribuido en mi formación profesional, a quienes les agradezco profundamente.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La elaboración de baldosas de mármol travertino comprende un conjunto de procesos necesarios para transformar los bloques obtenidos de la cantera, en planchas o en baldosas que tengan la forma, la medida y el acabado deseado por el cliente.

El mármol travertino ingresa a la fabrica como materia prima en forma de bloques, que tienen la forma de un paralelepípedo promedio, con peso de 15 a 30 toneladas, iniciándose la elaboración en función de los materiales a tratar : tamaño del bloque, dureza, color, fragilidad y las dimensiones finales que se requiere dar al producto final.

La empresa donde se realizó el proyecto está dedicada mayormente a la elaboración de baldosas cuadradas de medidas comerciales (p.e.: 30 x 30 cm, 45 x 45 cm, 60 x 60 cm, etc.). Para la fabricación de baldosas se realiza el

siguiente proceso:

- Extracción de bloques en cantera y posterior traslado a planta.
- Descarga de bloques en almacén, usando una grúa de 32 TN.
- Corte del bloque en la Máquina Cortadora de Bloques, obteniendo las denominadas planchas.
- Doblado de las planchas previamente cortado; es decir haciendo un corte longitudinal y dividiendo en dos el espesor original, conservando el mismo ancho y largo, resultando en tiras de medidas similares a la de Cortadora de Bloques, pero con la mitad del espesor, estas son conocidas como filañas. Este proceso se realiza con una máquina denominada Dobladora.
- Las filañas resultantes son calibradas y pulidas con la finalidad de que todas las piezas a tratar sean del mismo espesor (normalmente 9.5 mm), esto se realiza en una máquina llamada Calibradora Pulidora.
- Las piezas resultantes pasan por otra pulidora para el acabado de la superficie final, a continuación pasa por una Cortadora Múltiple (para obtener baldosas de medidas requeridas por el cliente).
- Y finalmente se realiza una selección de material lo que determinará la calidad del producto terminado.

1.2 DESARROLLO DE IDEAS

1.2.1 IDEAS PRINCIPALES:

- Los discos de corte no están en buenas condiciones.....A
- Material del bloque es duro o extraduro.....B
- Ausencia de un plan de Mantenimiento eficaz.....C
- Material del bloque en malas condiciones.....D
- No se puede acceder al programa de automatización de la máquina,
para realizar mejoras.....E
- Personal operario realizando el manipuleo del potenciómetro infinidad
de veces, provocando cansancio.....F
- La máquina esta originalmente diseñada para trabajar con el programa
básico de automatización.....G
- Falta de repuestos necesarios.....H
- Personal operario no está debidamente capacitado y motivado.....I
- Existencia de tiempos muertos en el funcionamiento de la
máquina.....J

1.2.2 DIAGRAMA CAUSA EFECTO

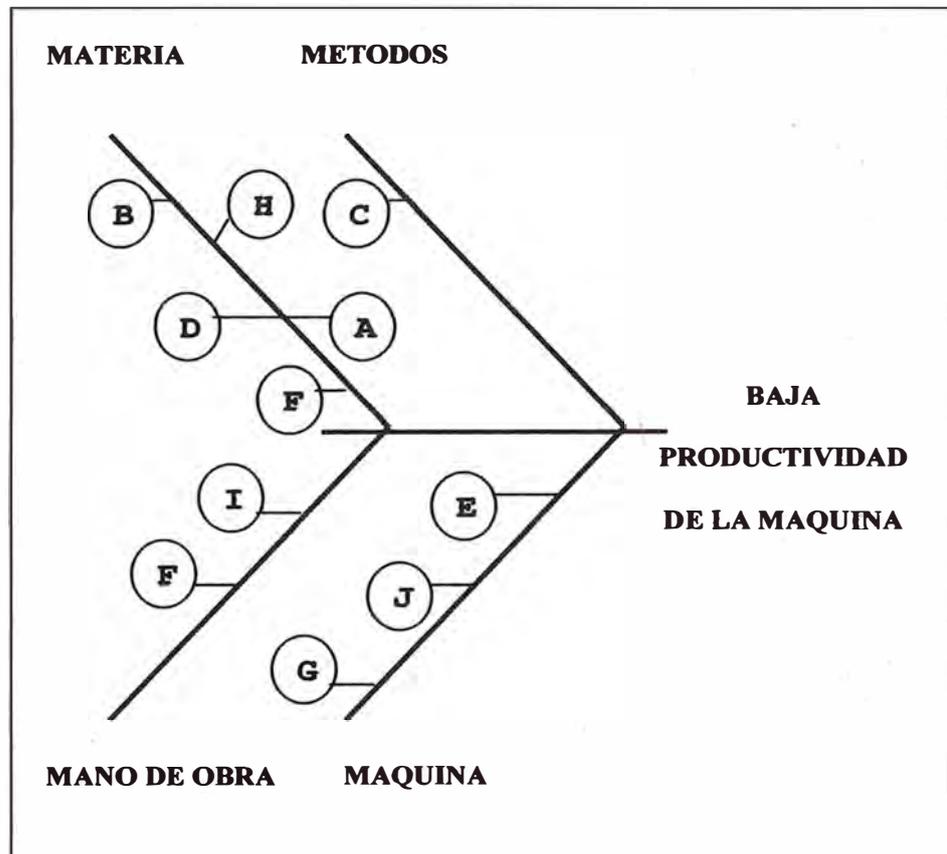


Figura 1: Diagrama Causa Efecto

1.3 JUSTIFICACION

El presente trabajo se justifica por los siguientes motivos:

- Necesidad de aumentar la productividad de la máquina.
- Mejorar el programa de automatización de la máquina.
- Necesidad de aumentar la velocidad de avance del Bastidor, al final de corte de material en forma automática.
- Deseo de dar un valor prudente a la velocidad de avance del Bastidor al comenzar el ciclo automático.

- Deseo de tener un plan de contingencia, si en caso ocurriese algún problema en el programa del PLC.
- Necesidad de facilitar el trabajo al personal operario.
- Necesidad de disminuir los tiempos muertos de la máquina.
- Necesidad de mejorar los indicadores de producción.

1.4 OBJETIVO

- Diseñar e implementar un nuevo programa de automatización de la Máquina Cortadora de Bloques.

1.5 LIMITACIONES

- Se utiliza la infraestructura mecánica y eléctrica existente para el proyecto.
- Los periodos de ejecución y de prueba se realiza durante una parada programada, para no interferir con la producción diaria de la máquina.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA MÁQUINA CORTADORA DE BLOQUES.

2.1 TERMINOLOGIA

2.1.1 MÁQUINA CORTADORA DE BLOQUES.

Es una máquina diseñada para transformar bloques de mármol en planchas de espesor y altura deseada. Consta de los siguientes conjuntos:

- Coche.
- Bastidor.
- Puente.
- Polín.

Para un cabal entendimiento del Informe de Suficiencia, se requiere también definir la terminología de los componentes eléctricos, electrónicos y de software involucrados en el proyecto, tales como.

tablero eléctrico, PLC, variadores de velocidad, convertidor de corriente, sensores, preselector multifuncional, contactores, indicador de velocidad, software del procesador, Sistema de Medida Incremental Magnética, temporizador, voltímetro-amperímetro digital, relé térmico, y transformador de corriente.



Figura 2: Máquina Cortadora de Bloques

2.1.2 COCHE.

Es una plataforma móvil que se mueve debido al movimiento del tornillo sin fin, siendo éste último accionado por un motorreductor.

El Coche es soportado por 8 cojinetes de rodillo esféricos (cuatro para cada lado) que se deslizan sobre dos rieles (una para cada lado). El

motor del Coche tiene las siguientes características:

Datos: motor del Coche	
Potencia (Kw.)	2.2
Corriente Nominal (A)	4.5
Voltaje Nominal (Vac)	380

Tabla 1: Datos del motor del Coche

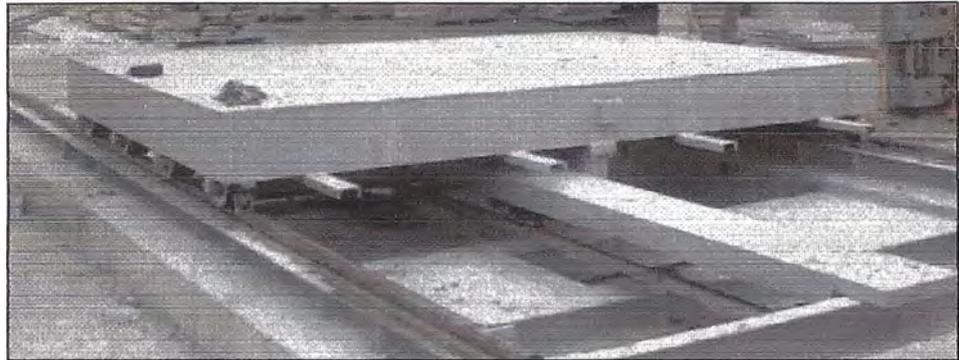


Figura 3: Coche

2.1.3 **BASTIDOR.**

Se entiende como Bastidor a la estructura mecánica compuesta del disco vertical y el disco horizontal. El motor acoplado directamente al disco horizontal, se le llama motor del Disco Horizontal, y el otro motor acoplado por medio de poleas y faja al disco vertical, se le llama motor del Disco Vertical. El motor que ejecuta el movimiento de Avance y Retroceso del Bastidor, se le llama motor de Avance/Retroceso, y está ubicada al interior de la estructura del Puente. Los motores descritos tienen las siguientes características:

Datos: motor del Disco Horizontal	
Potencia (Kw.)	30
Corriente Nominal (A)	57
Voltaje Nominal (Vac)	380
Datos: motor del Disco Vertical	
Potencia (Kw.)	132
Corriente Nominal (A)	200
Voltaje Nominal (Vac)	380
Datos: motor de Avance /Retroceso	
Potencia (Kw)	2.2
Corriente Nominal (A)	4.5
Voltaje Nominal (Vac)	380

Tabla 2: Datos de los motores del Bastidor



Figura 4: Motor de Avance/ Retroceso



Figura 5: Interior del Puente

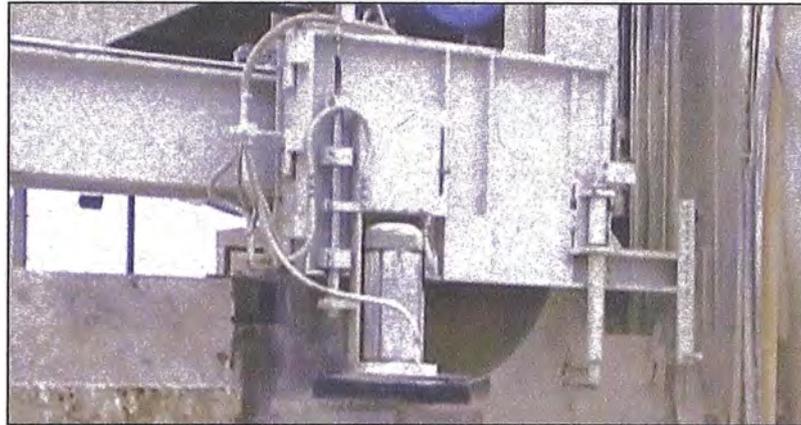


Figura 6: Bastidor

2.1.4 PUENTE.

Se entiende como Puente a la estructura mecánica que soporta al Bastidor. El movimiento del Puente es realizado por el motor de Subida/Bajada, este último transmite movimiento a una tuerca lateral, mediante mecanismos. Dicha tuerca se mueve sobre los tornillos sinfín ubicado en los costados laterales de la máquina. El motor del Puente tiene las siguientes características:

Datos: motor del Puente	
Potencia (Kw.)	2.2
Corriente Nominal (A)	4.5
Voltaje Nominal (Vac)	380

Tabla 3: Datos del motor del Puente.



Figura 7: Puento



Figura 8: Motor del Puento

2.1.5 POLÍN DE RECOJO DEL MATERIAL.

Se entiende como Polín de Recojo del Material a la estructura mecánica que aloja a la plancha cortada al finalizar el ciclo de corte. El Polín es montado y movilizado sobre una cadena deslizante, y a su vez éste es accionado por un piñón. El piñón es activado por un motoreductor.

Datos: motor del Polín	
Potencia (Kw.)	2.2
Corriente Nominal (A)	4.5
Voltaje Nominal (Vac)	380

Tabla 4: Datos del motor del Polín



Figura 8: Motor del Polín



Figura 9: Polín de Recojo de Material

2.1.6 TABLERO ELECTRICO.

Un tablero eléctrico de automatización está constituido por equipos electromagnéticos, tales como relés auxiliares, contadores electrónicos, temporizadores electrónicos, contactores, PLC's, etc. Su función es albergar diferentes dispositivos eléctricos, electrónicos, etc. que gobiernen la lógica y energicen cargas, tales como motores, generadores, máquinas de procesos, etc. en fin todo aquello que necesite la industria para controlar el funcionamiento de las máquinas.



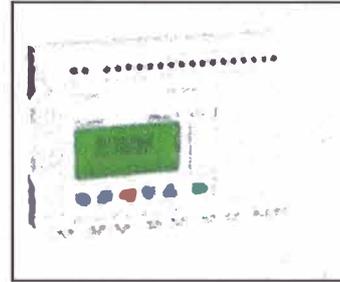
Figura 10: Tablero Eléctrico

2.1.7 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC).

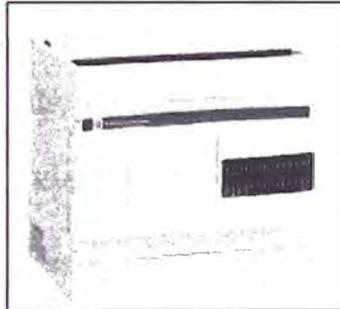
La Máquina Cortadora de Bloques, originalmente trabajaba con el PLC Crouzet XT20 y XD26. El proyecto implica el cambio de los dispositivos descritos por los del fabricante Telemecanique. En este caso, utilizaremos el PLC Twido modelo TWDLCAA24DRF, el módulo de ampliación analógico TWDAMM3HT y el módulo de ampliación digital TWDMM24DRF. A continuación se describirá las características técnicas del PLC, el software de procesador, el software del usuario y los módulos de entrada y salida.



**Figura 11 :
PLC Crouzet XT20**



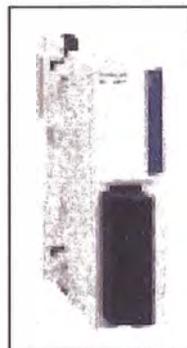
**Figura 12 :
PLC Crouzet XD26**



**Figura 13: PLC Twido
TWDLCAA24DRF**



**Figura 14: Módulo
TWDDMM24DRF**



**Figura 15: Módulo
TWDAMM3HT**

El PLC se define como un equipo electrónico, inteligente basado en microprocesadores, que consta de unidades o módulos que cumplen

funciones específicas, tales como, la Unidad Central de Procesamiento (CPU), que se encarga de casi todo el sistema de control. Módulos, que permiten recibir información de todos los sensores y comandar todos los actuadores del sistema, siendo además posible agregarle otros módulos inteligentes para funciones de reprocesamiento y comunicación.

El PLC es utilizado para automatizar sistemas eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos de control discreto y analógico. Las múltiples funciones que pueden asumir estos equipos en el control, se debe a la diversidad de operaciones de las que dispone para realizar los problemas lógicos, sin la necesidad de contar con equipos adicionales. Los PLC son usados para control secuencial principalmente, aunque actualmente realizan también control continuo en algunas aplicaciones.

Son muchas las ventajas que resaltan, a simple vista, la utilización de los PLCs en lugar de los tableros eléctricos de control para automatizar sistemas caracterizados por secuencia de trabajo programadas, desde aplicaciones básicas hasta muy complejas. Actualmente su uso es tan difundido que ya no se requiere mucho análisis para decidir que técnica emplear para este tipo de aplicaciones: si la lógica cableada en base a relés o la lógica programada en base al PLC. Sin embargo, podemos enumerar las

ventajas como son: menor costo, menor espacio, confiabilidad, versatilidad, mantenimiento mínimo, fácil instalación, conectividad con dispositivos sensores y actuadores, detección de fallas, fácil programación, menor consumo de energía y integración en redes industriales.

Las ventajas del PLC son las siguientes:

- Es programable por el usuario.
- Contiene funciones preprogramadas.
- Hace un barrido (scan) de sus entradas y salidas de una manera determinística, lo cual permite determinar precisamente como la máquina o el proceso responderá al programa.
- Provee chequeo y diagnóstico del error.
- Puede ser monitoreado. Un PLC provee alguna forma de capacidad de monitoreo, mediante la indicación por medio de luces indicadoras que muestran el estado de las entradas y salidas o por medio de un dispositivo externo para displayar el estado del programa en ejecución.
- Esta empaquetado adecuadamente.

Un Controlador Lógico Programable se compone en términos generales como se describe a continuación:

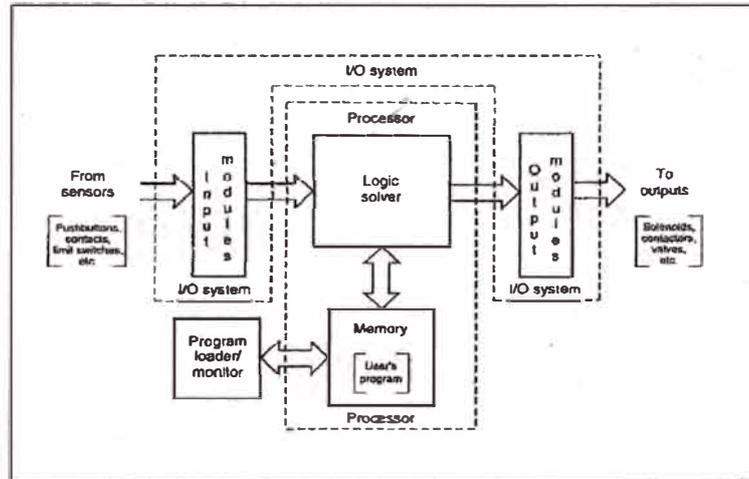


Figura 16: Diagrama de bloques en un PLC

2.1.7.1 Sección del Procesador.

Es el dispositivo que lee las entradas y entrega salidas basadas en un programa determinado. Esta sección de un PLC se compone de cuatro elementos principales, la fuente de alimentación, la memoria, la unidad central de procesamiento (CPU) y la interfaz de entradas/salidas.

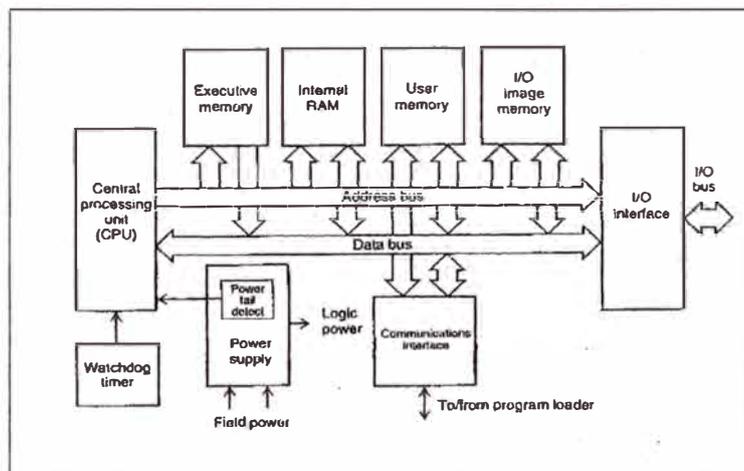


Figura 17: Diagrama de la Sección del Procesador

cualquier modificación de estado en una entrada, modifica casi instantáneamente el estado de una señal de salida.

2.1.7.2 Software del Procesador.

El hardware del PLC no difiere grandemente con respecto a la mayoría de los computadores. Lo que hace especial es el software. El software ejecutivo es el programa interno que provee el fabricante para la ejecución del programa del usuario. Este determina que funciones están disponibles para el programa del usuario, como el programa es resuelto, como se atienden a las entradas y salidas y que hace el PLC durante una ausencia o retorno de energía eléctrica o ante condiciones de fallas.

La forma como un PLC realiza diagnósticos y lo que hace durante las fallas difiere según el fabricante; el ignorar este aspecto puede resultar en un sistema inseguro. Algunos PLCs son capaces de ejecutar múltiples tareas con un solo procesador. Estas multitareas pueden tomar diferentes formas y dependen del tipo de procesador y sistemas empleados en el equipo.

2.1.7.3 Software del Usuario.

Este es el software que el ingeniero de automatización escribe y guarda en la memoria para realizar un control sobre una máquina o proceso. Este software puede contener tanto los datos de

configuración y los programas basados en cierto lenguaje.

- **Configuración:** El proceso de configuración típicamente consiste en asignar puntos I/O a determinados racks, indicando al procesador cuanta memoria, entradas y salidas tiene, asignar una memoria específica para tareas, determinar fallas fatales versus no fatales y asignar otros aspectos interactivamente con un programador. No todos los PLCs requieren ser configurados, pero el poder configurar el procesador puede mejorar la eficiencia del PLC.
- **Lenguajes de programación:** Conjuntamente con la demanda por mejoras en aspectos como interfaz con el operador, comunicaciones, adquisición de datos y control supervisor, está la demanda por mejoras en los lenguajes de programación; los aspectos importantes relacionados con el lenguaje de programación que se consideran al momento de seleccionar un PLC incluyen el tipo de variables empleadas, la programación en línea (online) y fuera de línea (offline, el control de flujo relacionado con la facilidad de tomar decisiones y controlar la ejecución del programa (por ejemplo si se pueden solamente dar instrucciones de salto condicional o también subrutinas o funciones de lazo), las funciones (básicas o avanzadas), la facilidad de comunicaciones, la velocidad de ejecución y la eficiencia (cantidad de memoria requerida para implementar una función dada). Como ejemplos de lenguaje usados se tienen: **Lenguaje de esquema de contactos o en escalera (ladder)**, que es fácilmente entendible pues se relaciona con la lógica de relés (aunque no es bueno en el

control del flujo antes mencionado), provee una visualización gráfica del programa, haciendo fácil su modificación; es rápido y genera varios programas legibles para el control secuencial. En los esquemas realizados con este tipo de lenguaje, se deben evitar las agrupaciones de contactos acostumbrados en automatismos con relés, primando la funcionalidad, ya que el número de contactos disponibles no tiene más limitación que la propia capacidad de almacenamiento de la memoria del PLC. **Lenguaje Booleano**, que utiliza símbolos de álgebra de Boole, es generalmente usado en PLCs muy pequeños; emplea instrucciones como AND, OR, NOT, STORE, RECALL para describir la lógica del programa; no es fácil de modificar y aunque es rápido, no es muy funcional. **Listas de instrucciones**, que parte de un esquema de contactos y permite la programación mediante una serie de claves que se corresponden con la conexión en serie o en paralelo de contactos, con señales de salida, etc. Cada fabricante tiene un código diferente para las mencionadas claves, no obstante, resulta sencillo familiarizarse con ellas. Se utiliza en pequeños PLCs, puesto que la consola o unidad de programación, solo dispone en general de una pequeña pantalla de cristal líquido. **Lenguajes de alto nivel, como Visual Basic y C**, pueden ser muy poderosos e idénticos a los empleados en computadoras. Tienen un excelente control de flujo y funcionalidad y proveen acceso a muchos tipos de variables además de ser razonablemente rápidos. Sin embargo son difíciles de entender por personal de planta y de ser monitoreada la ejecución del programa

en tiempo real. **Lenguajes de estado**, que ayudan mucho en el diseño de programas complejos y grandes, permitiendo al ingeniero describir el proceso gráficamente antes de utilizar otro lenguaje como Ladder para implementar las acciones de control. Como ejemplo, las cartas de función de secuencia (SFC), permiten al programa de control el ser expresado en términos de los estados de la máquina o del proceso y de las condiciones de entradas y salidas necesarias para la transición de un estado a otro. Una desventaja es que todos los estados de la máquina y sus transiciones deben ser definidos y programados exhaustivamente.

- **Formas de programación:** La forma que un programa ingresa al PLC depende del equipo de programación que provee el fabricante. Es importante para el usuario familiarizarse con las funciones del programador, las cuales incluyen. : **Programador:** Provee un ambiente para ingresar los programas. Es importante porque puede determinar el tiempo requerido para escribir un programa. Algunos programadores tiene herramientas muy sofisticadas que reducen el tiempo para eliminar errores en el programa. En general existen dos tipos de programadores, el de tipo 'hand held' con pantalla LCD o display con leds y el basado en computador, con una serie de variantes para su uso. **Monitoreo:** Provee un ambiente para el monitoreo de la ejecución del programa en tiempo real. La forma como se muestra ésta, varía a veces grandemente entre un tipo de programador a otro.

Almacenamiento del programa: Permite al programa ser almacenado en un determinado formato separado del propio PLC, generalmente en diskettes o disco duro de la computadora.

Documentación: Permite obtener una copia impresa del programa. Algunos programadores permiten al usuario tener referencias cruzadas de uso variable, ingresar comentarios en el programa y definir nombres para todas las variables.

2.1.7.4 Módulos de Entrada y Salida.

Los módulos de entrada o salida son las interfases electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador programable y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir datos, o para el mando o control de las máquinas presentes en el proceso.

Los módulos de entrada, transforman las señales de entrada a niveles permitidos por el CPU. Mediante el uso de un acoplador óptico, los módulos de entrada aíslan eléctricamente el interior de los circuitos, protegiéndolo contra tensiones peligrosamente altas, los ruidos eléctricos y señales parásitas. Finalmente, filtran las señales procedentes de los diferentes sensores ubicados en las máquinas. Los dispositivos de campo de entradas más utilizadas son los interruptores, los finales de carrera, termostatos, pulsadores, sensores de temperatura, entre otros. **Los módulos de salida,** permiten que la tensión llegue a los dispositivos de salida. Con el uso del acoplador

óptico y con un relé de impulso., se asegura el aislamiento de los circuitos electrónicos del controlador, y se transmiten las órdenes hacia los actuadores de mando. Los dispositivos de campo de salida más utilizados son: los contactores principales, las lámparas indicadoras y los reguladores de velocidad. Hay muchos tipos de circuito I/O disponibles capaces de manejar cualquier tipo de carga y sensor el estado de una gran variedad de sensores. La mayoría de estos circuitos I/O caen dentro de cinco categorías:

- Salidas de seguridad piloto: Salidas de este tipo típicamente son usadas para manejar cargas electromagnéticas de alta corriente tales como solenoides, reles, válvulas y arrancadores de motores. Deberían incluir alguna forma de supresión de ruido, debido al ruido eléctrico generado por dichas cargas.
- Salidas de propósito general: Son usualmente de baja corriente y bajo voltaje y son usadas para manejar luces indicadoras y cargas no inductivas. Pueden o no tener supresión de ruidos.
- Entradas discretas: Son utilizadas para conocer el estado de interruptores de límites, botones pulsadores, y otros sensores discretos. La supresión del ruido es de gran importancia para prevenir falsas indicaciones del estado de las entradas debido al ruido.
- I/O Analógicas: Sensan o manejan señales analógicas. Las señales analógicas provienen de dispositivos como: termocuplas, galgas extensiométricos o sensores de presión que proveen una señal de voltaje o corriente que es derivada de la variable del proceso. Las

salidas analógicas pueden ser usadas para manejar dispositivos como voltímetros, registradores, X-Y, variadores de velocidad de motores y válvulas.

- I/O de propósito especial: circuitos de este tipo son usados para interfacear al PLC con tipos de circuito muy específicas tales como servomotores, motores de paso, lazos PID, conteo de pulsos de alta velocidad, entradas de decodificadores, displays multiplexados y teclados.
- Módulos de Entradas Discreta: Se usan como enlace o interfaces entre los dispositivos externos (denominados también sensores) y la CPU del PLC. Esos sensores son los encargados de captar la información del campo y se les dice que son del tipo discreto pues tienen la característica de informar solamente dos estados posibles (estados lógicos 1 o 0); activados o desactivados. Los sensores pueden ser del tipo manual (pulsadores, conmutadores, selectores) o del tipo automático (finales de carrera, detectores de proximidad inductivos o capacitivos, interruptores de nivel, etc.) En la figura siguiente, se presentan los circuitos eléctricos equivalentes y elementales de los módulos de entrada discreta para DC y AC respectivamente. Ambos tipos de interfaz tienen el mismo principio, a diferencia que los de alterna incluyen una etapa previa de rectificación.

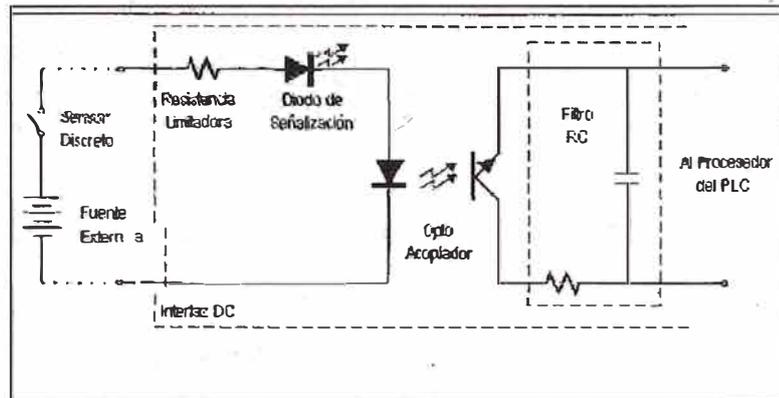


Figura 18: Interfaz para entrada discreta DC

- **Módulos de Salida Discreta:** Al igual que los módulos de entrada discreta, estos módulos se usan como interfaz entre la CPU del controlador programable y los dispositivos externos (actuadores). Estos reciben órdenes discretas solamente, estando por lo tanto en uno de los dos posibles estados lógicos, activado o desactivado. Los actuadores que se conectan a estas interfaces pueden ser: contactores, relés, lámparas indicadoras, electroválvulas, displays, anunciadores, etc.
- **Módulos de Salida Discreta tipo transistor:** Su principio de funcionamiento es a base de transistores, lo que significa una constitución íntegramente en estado sólido con características para trabajar en corriente continua (DC) de larga vida útil y con bajo nivel de corriente.
- **Módulos de Salida Discreta tipo triac:** Estas interfases funcionan mediante la conmutación de un triac, son igualmente en estado sólido y se usan para manejar señales en corriente alterna.

- Módulos de Salida Discreta tipo rele: Estos módulos a diferencia de las anteriores, están compuestas por dispositivos electrónicos y un micro rele electromagnético de conmutación. Su campo de acción le permite trabajar en AC y DC con diferentes niveles de tensión, con la ventaja de manejar corrientes más elevadas, pero con el inconveniente de una corta vida útil debido al desgaste de la parte móvil de los contactos. Durante su funcionamiento estos módulos se caracterizan respecto a los de estado sólido, por el reconocible sonido de los contactos de conmutación que emiten los microrreles.

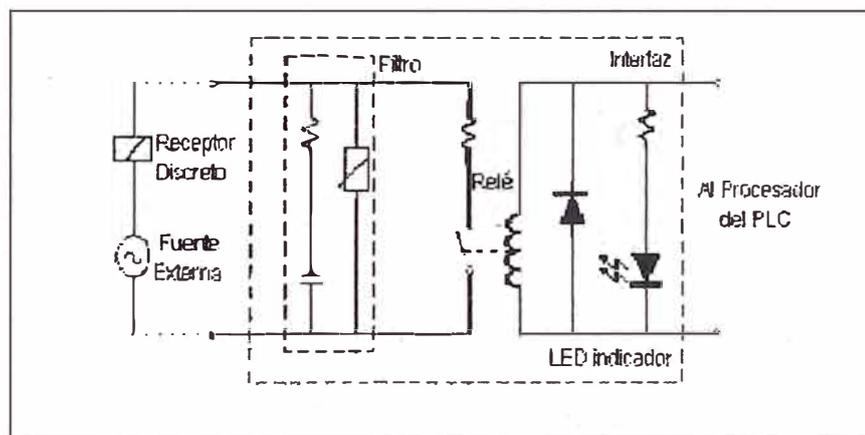


Figura 19: Interfaz de salida discreta en AC (Tipo Rele)

- Módulos de Entrada Analógica. Los módulos de entrada analógica tienen como función, digitalizar las señales analógicas para que pueda ser procesada por la CPU. Estas señales analógicas que varían continuamente, pueden ser magnitudes representativas de temperaturas, presiones, tensiones, corrientes, etc. A estos módulos,

según su diseño, se les puede conectar un número determinado de sensores analógicos. A estos terminales de conexión se les conoce como canales. Existen tarjetas de 4, 8, 16 y 32 canales de entrada analógica. Es importante señalar, que cualquier magnitud analógica que se desea procesar a través de los módulos de entradas analógicas, tiene que estar representada por una señal de voltaje, corriente o resistencia y estar comprendidas dentro de los rangos aceptados por dichos módulos. Estos módulos se distinguen por el tipo de señal que reciben pudiendo ser de voltaje (mV) o de corriente (mA) los que se encuentran dentro de los rangos estandarizados. Los más utilizados son:

Señal de corriente: 0 -20 mA, 4-20 mA, +-10 mA.

Señal de voltaje: 0 -10 V, 0-5 V, 0-2V, +-10 V.

- **Módulos de Salida Analógica:** Los módulos de salida analógica son usados cuando se desea transmitir órdenes hacia actuadores que puedan recibir señales analógicas de voltaje o de corriente, es decir que varían continuamente en el tiempo. Su principio de funcionamiento puede considerarse como un proceso inverso al de los módulos de entrada analógica. Las señales analógicas de salida son de dos tipos, señales de corriente y señales de voltaje. Dentro de los valores estandarizados tenemos:

Señal de corriente: 0 -20 mA, 4-20 mA, +-20 mA.

Señal de voltaje: 0 -10 V, +-10 V.

2.1.7.5 Confiabilidad:

Uno de los aspectos más importantes en un sistema de control es la confiabilidad de sus componentes. Los PLCs han ganado reputación de ser equipos de gran confiabilidad; sin embargo, no todos los aspectos relacionados con confiabilidad son una función de que tan bien un fabricante de PLCs diseña y construye sus equipos. Grandes mejoras en confiabilidad son logradas con instalación y mantenimiento adecuados. Inmunidad al ruido y disponibilidad son también factores importantes.

- Inmunidad al ruido: A pesar de que los fabricantes proveen a sus equipos de resistencia a ciertos niveles de ruido, una ventaja sería utilizar algunas técnicas para ir más allá de la profesión inherente:
 - Puesta a tierra:** ejecutada según los procedimientos recomendados por el fabricante. Asimismo es una buena práctica, el colocar a tierra todas las carcasas metálicas (chasis), usar conductores gruesos para minimizar la impedancia para ruidos de alta frecuencia, proveer de buena tierra sólida para todos los equipos electrónicos y evitar el colocar dispositivos ruidosos tales como soldadores de arco en el sistema de tierra que los equipos electrónicos. **Aislamiento:** el separar los dispositivos generadores de ruido de los susceptibles al mismo. Se pueden usar transformadores de aislamiento en todas las fuentes de alimentación y los cables de campo deben mantenerse separados de los cables de lógica (tales como bus I/O y cables de comunicación).
 - Supresión del ruido,** mediante el uso de salidas AC de cruce por cero

en lugar de controladas por fase o utilizando supresores de ruido en los diferentes dispositivos generadores al ruido como fuentes de alimentación.

- Disponibilidad: Es el porcentaje del tiempo total que el sistema opera confiable y satisfactoriamente y se calcula en función del tiempo medio transcurrido entre fallas (TMEF) y el tiempo medio necesario para repararlo (TMPR). Algunos esquemas pueden mejorar la disponibilidad, tales como la facilidad para el mantenimiento, las tolerancias a fallas y la redundancia que puede darse a través del cableado del sistema I/O, los circuitos de entrada y salida o del procesador. Existen sistemas en los cuales el concepto de redundancia típicamente se aplica al procesador, a las etapas I/O o ambas. Un PLC con redundancia del CPU e I/O simples, apunta a resolver un problema de un PLC simple a fallas en el procesador. En este caso, el equipo consta de dos CPUs, conectadas a un conjunto único de módulos de I/O. Existen aplicaciones en la que no es aceptable la incertidumbre en relación a la acción que tomará el sistema frente a una falla en un punto de I/O. en este caso se extiende el concepto de redundancia a estos módulos. En aquellos casos en que sean deseables una alta disponibilidad unida a una alta seguridad, deberá utilizarse un PLC triple redundante. En este equipo, los módulos de entrada, la CPU y los módulos de salida están triplicados.

2.1.8 **VARIADORES DE VELOCIDAD.**

Son equipos electrónicos que sirven para generar ondas de corriente alterna con frecuencia y tensión controlada que suministrada al motor AC, hacen de éste una máquina casi tan versátil para el control del torque y velocidad. En el proyecto utilizaremos tres variadores de velocidad Fuji Electric modelo FRN003G11S-2UX, que son los siguientes:

- Variador Bridge: Este variador es el responsable del movimiento del Puente (Subida o Bajada). Esta conectado al motor del Puente.
- Variador Fwd/Rev: Este variador es el responsable del movimiento del Bastidor (Avance o Retroceso). Está conectado al motor de Avance/Retroceso.
- Variador Right/Left: Este variador es el responsable del movimiento del Coche (Izquierda o Derecha). Está conectado al motor del Coche.

Características del variador Fuji Electric	
Potencia (Kw.)	2.2
Corriente Nominal (A)	9
Voltaje Nominal (Vac)	220

Tabla 5: Características del variador Fuji Electric modelo FRN003G11S-2UX

Parámetros principales del variador Fuji Electric				
		Variador Fwd/Rev	Variador Right/Left	Variador Bridge
Ajuste de frecuencia	F01	1	1	1
Método de Funcionamiento	F02	1	1	1
Frecuencia máxima de salida (Hz)	F03	50	50	70
Frecuencia base (Hz)	F04	50	50	50
Voltaje Nominal (Vac)	F05	220	220	220
Tiempo de aceleración (s)	F07	2	1	2.1
Tiempo de desaceleración (s)	F08	0.38	0.1	0.01
Valor de la frecuencia a X1	C05	50	1.7	22
Valor de la frecuencia a X2	C06	20	-	-
Valor de la frecuencia a X3	C08	40	-	-
Capacidad del motor (Kw)	P02	2.2	2.2	2.2
Corriente Nominal del motor (A)	P03	9	9	9

Tabla 6: Parámetros principales del variador Fuji Electric modelo FRN003G11S-2UX



**Figura 20: Variador de velocidad AC
Fuji Electric**

Esquema de conexiones de los variadores Fuji Electric FRN003G11S-2UX								
	Movimiento	Velocidad (m/min)	Frecuencia (Hz)	Activaciones de las entradas				
				Fwd	Rev	X1	X2	X3
Variador Bridge	Subida (rápida)	9.1	50		X			
	Subida (lenta)	4	22		X	X		
	Bajada	9.1	50	X				
Variador Fwd/Rev	Avance (Potenciómetro)	9.1 regulable	50 regulable	X				
	Retroceso	9.1	50		X	X		
	1er Avance (programa modificado)	3.6	20	X			X	
	3er Avance (programa modificado)	7.2	40	X				X
Variador Right /Left	Izquierda	9.1	50		X			
	Derecha (rápida)	9.1	50	X				
	Derecha (lenta)	0.3	1.7	X		X		

**Tabla 7: Esquema de conexiones de los variadores Fuji Electric modelo
FRN003G11S-2UX**

El desarrollo de la Electrónica de Potencia en la permanente búsqueda de nuevos y mejores dispositivos, así como el incremento en la velocidad de cálculo de los modernos microcontroladores ha permitido fabricar equipos eficientes para la generación de ondas de corriente alterna con frecuencia y tensión controladas (Variadores de velocidad para motores AC) que, suministradas al motor hacen de éste una máquina casi tan versátil para el control del torque y velocidad, como lo es el motor DC, logrando que en la actualidad se haya reducido el uso de motores DC, sobre todo por su mayor precio y necesidad de mantenimiento causados por las escobillas y conmutador respecto de los motores de inducción asíncronos.

Las variables relacionadas con el control de posición y velocidad son de gran importancia en las industrias de manufactura y ensamblaje. Los sistemas de control relacionados a estas variables cuentan con una diversidad de posibilidades dentro de sus componentes lo cual permite a su vez un gran número de aplicaciones.

2.1.8.1 Sistema de Control de Movimiento:

Los sistemas de control de posición y velocidad caen dentro de los denominados sistemas de control de movimiento. Las aplicaciones del control de movimiento se relacionan con tres principales tareas:

- Posicionamiento de material con referencia a máquinas de producción.
- Posicionamiento de dos o mas piezas discretas que deben ensamblarse entre si.
- Inspecciones de control de calidad.

El termino servo involucra desplazamiento o giro. Por lo tanto, los servomotores son los actuadores que nos permiten el control de aquellas variables. Si bien es cierto se utilizan servo neumáticos e hidráulicos en sistemas de control de movimiento, la mayoría de los servomotores son eléctricos, existiendo una amplia variedad en términos de potencia, tamaño, precisión y adaptabilidad en aplicaciones específicas.

2.1.8.2 Motores eléctricos:

La utilización de motores eléctricos como fuente de potencia en aplicaciones de control de velocidad y desplazamiento es fundamental. Los aspectos mecánicos de la aplicación determinan usualmente el tipo de motor eléctrico a ser empleado.

Las características torque – velocidad del motor y del sistema de control son por lo tanto muy importantes. A continuación revisaremos las características eléctricas y mecánicas de los tipos de motores mas utilizados en la industria.

- **Campos Magnéticos:** La fabricación de imanes artificiales por medio del paso de corriente eléctrica a través del arrollamiento de bobinas de alambre de cobre sobre un núcleo de metal permeable al flujo magnético, es la base fundamental que ha permitido el desarrollo de los motores eléctricos. En la figura 21 se muestran algunos imanes de uso muy difundido. Se observa que tienen dos polos denominados Norte y Sur. Actúan sobre otros materiales magnéticos ejerciendo fuerzas de atracción o repulsión, sin que haya de por medio contacto físico.

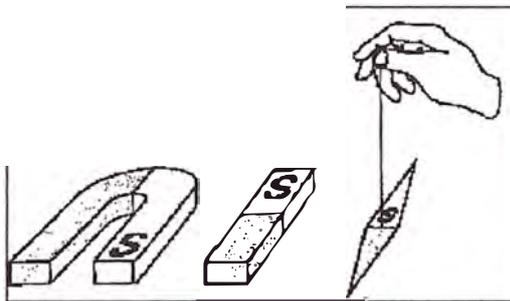


Figura 21: Polos del imán

En la figura 22 podemos ver las líneas del campo magnético saliendo del polo Norte y retornando por el Polo Sur. Se observa que dicho campo tiene la capacidad de propagarse por el aire y ejercerá su influencia sobre cualquier material permeable magnéticamente (acero, hierro, otro imán, etc.)

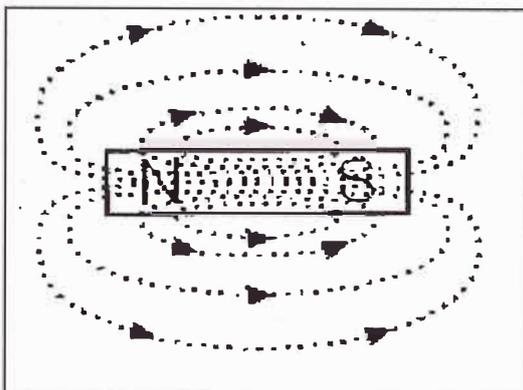


Figura 22: Líneas del campo magnético

En la figura 23 se muestran las fuerzas de atracción (polos diferentes se atraen) y repulsión (polos iguales se rechazan) que se ejerce entre dos imanes dependiendo de la posición de sus polos. El termino 'air gap' significaría 'entrehierro'.

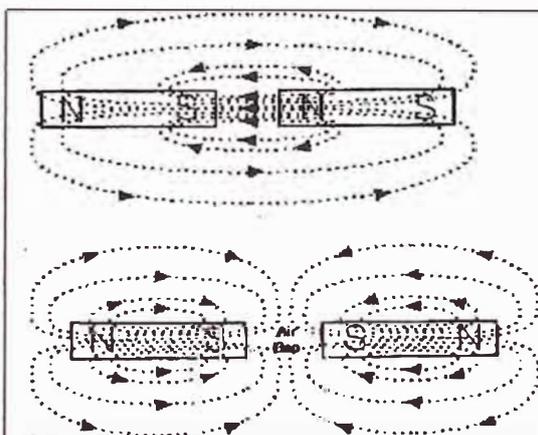


Figura 23: Fuerzas de atracción y repulsión

La figura 24 nos muestra la generación de un campo magnético concéntrico al alambre conductor por el cual fluye corriente continua. El sentido del campo magnético se determina por medio de la regla de

la mano izquierda. Si apuntamos con el dedo pulgar en el sentido de los electrones, los dedos restantes nos indican la dirección del campo magnético.

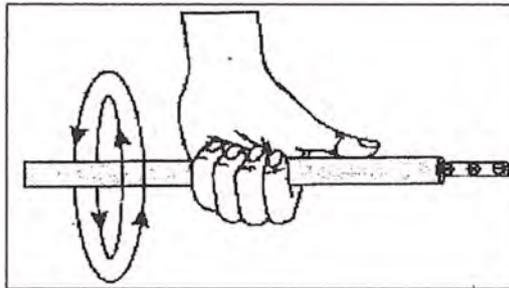


Figura 24: Generación de un campo magnético concéntrico al alambre conductor

En el caso de la corriente AC, se muestra en la figura 25 la generación de campo magnético, cuando pasa corriente eléctrica alterna a través de un conductor. Podemos ver que el campo magnético es variable y depende del valor instantáneo que tiene la corriente. La dirección del campo magnético cambia cuando lo hace el sentido de la corriente que pasa por el conductor.

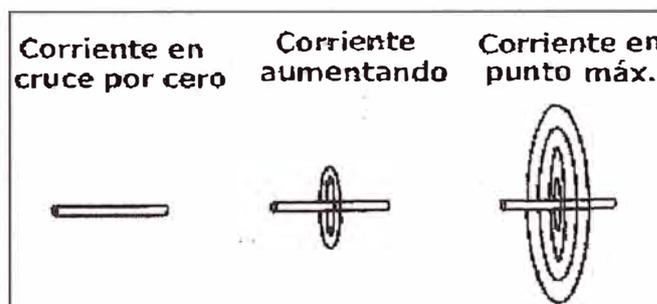


Figura 25: Generación del campo magnético cuando la corriente alterna pasa por un conductor.

De las figuras 24 y 25 se concluye que:

Un campo magnético constante (en valor y dirección) es producido por corriente DC que pasa por el conductor.

Un campo magnético variable (en valor y dirección) es producido por corriente AC que pasa por un conductor.

Los electroimanes se implementan con un núcleo magnético, arrollamiento de alambre conductor y el paso de una corriente continua por dicho alambre. En la figura 26 se ha dibujado el núcleo en modo transparente para poder ver con claridad el arrollamiento. La finalidad de usar el núcleo magnético es conseguir mayor intensidad de campo magnético.

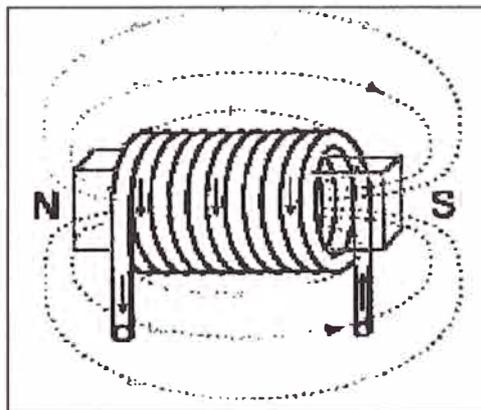


Figura 26: Diagrama del núcleo magnético

En la figura 27 se muestra un método para determinar la posición de los polos Norte y Sur. Los dedos de la mano izquierda apuntan en el sentido del flujo de electrones y el pulgar apunta al polo Norte. Obviamente, dicho campo magnético es constante en magnitud y dirección pues la corriente que pasa por el alambre es continua.

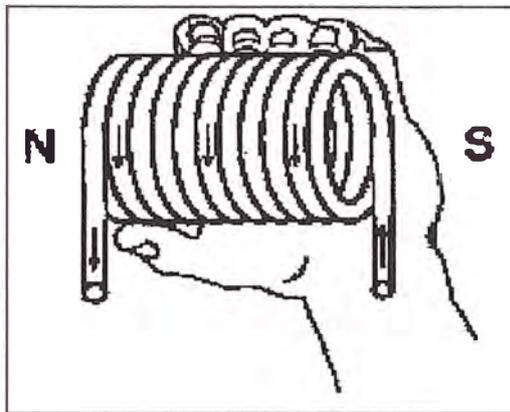


Figura 27: Método para determinar la posición de los polos Norte y Sur

- **Inducción de movimiento:** La información anterior nos enseña que dos imanes experimentan una fuerza de atracción o repulsión cuando se encuentra cada una, comprendidas dentro del radio de acción de la otra. también aprendimos la forma de implementar electroimanes por medio de un núcleo magnético, arrollamiento de alambre de cobre y de una fuente de alimentación continua o alterna. Por lo tanto, se concluye que si colocamos un electroimán dentro del campo magnético de otro, tal como se muestra en la figura 28, y alimentamos con corriente continua el alambre de cobre (una espira), esta experimentará una fuerza en el sentido indicado por el dedo pulgar de

la mano derecha. Tal es el principio de funcionamiento en que se basan los motores eléctricos de corriente continua.

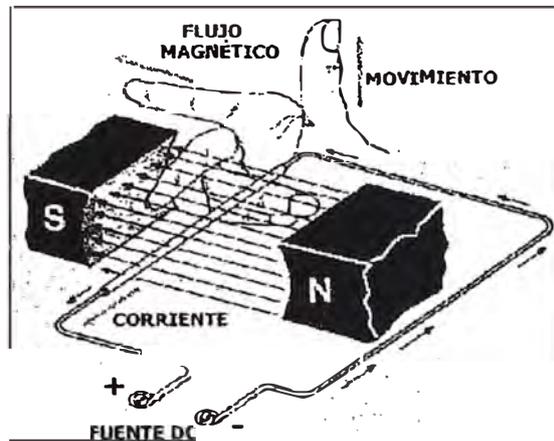


Figura 28: Inducción de movimiento

En el caso de inducción de movimiento para motores de corriente alterna, el principio de funcionamiento se basa en la producción de un campo magnético giratorio. Si consideramos que el imán de la figura 29 con sus polos N-S puede girar sobre el eje X-Y, y que un disco de cobre o aluminio que se haya sometido al campo magnético del imán, también puede girar sobre el mismo eje, entonces tenemos que, si giramos el imán, su campo magnético gira igualmente, barriendo el disco próximo a él, con lo cual el campo que ahora es variable, es la causa que según los principios de inducción magnética, aparezcan en el disco, corrientes inducidas.

Estas corrientes reaccionan dando lugar a una fuerza magnetomotriz con un torque suficiente como para vencer el torque resistente del eje

y originando la rotación del disco.



Figura 29: Imán girando sobre eje XY

Una forma práctica de generar un campo magnético giratorio se consigue mediante la alimentación, con voltaje alterno trifásico, de un bobinado también trifásico instalado en un núcleo de material magnético llamado estator tal como se muestra en la figura 30

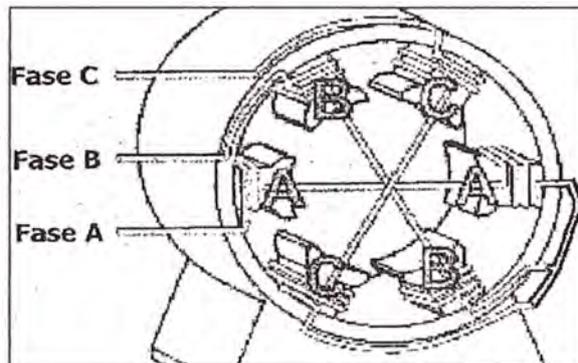


Figura 30: Campo magnético giratorio

A la velocidad de giro del campo magnético se le denomina velocidad sincrónica. Dicho campo magnético giratorio corta las varillas de aluminio del rotor que se encuentra instalado al interior del estator, ver figura 31, sobre las cuales se induce una corriente del rotor que

causará a su vez un campo magnético de rotor, produciéndose una interacción de campos y provocando el giro del rotor en igual sentido que el campo magnético del estator, pero a una velocidad ligeramente menor que la sincronía. Mas adelante veremos que a la diferencia de dichas velocidades se le denomina deslizamiento.

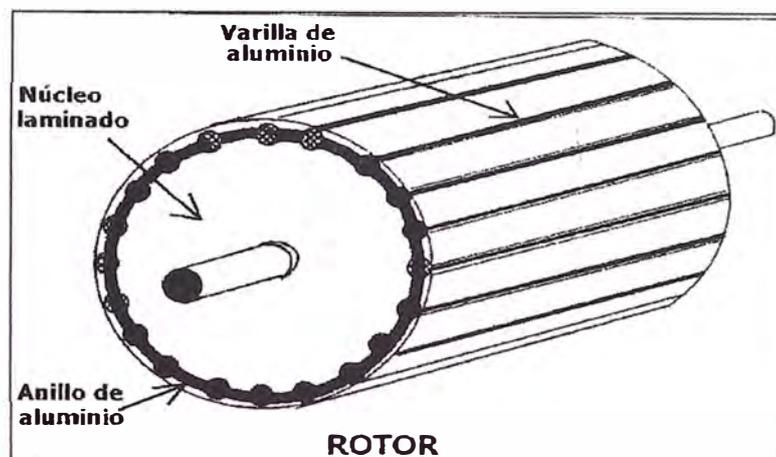


Figura 31: Rotor

- **Movimiento de Rotación en el motor AC:** Los dos principales grupos de motores son los del tipo inducción y síncrono. Los motores tipo inducción incluyen los monofásicos, trifásicos y rotor bobinado. Los motores tipo síncrono incluyen los autoexcitados y DC excitados. De los tipos de motores AC nombrados, el más usado es el motor de inducción de jaula de ardilla. En la figura 32 podemos ver el motor jaula de ardilla, en el distinguimos que el estator presenta un bobinado trifásico simétricamente distribuido entre sus ranuras formando un ángulo de 120° mecánicos.

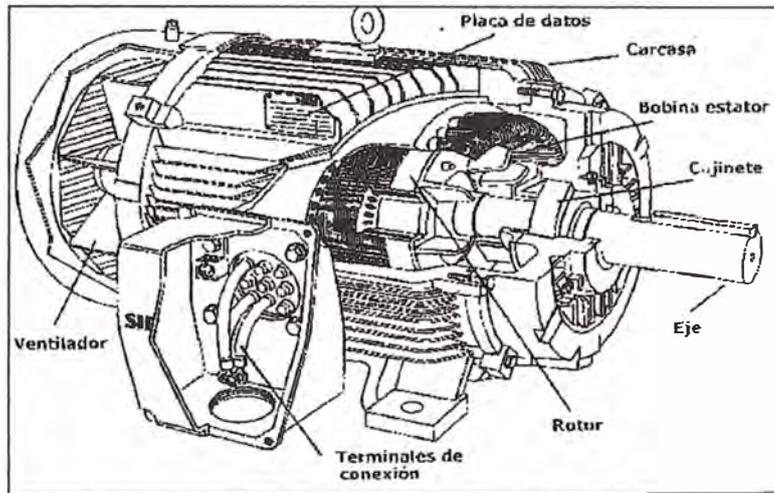


Figura 32: Motor de inducción de jaula de ardilla

También observamos que el rotor la conforman un núcleo de hierro laminado atravesado longitudinalmente por varillas de aluminio unidas en sus extremos por anillos del mismo material (ver figura 31). Al aplicar en el estator un voltaje de alimentación trifásico desfasado 120° eléctricos, se forma un campo magnético giratorio de magnitud y velocidad constante que gira a una velocidad denominada sincronismo (n_s), tal como se observa en la figura 33.

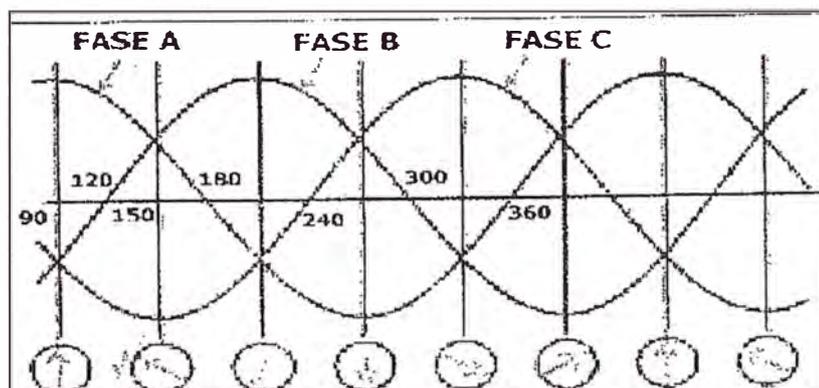


Figura 33: Dirección de rotación del campo magnético

La siguiente ecuación sirve para determinar el valor de la velocidad síncrona:

$$n_s = 120 \frac{f}{p}$$

**Formula 1:
Velocidad Síncrona**

Donde f: frecuencia del voltaje de alimentación (60 Hz)

p: número de polos del estator del motor.

Dicho campo magnético giratorio induce corriente en las varillas de aluminio del rotor, las que a su vez generan sus propios campos magnéticos tal como se observa en la figura 34. Ahora se tienen dos imanes que interactúan entre sí dando lugar a que el imán del rotor persiga al imán del estator, creando la rotación. El rotor gira a velocidad N_r .

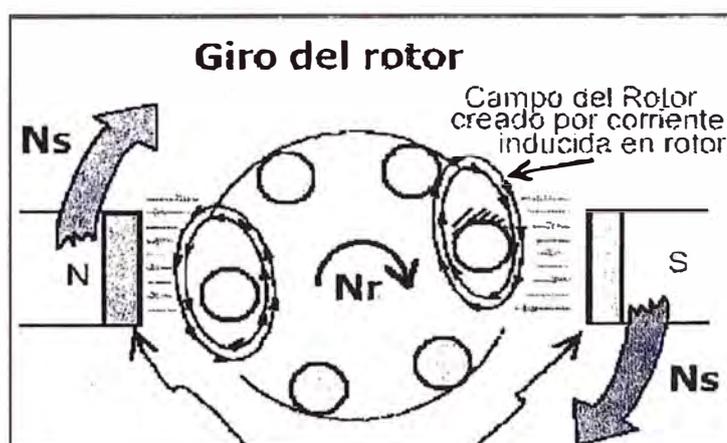


Figura 34: Campo magnético giratorio

La velocidad de rotación del campo magnético determina la velocidad del rotor, y la fuerza de los campos magnéticos determina la fuerza de atracción entre ellos. Dicha fuerza de atracción es conocida como torque y se mide en libras fuerza-pie (lb.-et) o Newton-m (N-m)

La velocidad del rotor siempre debe ser menor que la velocidad síncrona, dicha diferencia de velocidad se denomina deslizamiento y es representada por:

$$slip = s = \frac{Ns - Nr}{Ns}$$

Formula 2: Deslizamiento

La siguiente tabla nos muestra la relación entre polos por fase y torque por HP y KW de potencia. Un motor de 1 HP y 2 polos, producirá 1.5 lb.-ft de torque cuando se carga a su capacidad nominal. Un motor de 50 HP y 2 polos, producirá 50 HP x 1.5 lb.-ft/HP o 75 lb.-ft de torque cuando se carga a su capacidad nominal.

Polos	Torque/HP	Veloc.	Vel.	Torque/KW
2	1.5	3460	3600	3.3
4	3	1750	1800	6.6
6	4.5	1175	1200	9.9
8	6	875	900	13.2
10	7.5	708	720	16.5
12	9	580	600	19.8

Tabla 6: Relación entre polos por fase y torque por HP y KW de potencia

- Características de motor de inducción AC: para poder estudiar y comprender las características de funcionamiento del motor de inducción de jaula de ardilla, es necesario tener una representación matemática que refleje fielmente lo que sucede en su interior. Suponiendo que el motor trabaja con voltaje y corriente balanceados, en la figura 35 se muestra un circuito equivalente por fase del motor de inducción., válido para el régimen permanente.

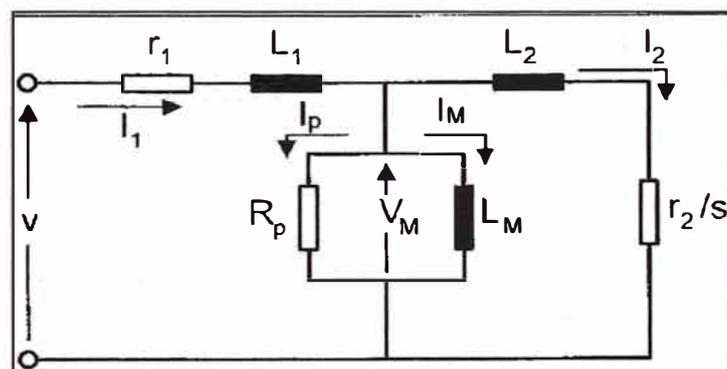


Figura 35: Representación matemática del motor de inducción de jaula de ardilla

Donde:

r_1 = Resistencia por fase del bobinado de estator.

L_1 = Inductancia por fase del bobinado de estator.

I_1 = Corriente total por fase consumida por estator.

R_p = Resistencia de pérdidas por magnetización.

I_p = Corriente de pérdidas por magnetización.

V_M = voltaje inducido en el estator a frecuencia de línea, debido al voltaje en el entrehierro.

L_M = Inductancia de magnetización (establece el flujo en el entrehierro).

I_M = Corriente de magnetización que establece el flujo magnético en el entrehierro.

L_2 = Inductancia por fase en el rotor referida al estator.

I_2 = Corriente en el rotor responsable de producir el torque electromagnético (Te).

r_2/s = Resistencia por fase en el rotor referida al estator.

s = Deslizamiento.

El torque electromagnético generado por esta máquina, está dado por la siguiente ecuación:

$$T_e = k \frac{I_2}{2} \frac{I_M}{2} \cos \gamma$$

Formula 3: Ecuación del Torque Electromagnético

Donde:

k_2 = constante

γ = ángulo de desfasaje entre la corriente del rotor I_2 y la corriente de magnetización I_M .

La potencia en el eje (P) es.

$$P = P_{ag} - P_r = T_e \omega$$

Formula 4: Ecuación de la Potencia en el eje

Donde:

P_{ag} = Potencia que cruza el entrehierro.

P_r = Potencia perdida en el rotor.

ω = Velocidad angular del eje del motor.

Como se observa en la figura 35, tanto I_M como I_2 ingresan al motor de inducción por un terminal, lo que dificulta el control independiente de cada componente.

Por otro lado, si se desea que el motor de inducción presente una característica de torque similar al de un motor DC Shunt, debe controlarse I_1 de tal modo que se tengan los valores adecuados de I_2 , I_M y el ángulo γ . Tal forma de control era imposible de realizar hasta hace una década, pero en la actualidad debido al avance de la microelectrónica y a la fabricación de componentes electrónicos mas potentes, se han logrado estrategias de control que permitan grandes prestaciones de funcionamiento del motor de inducción tanto como si se tratase de un motor DC.

La característica de torque y corriente en función de la velocidad del motor de inducción en la figura 36. Se observa que el motor presenta

gran consumo de corriente (hasta 6 veces su valor nominal) al ser arrancado con voltaje nominal aplicado a sus bornes. El torque alcanza 200% de su valor nominal.

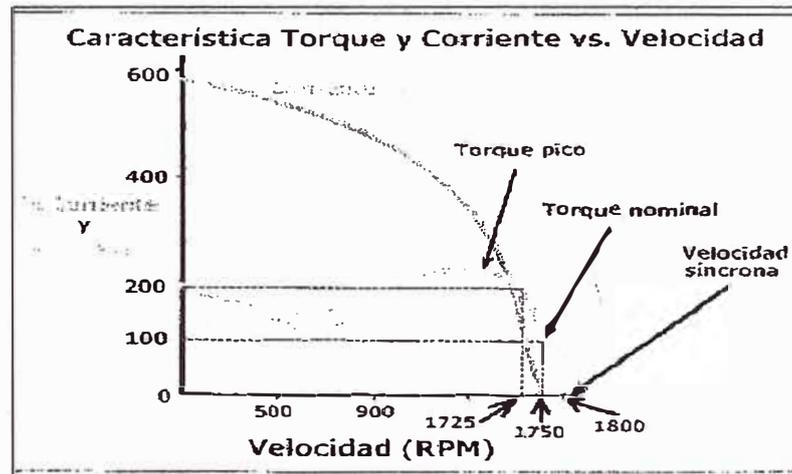


Figura 36: Curva característica Torque y Corriente vs. Velocidad

De la figura anterior se observa que la velocidad del eje del motor depende de la carga aplicada, logrando mantenerse con una pequeña variación debido a la característica casi vertical de una parte de la curva del torque.

Respecto del deslizamiento 's', se podría decir que dicho valor aumenta en proporción directamente proporcional a la carga; es decir a mayor carga el deslizamiento se incrementa. De la figura 36 podríamos decir que el deslizamiento a carga nominal y dos veces carga nominal son:

$$S_{\text{nom}} = \left(\frac{1800 - 1750}{1800} \right) * 100\% = 2.77\%$$

Formula 5: Cálculo del desplazamiento a carga nominal

$$S_{2 \times \text{nom}} = \left(\frac{1800 - 1725}{1800} \right) * 100\% = 4.16\%$$

Formula 6: Cálculo del desplazamiento a dos veces carga nominal

2.1.8.3 Características Mecánicas:

- Principios básicos:

Son dos los parámetros básicos, torque y potencia, que deben ser completamente entendidos para aplicar apropiadamente los variadores: **Torque:** Es una fuerza aplicada que tiende a producir rotación, torque (fuerza de torsión), sin rotación es llamada torque estático, pues no se producirá movimiento. **Potencia (HP):** es una medida de la velocidad al cual el trabajo esta siendo realizado. Cuando una fuerza se aplica de tal forma que produce movimiento, el trabajo puede ser medido. Un HP se define como la fuerza requerida para levantar un peso de 33000 lb. un pie en un minuto. **Selección del variador y la máquina eléctrica:** la aplicación de un variador para una máquina determinada es más un problema mecánico, que un problema eléctrico. Cuando usamos un variador, se deben considerar las características de velocidad, torque y potencia desarrolladas por el eje del motor. Estos deben igualar o exceder los requerimientos de

torque y potencia de la máquina a ser impulsada. Los requerimientos de la máquina caen dentro de las tres principales categorías: Torque de Ruptura de Inercia (Break Away Torque), Torque de Aceleración (Accelerating Torque), Torque de Movimiento (Running Torque). El Torque de Ruptura de Inercia es el torque necesario para poner en movimiento una máquina. El Torque de Aceleración es el torque necesario para llevar la máquina a la velocidad de operación dentro de un tiempo dado. El Torque de Movimiento es el torque requerido para mantener la máquina en movimiento después de su aceleración hasta la velocidad de operación deseada.

- **Perfiles de Carga:** En general, la mayoría de aplicaciones caen dentro de las siguientes categorías: Torque Constante, Potencia Constante, Torque Variable. **Torque Constante:** Los requerimientos de torque de la máquina son independientes de su velocidad. La carga requiere la misma cantidad de torque tanto a baja como a alta velocidad. El torque permanece constante a través de todo el rango de velocidad, y la potencia aumenta o disminuye en proporción directa a la velocidad. **Potencia Constante:** Para máquinas con cargas de potencia constante, la demanda de potencia es independiente de la velocidad y el torque varía inversamente con la velocidad. Este tipo de cargas se encuentra en la industria de las máquinas- herramientas y en los centros impulsores de bobinas. La carga requiere gran torque a bajas velocidades; bajo torque a altas velocidades, y por lo tanto tiene potencia constante en cualquier velocidad. **Torque Variable:** Son

cargas que requieren mucho menos torque a bajas velocidades que a altas velocidades. La potencia varía aproximadamente como al cubo de la velocidad, y el torque varía como al cuadrado de la velocidad.

2.1.9 SENSORES.

Entre los sensores involucrados en dicha máquina, lo podemos clasificar de acuerdo a la tarea que realiza en las siguientes situaciones:

2.1.9.1 Sensores involucrados en la Subida/Bajada del Puente.

Destacan los siguientes sensores involucrados.

- El sensor de Subida del Puente: Este sensor de tipo limit switch, detiene el movimiento de Subida del Puente, en la posición de límite superior del Puente. Para dicho propósito, se utiliza el contacto Normalmente Cerrado NC del sensor. Dicho sensor se activa cuando hace contacto físico con el tope metálico de Fin de Subida. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. En el proyecto se utiliza un sensor Crouzet modelo **838730**.



Figura 37: Sensor Crouzet modelo 838730

- El sensor de Bajada del Puente: Este sensor de tipo limit switch, detiene el movimiento de Bajada del Puente en la posición de límite inferior del Puente. Para dicho propósito, se utiliza el contacto Normalmente Cerrado NC del sensor. Dicho sensor se activa cuando hace contacto físico con el tope metálico de Fin de Bajada. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. En el proyecto se utiliza el sensor Crouzet modelo **838730**.

2.1.9.2 Sensores involucrados en el Avance/Retroceso del Bastidor.

Aquí debo mencionar los siguientes sensores involucrados.

- El sensor de Avance del Bastidor: Este sensor de tipo limit switch, detiene el movimiento del Bastidor en el límite máximo de la posición de avance. Para dicho propósito, se utiliza el contacto Normalmente Cerrado NC del sensor. Dicho sensor se activa cuando hace contacto físico con el tope metálico de Fin de Avance. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. En el proyecto se utiliza el sensor Crouzet

modelo **838730**.

- El sensor de Retroceso del Bastidor: Este sensor de tipo limit switch, detiene el movimiento del Bastidor en el límite máximo de la posición de retroceso. Para dicho propósito, se utiliza el contacto Normalmente Cerrado NC del sensor. Dicho sensor se activa cuando hace contacto físico con el tope metálico de Fin de Retroceso. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. En el proyecto se utiliza el sensor Crouzet modelo **838730**.

2.1.9.3.Sensores involucrados en el movimiento Izquierda/Derecha del Coche.

Aquí debo mencionar los siguientes sensores involucrados:

- El sensor de Izquierda del Coche: Este sensor de proximidad magnético, detiene el movimiento del Coche en la posición inicial del desplazamiento lateral. Para dicho propósito, se utiliza el contacto NC del sensor. Dicho sensor se activa cuando está posicionado lo mas cerca posible al tope metálico de Fin de Izquierda, sin necesidad de que exista un contacto físico. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. El sensor es de grado de protección IP67. En el proyecto se utiliza un sensor Telemecanique modelo **XS7C40PC440**.

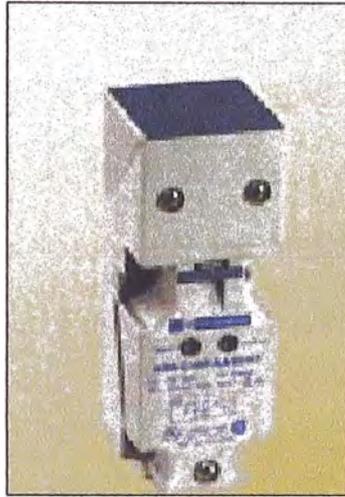


Figura 38: Sensor Telemecanique modelo XS7C40PC440.

- El sensor de Derecha del Coche: Este sensor de proximidad magnético, detiene el movimiento de derecha del Coche en la posición final del desplazamiento lateral. Para dicho propósito, se utiliza el contacto Normalmente Cerrado NC del sensor. Dicho sensor se activa cuando está posicionado, lo más cerca posible al tope metálico de Fin de Derecha, sin necesidad de que exista un contacto físico. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. El sensor es de grado de protección IP67. En este proyecto se utiliza un sensor Telemecanique modelo **XS7C40PC440**.
- El sensor de conteo del desplazamiento del Coche: Es un sensor de proximidad inductivo, interviene en el proceso de conteo del desplazamiento del Coche. Dicho sensor se activa cuando está posicionado cerca a un diente del piñón, sin necesidad de que exista

un contacto físico. El piñón, es accionado por el eje del motorreductor. La señal del sensor es leída por el Contador Multifuncional CPT4. La alimentación del sensor es de 24 Vdc y su grado de protección es IP67. En este proyecto se usa el sensor **XS612B1PAL2**. El diámetro de dicho sensor es de 12 mm.

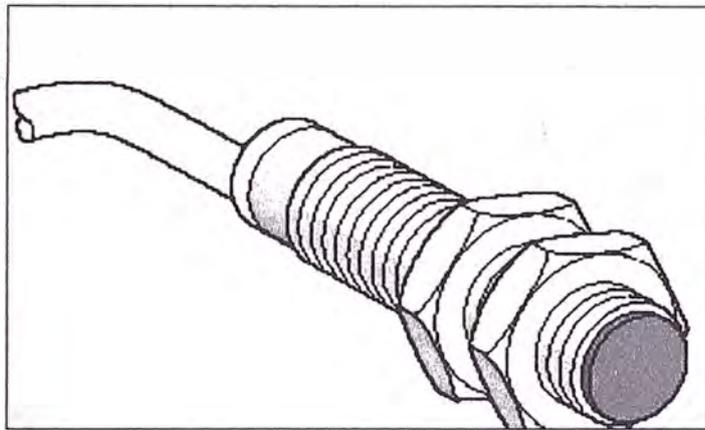


Figura 39: Sensor XS612B1PAL2

2.1.9.4 Sensores involucrados en el movimiento Subida/Bajada del Polín.

Aquí debo mencionar los siguientes sensores involucrados:

- El sensor de Subida del Polín: Este sensor de tipo limit switch, detiene el movimiento de Subida del Polín en la posición del límite superior del Polín. Para dicho propósito, se utiliza el contacto NA del sensor. Dicho sensor se activa cuando hace contacto físico con un tope metálico de Fin de Subida Polín. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. En el proyecto se utiliza el sensor Crouzet modelo **838730**.

- El sensor de Bajada del Polín: Este sensor de tipo proximidad magnético, detiene el movimiento de Bajada del Polín en la posición del límite inferior del Polín. Para dicho propósito, se utiliza el contacto NA del sensor. Dicho sensor se activa cuando está posicionado lo más cerca posible a un tope metálico de Fin de Bajada Polín, sin necesidad de que exista un contacto físico. La alimentación del sensor es de 24 Vdc. El sensor tiene grado de protección IP67. En el proyecto se utiliza un sensor Telemecanique modelo **XS7C40PC440**.

2.1.10 PRESELECTOR MULTIFUNCIONAL.

En este caso usaremos el modelo CPT4 LCD 87620124 Crouzet.

2.1.10.1 Generalidades

El contador multifunción posee 5 modos de función:

- Preselector: Es un contador con impulsos eléctricos, con activación de contactos, cuando se han alcanzado uno o dos valores de preselección.
- Tacómetro: Me permite calcular el número de impulsos eléctricos por minuto o segundo.
- Temporizador: Medida del tiempo transcurrido entre dos estados eléctricos con activación de contactos cuando se han alcanzado el (los) tiempos seleccionados.
- Multitotalizador: Me permite el contaje de impulsos eléctricos en dos entradas de contaje diferentes: Totalizador A y Totalizador B.
- Contador de lotes: Es un Preselector con una opción que me incrementa el contador cada vez que el Preselector activa su contacto.



Figura 40: Preselector Multifuncional CPT4

2.1.10.2 Descripción técnica:

- Visualización: 6 dígitos, con supresión de los cero no significativo y

punto decimal programable.

Altura: LCD 6 mm.

4 indicadores (P1, P2, G, PG).

- Entradas:

Entradas de contaje A y B.

Entradas de control B y C (parada parcial de contaje, denominada función Gate, reset o puesta a cero)

Entradas por contacto, tensión o estática (NPN o PNP).

Se utilizará el modo de entrada con discriminador de fase.

La frecuencia de entrada de contaje: 5 Khz con una entrada, 2.5 Khz con dos entradas.

- Salidas:

Se utilizará la salida tipo relé.

Las salidas OUT 1 para P1 y OUT 2 para P2 están disponibles en salidas estáticas o rele.

2.1.10.3 Breve comentario sobre el funcionamiento de los Preselectores en el presente proyecto:

Previamente se debe haber ingresado los parámetros de P1 y P2 del Preselectores del Puente y del Coche:

- Funcionamiento del Preselector del Puente, durante el movimiento de Bajada del Puente: El valor de P1, es el valor que debo ingresar para que se realice el cambio de velocidad rápida a lenta, comenzando desde la posición cero. El valor de P2, es el valor en la que debo

ingresar para que se detenga el Puente. Se debe mencionar que en la medición de la altura recorrida, el parámetro P2 del Preselector del Puente, realiza un conteo ascendente durante el movimiento de Bajada del Puente, desde la posición 0 hasta el valor de P1, siendo la frecuencia del variador Bridge de 70 Hz; luego se detiene un instante y empieza un breve movimiento de Subida de Puente, cambiando la frecuencia del variador Bridge de 70 Hz a 22 Hz, hasta cuando la posición tome el valor de P2. Cuando se alcanza el valor de P2, se detiene el movimiento del Puente. La distancia recorrida neta equivaldría a $d = 2*P1 - P2$, que viene a ser la medida deseada de la altura de la plancha. Los valores de los parámetros P1 y P2 del Preselector del Puente, va a depender de las medidas deseadas de las alturas de las planchas (12 pulgadas, 16 pulgadas, 18 pulgadas), y del desgaste de los diamantes del disco vertical. Tal como se muestra en la Tabla 4:

Preselector del Puente			Preselector del Coche		
Altura	P1	P2	Espesor	P1	P2
18 pulg.	475.0	463.0	6.3 cm	3.0	73.0
16 pulg.	420.0	413.0			
12 pulg.	320.0	310.0			

Tabla 7: Valores de P1 y P2.

- Funcionamiento del Preselector del Coche, durante el movimiento de Derecha del Coche: El valor de P1, es el valor que debo ingresar para que se realice el cambio de velocidad rápida a lenta. El valor de P2, es

el valor que debo ingresar para que se detenga el Coche. Se debe mencionar que en la medición del espesor recorrido, el parámetro P2 del Preselector del Coche cuenta de manera descendente, a diferencia del Preselector del Puente. El Coche recorre una distancia igual a P2, contando de manera descendente, siendo la frecuencia del variador Right /Left de 50 Hz. Cuando el conteo llega el valor de P1, el variador Right /Left cambia de velocidad rápida a lenta, bajando la frecuencia de 50 Hz a 1.7 Hz, hasta llegar al valor de P2. Cuando se alcanza el valor de P2, se detiene el movimiento del Coche. La distancia recorrida neta equivaldría a $d = P2$, que viene a ser la medida deseada del espesor de la plancha. Los valores de los parámetros P1 y P2 del Preselector del Coche, va a depender de las medidas deseadas de los espesores de las planchas (6.3 cm, y otros).

2.1.10.4 Descripción de los bomes:

A continuación presentaremos el diagrama del cableado de los

Preselectores:

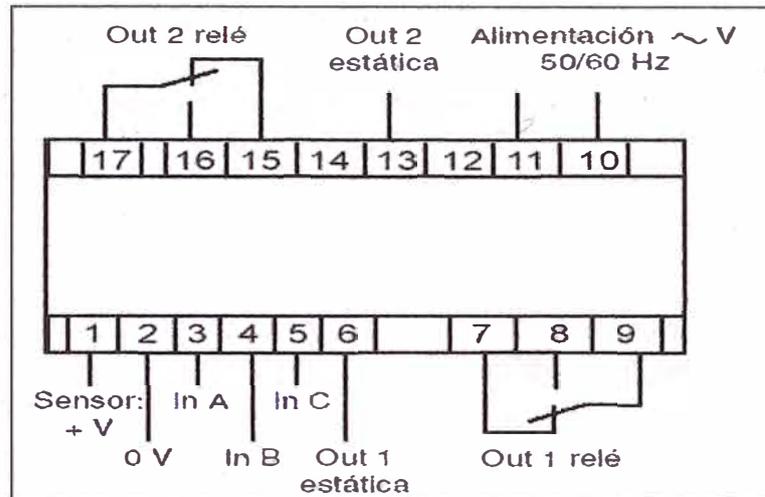


Figura 41: Conexión del Preselector multifuncional

1. Alimentación auxiliar, permite suministrar 12 - 24 Vdc - únicamente en versión alterna para alimentar los generadores de impulsos hasta 50 mA. Nota: Para la alimentación con corriente continua, este borne se emplea para la entrada positiva de la corriente continua.
2. Cero voltio o común – para el uso con la alimentación de energía de captador, de las entradas A, B, y C, y las salidas 1 y 2 de las salidas estáticas.
3. Entrada A (ver Manual de Programación del Preselector CPT4, en el capítulo de APENDICE).
4. Entrada B (ver Manual de Programación del Preselector CPT4 en el capítulo de APENDICE).

5. Entrada C – Programable para el uso como entrada de reset o gate (ver Manual de programación del Preselector CPT4 en el capítulo de APENDICE).
6. Salida estática suministra una señal de salida PNP.
7. Salida relé inversor 1: Contacto normalmente cerrado
8. Salida relé inversor 1: Contacto normalmente abierto.
9. Salida relé inversor 1: Común.
10. Corriente alterna entrada –línea (no cableado para los productos con alimentación continua).
11. Corriente alterna entrada –línea (no cableado para los productos con alimentación continua).
12. No conectar.
13. Salida estática suministra una señal de salida PNP
14. No conectar.

- 15.** Salida relé inversor 2: Contacto normalmente cerrado.

- 16.** Salida relé inversor 2: Contacto normalmente abierto.

- 17.** Salida relé inversor 2: Común.

2.1.10.5 Descripción de los parámetros de los Preselectores:

	Símbolo	Preselector Puede	Preselector Coche
Modo de Utilización:	FctPC	FctPC	FctPC
Puesta en la configuración predefinida	FS :	no*	no*
Función de las entradas de contaje y de control	In :	PPr	CGr
Visualización en la pantalla de un punto decimal	dP:	dP_.0	dP_.0
Modo de reset	rS:	0	AP2
Duración de la señal en salida OUT 1	S1:	On	On
Duración de la señal en salida OUT 2	S2:	On	On
Comportamiento de OUT2 en un reset intermedio	Our:	n*	n*
Lógica de entradas PNP o NPN	In:	PH*	PH*
Frecuencia de entrada de contaje máxima	Frq:	H*	L
Reset Estático o Dinámico:	Rs:	blo	blo
Salvaguardia de las salidas OUT 1 y OUT2:	NEN:	n	n
Totalizador general:	Tot:	n	n
Bloqueo del reset mediante teclas (6 +4)	Rs:	unL	unL
Bloqueo del acceso a la preselección P1	P1:	unL	unL
Bloqueo del acceso a la preselección P2	P2:	unL	unL
Bloqueo de acceso a la Ganancia G	GA:	Loc	loc
Bloqueo de bloqueo de reset, de las preselecciones y de la ganancia	AII:	unL	unL

Tabla 8: Descripción de los parámetros de los Preselectores.

2.1.11 CONVERTIDOR DE CORRIENTE

2.1.11.1 Descripción resumida:

Los convertidores de corriente MACX MCR-SL-CAC-5-I. (UP) convierten alternas senoidales de 1 o 5 A en señales analógicas normalizadas 0...20 mA o 4...20 mA. Los selectores DIP de acceso en la parte superior de la carcasa facilitan la configuración de la corriente. El convertidor de corriente MACX MCR-SL-CAC-5-I. (UP) contiene una gama de tensiones de alimentación de 19,2 a 220 VAC/DC. En el caso específico del proyecto se convierte las señales de 5 A (provenientes del amperímetro) en señales de corriente de 0...20 mA.

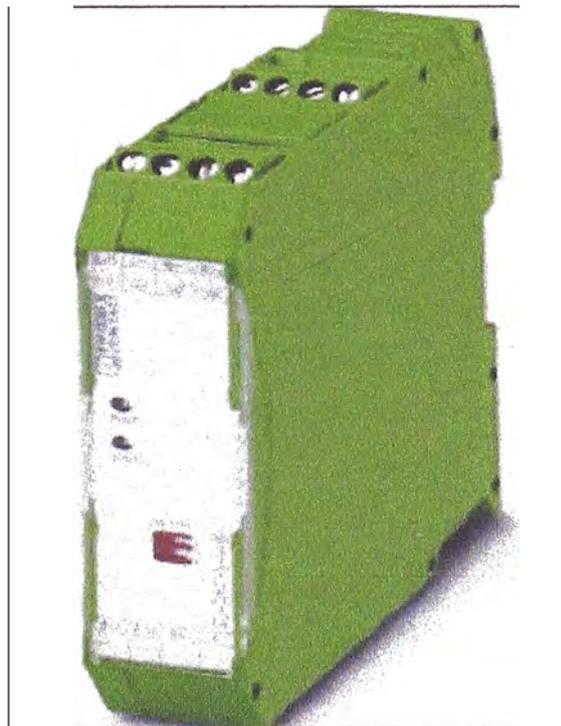


Figura 42: Convertidor de corriente a voltaje MACX MCR-SL-CAC-5-I-UP

2.1.11.2 Conexiones y elementos de operación del modulo:

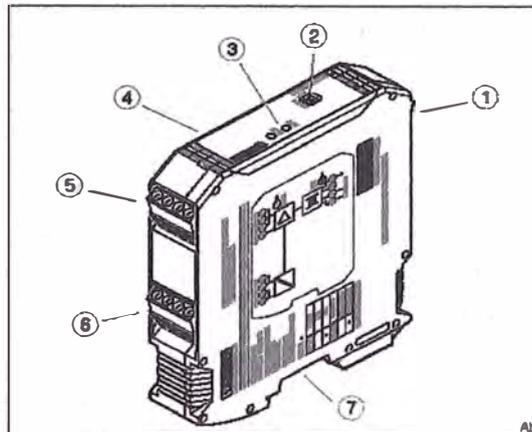


Figura 43: Conexiones y elementos de operación del modulo

1. Entrada 1A/5A. (Se utiliza la entrada de 5 A)
2. Selector DIP.
3. Led de diagnostico.
4. Tapa Transparente.
5. Señales normalizadas de salida. (0 a 20 mA)
6. Tensión de alimentación. (220 Vac)
7. Posibilidad de conexión para conexiones a carril.

2.1.11.3 Indicadores de conexión:

- **Instalación:** Los convertidores de corriente se pueden encajar sobre todos los carriles de 35 mm. La figura 44 muestra la ocupación de los bordes de conexión

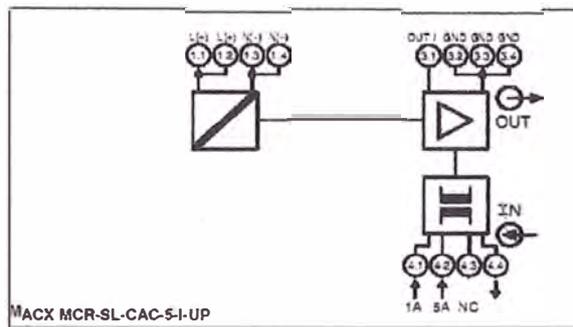


Figura 44: Bordes de conexión

- **Bordes de conexión:** Para el caso específico del proyecto, la conexión de tensión de los convertidores de corriente, se realiza en los bornes de conexión 1.1 (L + = 220 Vac), 1.2 (L + = 220 Vac), 1.3 (N- = 0 Vac), y 1.4 (N- = 0 Vac). La conexión de la corriente de entrada proveniente del amperímetro, se realiza en los bornes de conexión 4.2 (5 A) y 4.4 (0 A). La conexión de la corriente de salida (0... 20 mA) se realiza en los bornes de conexión 3.1 (OUT 1), 3.2 (GND), 3.3 (GND), y 3.4 (GND).

2.1.11.4 Configuración:

La configuración de entrada/salida deseada para el proyecto, se elige con ayuda de los selectores DIP.

DIP 1	Corriente de entrada (input)
	1 A.
ON	5 A.
DIP 2	Corriente de entrada (input)
ON	0 a 20 mA.
	4 a 20 mA

Tabla 9: Configuración de los Preselectores

2.1.12 SOFTWARE DEL PROCESADOR DEL PLC TWIDO.

En este caso utilizaremos el software de procesador TwidoSoft V2.1 que es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y mantener aplicaciones para autómatas programables Twido. TwidoSoft me permite crear programas con distintos tipos de lenguaje (Ladder, Grafcet) después de transferir la aplicación para que se ejecute en un PLC.

Las principales funciones del software TwidoSoft son:

- Interfase de usuario estándar de Windows
- Programación y configuración de autómatas Twido
- Control y comunicaciones del autómatas



Figura 45: Logotipo del software de Procesador Twidosoft V2.1

2.1.13 SISTEMA DE MEDIDA INCREMENTAL MAGNETICO.

El núcleo del Sistema de Medida Incremental Magnético es un conjunto consistente de una banda de acero flexible y una capa magnética regularmente magnetizada con polos norte y sur. La longitud de los intervalos principalmente determina la resolución del sistema y la exactitud. Para la medida y la indicación de la posición, el sensor viaja a través de la banda magnética, constantemente sensando la información.

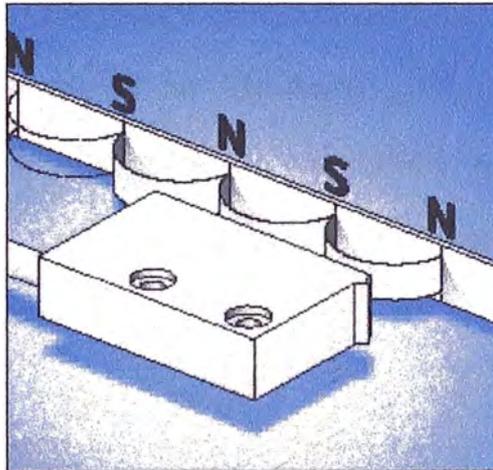


Figura 46: Principio del Sistema Incremental Magnético

Dependiendo de la posición del sistema y de la máxima resolución, distancias y tolerancias de hasta 2 mm son permitidas entre el sensor y la banda magnética. Un especial método de conversión deduce de las señales de medida análoga: la longitud, el ángulo de información y la dirección de movimiento. Hay dos posibilidades para procesar estos valores: pantalla directa en la maquina (vía una unidad de tarjeta

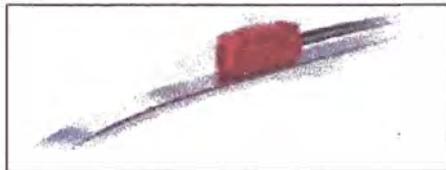
electrónica) o transferencia de datos a un control master (vía interfase estándar). La distancia y la medida del ángulo es una tarea estándar en la construcción de maquinarias y las industrias de ingeniería. El principio de la Medida Incremental evita las desventajas de las medidas de sistemas convencionales tales como encoders de rotación con racks y piñón, transductores o sistemas ópticos, y ofrece mucha ventaja debido a su extrema versatilidad. Este sistema es una solución económica para un amplio rango de medidas de largas longitudes, alta precisión y fácil manejo. Para el caso del proyecto, el Sistema de Medida Incremental Magnético se utiliza en la medición de la altura de la plancha. Consta de los siguientes componentes: el sensor magnético MS 500, el módulo de translación AE 510, la banda magnética MB 500, una barra de perfil PS y un protector de tira SB.



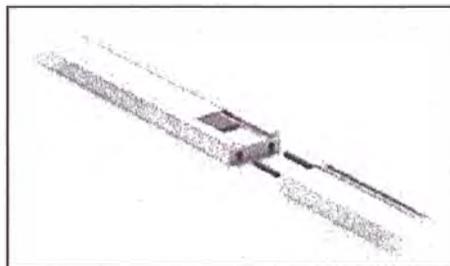
Figura 47: Sistema de Medida Incremental Magnético, junto al motor del Puente

2.1.13.1 Sensor Magnético MS500:

La información de la banda magnética MB500 son detectadas constantemente por el sensor MS500. Un cable de conexión permanece adjunto al sensor, que transmite la información al módulo de translación AE510. Dicho sensor es insensible al polvo y la humedad. La banda magnética MB500 es colocada dentro de un protector, y éste a su vez es alojada dentro de una barra de perfil. La banda magnética está magnetizada a distancias definidas y está firmemente unida a un portador de acero.



**Figura 48: Sensor MS500 +
Banda Magnética MB500**



**Figura 49: Barra de perfil PS
+ Protector SB.**

2.1.13.2 Módulo de Translación AE510:

Convierte la cantidad de información magnética, suministrada por el sensor magnético en señales de salida incrementales. Estas señales son proporcionales a la velocidad. La distancia del pulso puede ser cambiado ajustando el Dip Switch. Es necesario proteger el módulo contra las influencias del medio ambiente como chorros de agua, polvo, golpes, temperaturas extremas. En la figura 51 se especifica el diagrama de conexión del módulo. Para la selección de los parámetros se realiza vía Dip Switches en las siguientes variables: Salida de circuito, Resolución y Frecuencia de Conteo o Distancia de señal. A continuación se muestran los valores mínimos y son los escogidos por el fabricante de la máquina:

- Salida de circuito: LD
- Resolución: 0.005 mm
- Intervalo de pulso: 0.25 uS

1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.005-0.25	1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.005-1
1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.005-4	1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.01-1
1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.01-4	1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.01-16
1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.05-4	1 23	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.05-32
4	<input type="checkbox"/>	LD	4	<input type="checkbox"/>	PP
5	<input type="checkbox"/>	ERR-ON	5	<input type="checkbox"/>	ERR-OFF

Figura 50: Ajuste de Dip Switch en el modulo AE510

Resolution	Pulse distance	V-Max	SW1	SW2	SW3
5µm	0.25µs	13.8m/s	off	off	off
5µm	1µs	3.4m/s	on	off	off
5µm	4µs	0.8m/s	off	on	off
10µm	1µs	6.9m/s	on	on	off
10µm	4µs	1.7m/s	off	off	on
10µm	16µs	0.4m/s	on	off	on
50µm	4µs	9m/s	off	on	on
50µm	32µs	1.1m/s	on	on	on

SW	Output LD	Output PP
4	off	on

SW	Error message active	Error message inactive
5	off	on

Figura 51: Código de los Dip Switches.



Figura 52: Módulo de Translación AE510

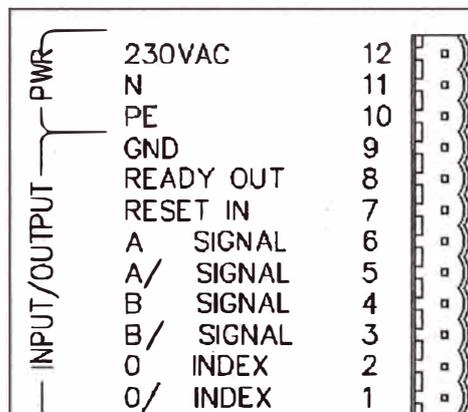


Figura 53: Diagrama de conexión del módulo AE510

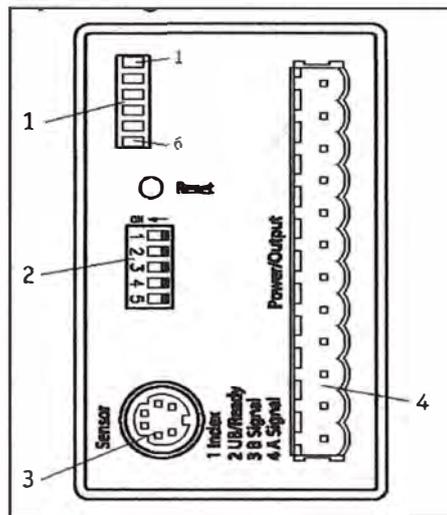


Figura 54: Parte frontal del módulo AE510

Parte frontal del módulo AE510

- **1:** Led del módulo
- **2:** Dip Switches.
- **3:** 6 polos MiniDin para conexión del sensor MB500
- **4:** enchufe de 12 pines.

Mensajes en los bloqueos de Led

- **Rojo Led 1:** Señal A
- **Rojo Led 2:** Señal B.
- **Amarillo Led 3:** Index I
- **Rojo Led 4:** error.
- **Led 5:** no asignado
- **Verde Led 6:** AE510 esta listo para usar.

2.1.14 TEMPORIZADOR.

Los reles temporizadores térmicos tienen dos funciones:

- Controlar, desde que se ponen bajo tensión mediante un contacto auxiliar, que las operaciones no duren más de lo previsto.
- Temporizar las acciones de los reles midiendo la corriente o la tensión.

Se utilizan principalmente para:

- Proteger la resistencia o el autotransformador de arranque de un motor contra los arranques demasiados frecuentes, prolongados o incompletos.
- Retrasar las paradas de seguridad hasta el momento en que la persistencia o repetición de los fenómenos resulten peligrosos.

Pueden darse dos casos:

- La duración es inferior al tiempo determinado en el rele.
- La duración del arranque o del fenómeno es superior al arranque determinado.

En nuestro caso, utilizaremos un temporizador con retardo a la conexión marca Crouzet modelo 88826115-MAR1. Se escoge el rango de 1 -10 min.

Las Características importantes del temporizador modelo 88826115-MAR1 son los siguientes:

- Siete rangos de unidades seleccionables (1s, 10s, 1 min, 10 min, 1h, 10 h, 100 h). Por defecto, para el proyecto se escogerá la unidad seleccionable de 1 min.
- Bobina de alimentación del temporizador de 220 Vac.

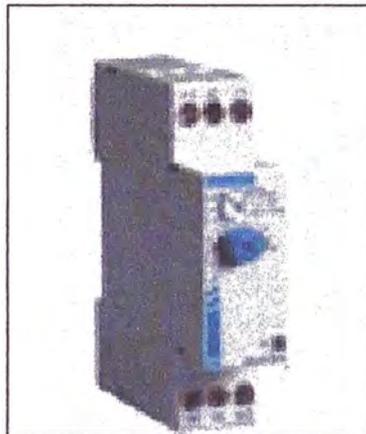


Figura 55: Temporizador Crouzet 88826115-MAR1

2.1.15 VOLTIMETRO-AMPERIMETRO DIGITAL

2.1.15.1 Descripción resumida:

En el proyecto se utiliza dos unidades de voltímetro-amperímetro digital Vemer modelo VM293800, que puede funcionar como amperímetro o voltímetro. En este caso, utilizaremos como amperímetro. Los dos paneles muestran la lectura de las corrientes de los motores de los discos horizontal y vertical, en las escalas de 100/5 y 200/5, respectivamente.

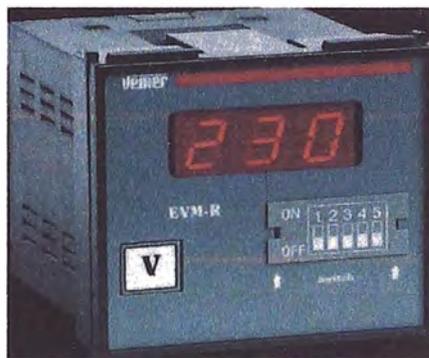


Figura 56: Panel digital Vemer VM293800

2.1.15.2 Diagrama de conexiones:

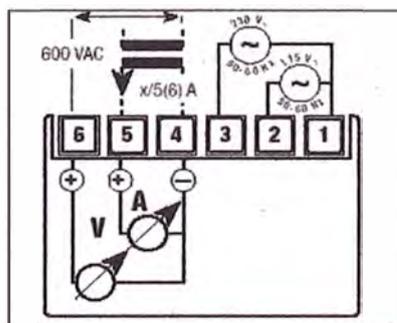


Figura 57: Conexiones

1. Común Alimentación Panel 0 Vac.
2. Alimentación Panel 110 Vac.
3. Alimentación Panel 220 Vac. (Para el proyecto se utiliza este voltaje de alimentación)
4. Común Amperímetro-Voltímetro. Entrada de corriente al panel, proveniente del Transformador de Corriente.
5. Salida de corriente del Panel digital Vemer. Corriente dividida por escala.

2.1.15.3 Manejo del Dip Switch en la selección de la escala:

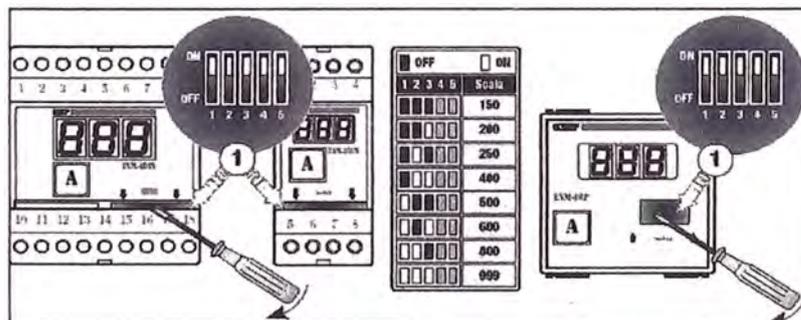


Figura 58: Manejo del Dip Switch.

2.1.15.4 Selección de la escala:

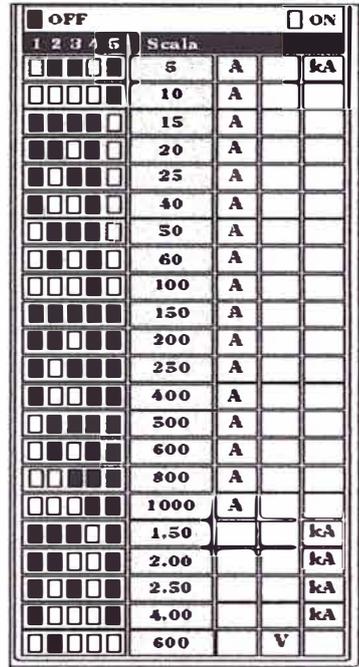


Figura 59: Selección de escala.

La escala viene a ser la relación entre la corriente nominal del motor y la máxima corriente del transformador (5 A). Con ayuda de los selectores Dip Switch, seleccionaremos la escala deseada para los dos paneles respectivos.

Escala	Motor del Disco Horizontal	
100/5	Pines 1,2,3,5	ON
	Pines 4	OFF
Escala	Motor del Disco Vertical	
200 /5	Pines 3	ON
	Pines 1,2,4,5	OFF

Tabla 10: Escala de los paneles.

2.1.16 RELE TERMICO DE SOBRECARGA.

Los **Relés Térmicos** son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

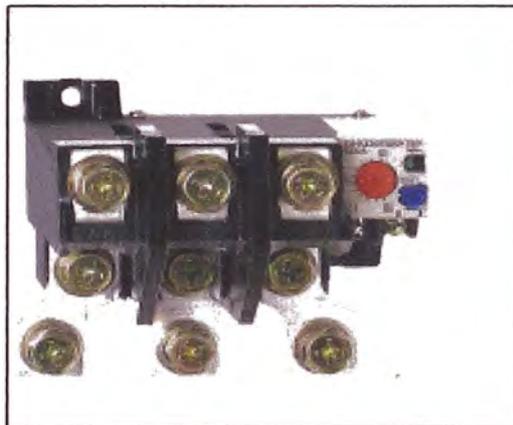
Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga. La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque.

Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento. Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las biláminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de las biláminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo. Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, las biláminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción. Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.

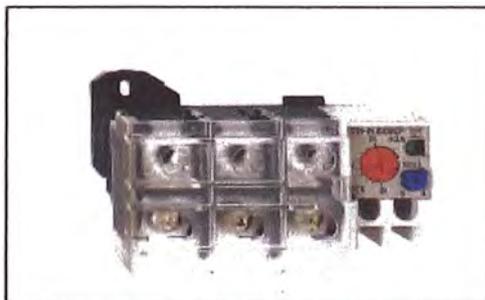
En el proyecto se utiliza los modelos: TH-N12KP (7A - 11A), TH-N60KP (12A - 65A), TH-N120TAKP (85A - 150A) del fabricante Mitsubishi



**Figura 60: Relé de sobrecarga
TH-N12KP**



**Figura 61: Relé de sobrecarga
TH-N120TAKP**



**Figura 62: Relé de sobrecarga
TH-N60KP**

2.1.17 CONTACTORES.

El contactor es un aparato mecánico de conexión accionado por un electroimán que funciona en todo o nada. Cuando la bobina del electroimán está alimentada, el contactor se cierra estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. El desplazamiento de la parte móvil del electroimán que arrastra las partes móviles de los polos y de los contactos auxiliares, o en determinados casos, del dispositivo de control de estos, puede ser:

- Por rotación, pivoteando sobre un eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las cuerdas.
- Por movimiento combinado de los dos.

En el momento en que la bobina deja de ser alimentada, el contactor se abre bajo los efectos

- De los resortes de presión de los polos.
- Del resorte de retorno de la armadura móvil.
- Y para determinados aparatos, de la gravedad (la parte móvil tiende naturalmente a volver a su posición de origen)

El contactor presenta un gran número de ventajas y permite en particular:

- Interrumpir corrientes monofásicas o polifásicas importantes mediante un auxiliar de mando recorrido por una intensidad pequeña.
- Asegurar tanto el funcionamiento intermitente como continuo.

- Efectuar un mando manual o automático a distancia con la ayuda de hilos de pequeña sección, así pues una reducción importante de los cables de potencia utilizados.
- De multiplicar los puestos de mando y de situarlo cerca del operador.

Por otra parte, el contactor:

- Es robusto y fiable porque no encierra ningún mecanismo delicado.
- Se adapta fácil y rápidamente a la tensión de alimentación del circuito de mando (red o fuente independiente).
- Asegura durante una interrupción momentánea de corriente, la seguridad del personal contra los ataques intempestivos (mediante un mando por pulsadores de impulsión)
- Facilita la repartición de los puestos de parada de urgencia y los enclavamientos. Impidiendo la puesta en marcha de la máquina si no son tomadas todas las precauciones.
- Protege al receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Se presta a la concepción de equipos de automatismos o complejos.

En nuestro caso utilizaremos los siguientes modelos de contactor: SN -150 (100 A), SN -65 (100 A), SN-35 (60 A), SN-11 (20 A). Todos los códigos descritos pertenecen a la familia Mitsubishi. Además utilizaremos la llave mecánica UN-ML11.

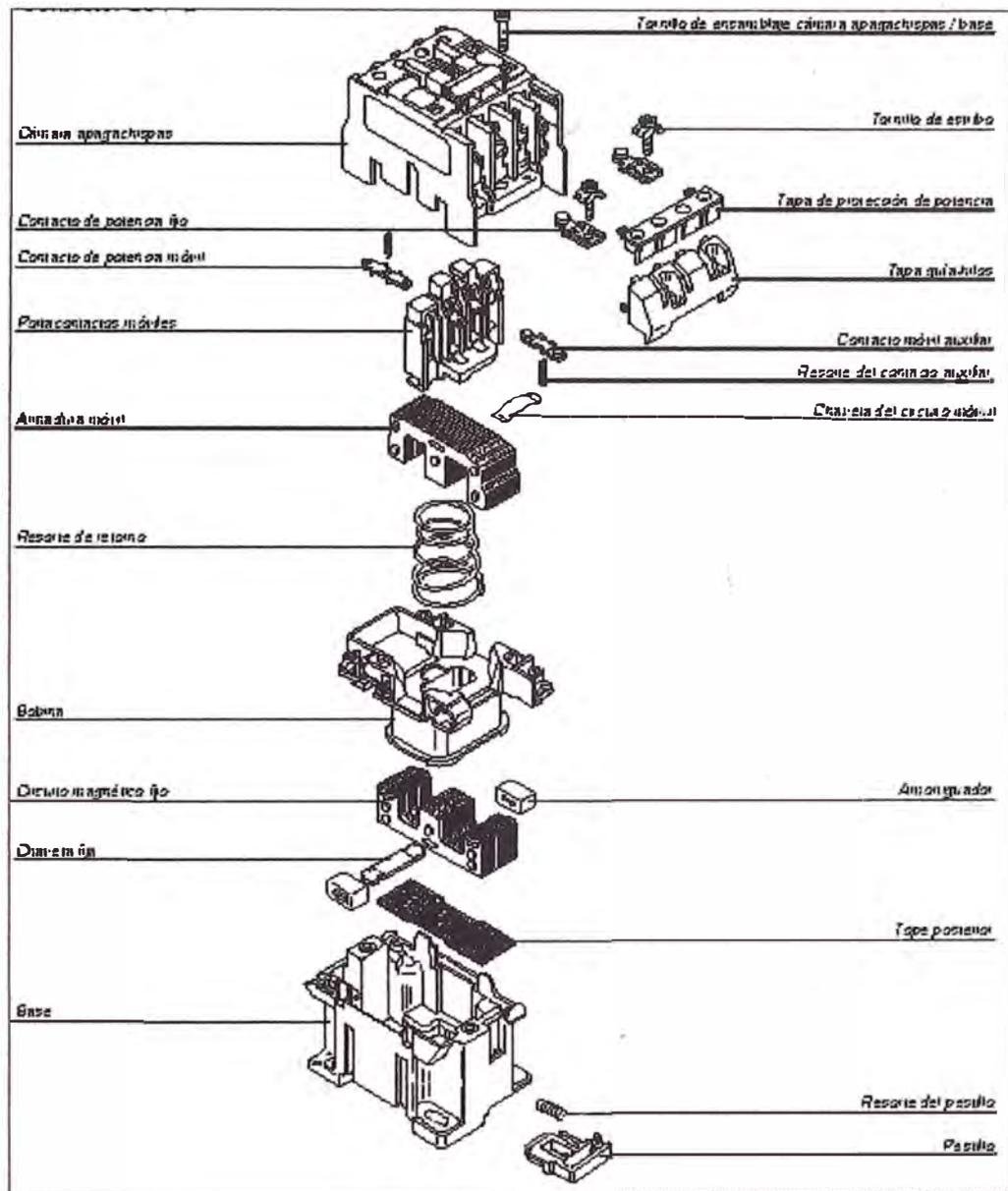
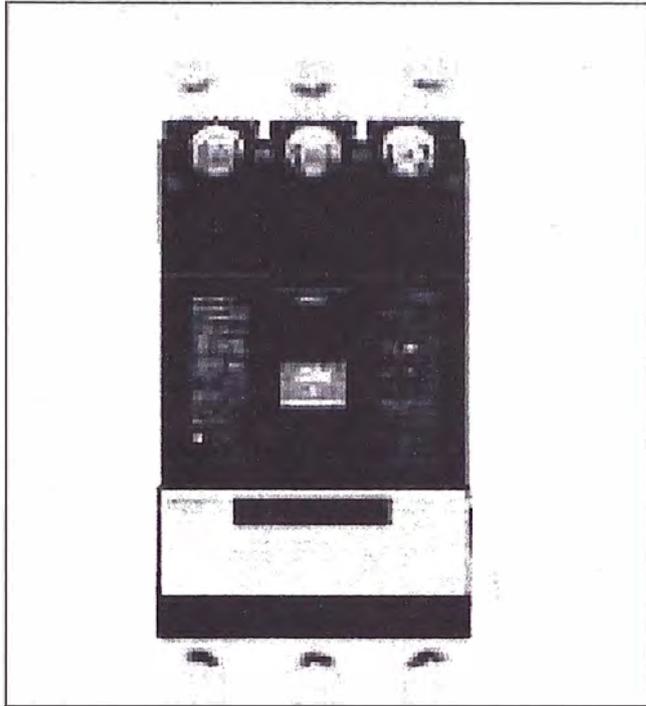


Figura 63: Diagrama del contactor

2.1.18 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

Los interruptores termomagnéticos son elementos de protección que interrumpen automáticamente el paso de la energía eléctrica en caso de sobrecarga o cortocircuito. En nuestro proyecto se utilizará el modelo de interruptor termomagnético NF400-C (300 A).



**Figura 64: Interruptor termomagnético
Mitsubishi NF 400 – C (300 A)**

Mediante esta acción de interrumpir el paso de la corriente eléctrica, realiza la protección de las instalaciones así como de los equipos eléctricos. Las características del interruptor termomagnético hacen que este elemento preste mayor seguridad que el fusible. En caso de falla abre el circuito automáticamente con una señal visible (la posición de la palanca) y una vez que la falla ha sido corregida se puede reenganchar el interruptor sin la necesidad de cambiar ninguna pieza.

Los interruptores magnéticos proporcionan:

- Protección de sobrecarga.
- Protección de cortocircuito.

- Función de desconexión.
- Protección de falla a tierra.

Los interruptores termomagnéticos tiene dos unidades diferentes de disparo uno térmico y otro magnético.

- Durante una sobrecarga, cuando demasiados aparatos están conectados al mismo circuito y puestos a funcionar al mismo tiempo. Una de las unidades es de disparo térmico que contiene un elemento bimetalito, el cual se calienta al paso de la corriente eléctrica y acciona el mecanismo de disparo en función de una curva de disparo de acuerdo a las características que le dan los fabricantes. Esta curva esta diseñada de tal manera que responde más rápido a mayor carga que atraviesa sus bimetalitos.
- Durante un cortocircuito, cuando con tensión toca un elemento que está a tierra, u otro conductor energizado y se produce un cortocircuito.

Otra de las unidades de disparo corresponde al magnético el cual se obtiene con un electroimán que interviene en forma instantánea cuando la corriente sobrepasa varias veces la corriente nominal, lo que es el caso del cortocircuito.

Los interruptores monofásicos y trifásicos tienen un mecanismo de disparo común que provoca la apertura de todas las fases del circuito

en caso de falla en cada una de ellas.

Una de las ventajas de los interruptores electromagnéticos, con relación a los fusibles, se presenta en la posibilidad de poder desconectar el circuito cuando se desee con toda facilidad. Para ello basta con accionar la manija externa del interruptor con lo cual se abrirán todos los contactos interiores.

Si bien es cierto que todos los interruptores termomagnéticos proporcionan las funciones anteriormente indicadas, se debe tener presente que no todos pueden proporcionarnos la función de protección para falla a tierra.

Los interruptores termomagnéticos complementan su función usando un transformador que sensa la corriente que detecta cuando aparece una corriente a tierra del circuito provocando la desconexión del interruptor.

2.1.19 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Son dispositivos indispensables, en todos los sistemas eléctricos y tienen dos funciones principales: Medir altas intensidades de corriente con instrumentos de bajo alcance, y separar eléctricamente el circuito a medir, de los instrumentos de medición. En el proyecto se utiliza un transformador de corriente de 200/5 (200 A en el primario es equivalente a 5 A en el secundario), con una potencia de 5 VA y un transformador de corriente de 100/5 (100 A en el primario es equivalente a 5 A en el secundario) con una potencia de 5 VA; para la medición de las corrientes de los motores vertical y horizontal, respectivamente. Para el caso del proyecto, se selecciona los transformadores de corriente TU40-100/5 y TU40-200/5. Estos son los modelos TU-40 de SACI. Dichos transformadores de corriente tiene como medidas de barra cuadrada 40 x 10 mm con una abertura interior de 30 mm de diámetro.



Figura 65: Transformador de corriente TU40 SACI

2.1.20 INDICADOR DE VELOCIDAD

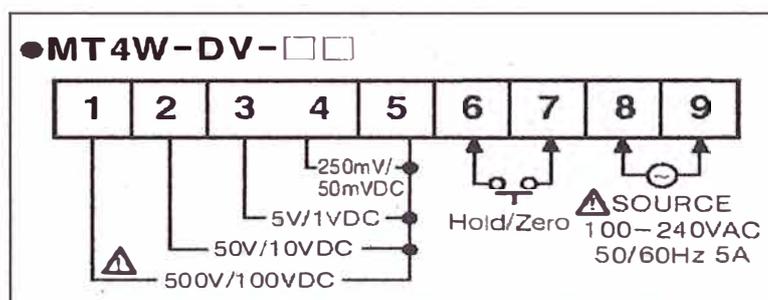
En este caso se utilizará el modelo MT4W -DV-4N de 4 dígitos marca Autonics, cuya entrada es de una tensión DC multirango (0-50 mV a 0-500 Vcc), tamaño de 48 x 96 mm., y voltaje de alimentación del display entre 100/240 Vac. También puede mostrar las siguientes funciones: monitoreo de la frecuencia alterna: 0.1 a 9999 Hz, función escalar, alto y bajo, monitoreo de valores máximos y mínimos y otros.



**Figura 66: Indicador de velocidad
Autonics MT4W - DV- 4N**

2.1.20.1 Descripción de los bornes:

Usaremos los bornes 2 y 5, proveniente de la salida análoga del variador Fwd/Rev (10 V). y los bornes 8 y 9 del voltaje de alimentación 220 Vac.



**Figura 67: Descripción de los bornes del
Indicador de velocidad Autonics MT4W - DV- 4N**

2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA.

2.2.1 ACTIVACION DE LOS MOTORES DE LOS DISCOS.

Una condición importante para empezar el Ciclo Automático, es la activación de los motores del disco horizontal y del disco vertical. Para ello, debo presionar el pulsador Arranque de Motor Vertical, y el pulsador Arranque del Motor Horizontal, respectivamente. Si no se cumple esta condición, no se ejecutará el Ciclo Automático. En el caso del Ciclo Manual, no se requiere dicha condición.

2.2.2 CICLO MANUAL DE LA MAQUINA.

Para el Ciclo Manual, cabe destacar las siguientes situaciones:

2.2.2.1 Movimiento Subida del Puente:

Para ejecutar el movimiento Subida del Puente, se debe presionar el pulsador Subida del Puente. Acto seguido, se activa el variador de velocidad electrónico Bridge. El Puente sube a una frecuencia dada por el variador Bridge de 70 Hz. Dicho movimiento se detendrá cuando el operario presiona el pulsador Parada, o cuando el tope metálico de Fin de Subida active el sensor de Subida del Puente. La velocidad de Subida del Puente es de 12.7 m/min.

2.2.2.2 Movimiento Bajada del Puente:

Previamente se debe haber ingresado los parámetros de P1 y P2 del

Preselector del Puente. Este realizará el conteo de forma ascendente. El valor de P1, es el valor que debo ingresar para que se realice el cambio de velocidad rápida a lenta, comenzando desde la posición cero. El valor de P2, ($P2 > P1$) es el valor en la que debo ingresar para que se detenga el Puente. Para ejecutar el movimiento de Bajada del Puente, se debe presionar el pulsador Bajada del Puente. Acto seguido, se activa el variador de velocidad electrónico Bridge. Dicho movimiento se detendrá en tres situaciones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Bajada activa el sensor de Bajada del Puente en el limite inferior del Puente; y tercero, cuando el Puente recorre una distancia igual al valor de $d = 2 * P1 - P2$. Se debe mencionar que en la medición de la altura recorrida, el Preselector de Puente realiza un conteo ascendente durante el movimiento de Bajada del Puente, desde la posición 0 hasta el valor de P1, siendo la frecuencia del variador Bridge de 70 Hz (La velocidad de Bajada del Puente es de 12.7 m/min) luego se detiene un instante y empieza un breve movimiento de Subida del Puente, cambiando la frecuencia del variador Bridge de 70 Hz a 22 Hz (La velocidad de Bajada del Puente cambia de 12.7 m/min a 4 m/min) . Cuando se alcanza el valor de P2, se detiene el movimiento del Puente. La distancia recorrida neta equivaldría a $d = 2 * P1 - P2$, que viene a ser la medida deseada de la altura de la plancha. Los valores de los parámetros P1 y P2 del Preselector del Puente, va a depender de las medidas deseadas de las alturas de las planchas (12

pulgadas, 16 pulgadas, 18 pulgadas), y del desgaste de los diamantes del disco vertical

2.2.2.3 Movimiento Avance del Bastidor:

Para ejecutar el movimiento Avance del Bastidor, se debe presionar el pulsador Avance del Bastidor. Acto seguido, se activa el movimiento por medio del variador de velocidad electrónico Fwd/Rev del Bastidor. Dicho movimiento se detendrá en dos ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Avance activa el sensor de Avance del Bastidor. El operario puede variar la velocidad del Bastidor manipulando el potenciómetro, hasta un máximo de 50 Hz en la frecuencia del variador Fwd/Rev, equivalente a 9.1 m/min.

2.2.2.4 Movimiento Retroceso del Bastidor:

Para ejecutar el movimiento de Retroceso del Bastidor, se debe presionar el pulsador Retroceso del Bastidor. Acto seguido, se activa el variador de velocidad electrónico Fwd/Rev del Bastidor. Dicho movimiento se detendrá en dos ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Retroceso activa el sensor de Retroceso del Bastidor. El movimiento de Retroceso del Bastidor se ejecutará con una frecuencia de 50 Hz en el variador Fwd/Rev. Esto equivale aproximadamente a una velocidad de 9.1 m/min.

2.2.2.5 Movimiento Izquierda del Coche:

Para ejecutar el movimiento Izquierda del Coche, se debe presionar el pulsador de Izquierda del Coche. Acto seguido, se activa el variador de velocidad electrónico Right/Left del Coche. Dicho movimiento se detendrá en dos ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Izquierda del Coche activa el sensor de Izquierda del Coche. El movimiento Izquierda del Coche se ejecutará con una frecuencia de 50 Hz en el variador Right/Left. La velocidad del movimiento Izquierda del Coche es de 9.1 m/min.

2.2.2.6 Movimiento Derecha del Coche:

Previamente se debe haber ingresado los parámetros P1 y P2 del Preselector del Coche. El valor de P1, es el valor que debo ingresar para que se realice el cambio de velocidad rápida a lenta. El valor de P2, es el valor que debo ingresar para que se detenga el Coche. Se debe mencionar que en la medición del espesor recorrido, el Preselector del Coche cuenta de manera descendente, a diferencia del Preselector del Puente. Para ejecutar el movimiento de Derecha del Coche, se debe presionar el pulsador Derecha del Coche. Acto seguido, se activa el variador de velocidad electrónico Right/Left del Coche. Dicho movimiento se detendrá en tres ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Derecha activa el sensor de Derecha del

Coche; y tercero, cuando el Coche recorre una distancia igual al valor de P2. El Coche recorre una distancia igual a P2, contando de manera descendente, siendo la frecuencia del variador Right /Left de 50 Hz (La velocidad de movimiento es de 9.1 m/min). Cuando el conteo llega el valor de P1 (siendo $P1 < P2$), el variador Right /Left cambia de velocidad rápida a lenta, bajando la frecuencia de 50 Hz a 1.7 Hz (La velocidad de movimiento cambia de 9.1 m/min a 0.3 m/min), hasta llegar al valor de P2. Cuando se alcanza el valor de P2, se detiene el movimiento del Coche. La distancia recorrida neta equivaldría a $d = P2$, que viene a ser la medida deseada del espesor de la plancha. Los valores de los parámetros P1 y P2 del Preselector del Coche, va a depender de las medidas deseadas de los espesores de las planchas (6.3 cm, y otros). El valor seleccionado del parámetro P1 es 3.0 y el valor seleccionado del parámetro P2 es 73.0 para un espesor real de 630 milímetros .de la plancha.

2.2.2.7 Movimiento Subida del Polín:

Antes de ejecutar esta acción, el Polín de Recojo del Material debe estar en la posición límite inferior del Polín. Para ejecutar el movimiento de Subida del Polín, se debe presionar el pulsador Subida del Polín. Acto seguido, se activa el movimiento por medio del motor del Polín. Dicho movimiento se detendrá en tres ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada del Polín; segundo, cuando el tope metálico de Fin Subida Polín activa el sensor de Subida

del Polín; y tercero, cuando deseo realizar inmediatamente el movimiento Bajada del Polín. La velocidad de movimiento Subida del Polín es de 4.8 m/min.

2.2.2.8 Movimiento Bajada del Polín:

Antes de ejecutar esta acción, el Polín de Recojo del Material debe estar en la posición límite superior del Polín. Para ejecutar el movimiento de Bajada del Polín, se debe presionar el pulsador de Bajada del Polín. Acto seguido, se activa el movimiento por medio del motor del Polín. Dicho movimiento se detendrá en tres ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada del Polín; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Bajada Polín activa el sensor de Bajada del Polín; y tercero, cuando deseo realizar inmediatamente el movimiento de Subida del Polín. La velocidad del movimiento Bajada del Polín es de 4.8 m/min.

2.2.3 CICLO AUTOMATICO ORIGINAL DE LA MÁQUINA.

Para el ciclo automático, debo especificar los siguientes pasos:

2.2.3.1 Condiciones iniciales para el Ciclo Automático:

Al colocar el bloque sobre el Coche, se debe trasladar hacia la posición de corte. Una condición importante para iniciar el Ciclo Automático, es la activación de los motores del disco horizontal y del disco vertical, mediante los pulsadores Arranque de Motor Vertical y

Arranque de Motor Horizontal, respectivamente. Si no se cumple esta condición, no se ejecutará el Ciclo Automático. A continuación, se describirá las acciones del Ciclo Automático en forma secuencial.

2.2.3.2 Movimiento Derecha del Coche.

El Movimiento Derecha del Coche es la primera fase del ciclo automático. Previamente se debe haber ingresado los parámetros de P1 y P2 del Preselector del Coche. El Preselector realizará el conteo de forma descendente. El valor de P1, es el valor que deseo que se realice el cambio de velocidad rápida a lenta. El valor de P2, es el valor del espesor requerido. Como condición, para comenzar el Ciclo Automático, el tope metálico de Fin de Retroceso debe estar activando el sensor de Retroceso del Bastidor. Si se cumple las condiciones descritas, entonces al poner el Selector en modo automático, provocará el movimiento de Derecha del Coche. El Coche se detendrá hasta cuando se alcanza el valor de P2. Una vez, terminado, inmediatamente, comienza la segunda fase del Ciclo Automático, que es el Movimiento Avance del Bastidor. La velocidad de Derecha del Coche, inicialmente es de 9.1m/min para después cambiar a 0.3 m/min

2.2.3.3 Movimiento Avance del Bastidor.

El Movimiento Avance del Bastidor es la segunda fase del Ciclo Automático. Es la fase que se desea optimizar para mejorar la

productividad y la facilitación del trabajo al personal operario. La máquina Cortadora de Bloques en su programa de automatización original; solamente permite la manipulación de la velocidad de avance del Bastidor por medio de un potenciómetro. El operario modifica la velocidad de avance del Bastidor, dependiendo de la dureza del material a cortar, y de otros peligros que pudieran dañar al disco. Dicho movimiento se detendrá en dos ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Avance activa el sensor de Avance del Bastidor. Siendo este último, la culminación de la segunda fase y el comienzo de la tercera fase. El movimiento de Avance del Bastidor se realiza por medio del variador de velocidad electrónico Fwd/Rev del Bastidor a una frecuencia referenciada por el potenciómetro. La velocidad máxima del avance del Bastidor es de 9.1 m/min.

2.2.3.4 Movimiento Retroceso del Bastidor.

El Movimiento Retroceso del Bastidor es la tercera fase del Ciclo Automático. Una condición importante para que se realice el movimiento del Retroceso del Bastidor, es que el Polín de Recojo del Material esté ubicado en la posición del límite superior del Polín. En otras palabras, el sensor de Polín de Subida debe estar activado. Si se cumple la condición, entonces, apenas el tope metálico de Fin de Avance active el sensor de Avance del Bastidor, se inicia el movimiento de Retroceso del Bastidor. En caso contrario, no se

ejecuta el movimiento de Retroceso del Bastidor, hasta cuando el Polin esté en la posición de límite superior del Polin. Dicho movimiento se detendrá en dos ocasiones: primero, cuando el operario presiona el pulsador Parada; segundo, cuando el tope metálico de Fin de Retroceso active el sensor de Retroceso del Bastidor. El movimiento de Retroceso del Bastidor se realiza por medio del variador de velocidad electrónico Fwd/Rev del Bastidor a una frecuencia de 50 Hz, que equivale a una velocidad de 9.1m/min. La tercera fase del ciclo automático finaliza cuando el tope metálico de Fin de Retroceso active el sensor de Retroceso del Bastidor.

2.2.3.5 Movimiento Bajada y Subida del Polin.

El movimiento de Bajada y Subida del Polin es la cuarta fase del Ciclo Automático. Antes de ejecutar esta fase del ciclo automático, el Polín de Recojo del Material debe estar en la posición de límite superior del Polin. Si el Polín de Recojo de Material, está en la posición de límite inferior del Polin, entonces al cambiar el Selector de modo manual a modo automático provoca el movimiento de Subida del Polín. Apenas, el tope metálico de Fin de Retroceso activa el sensor de Retroceso del Bastidor, se inicia el movimiento de Bajada del Polín con el material cortado, activándose el motor del Polín, y se detendrá cuando el tope metálico de Fin de Bajada Polin active el sensor de Bajada del Polín. Acto seguido, se activa un temporizador externo, con una duración variable en un rango de 1-10 minutos, que viene a ser el tiempo

requerido para retirar el material cortado del Polín. Al terminarse dicho tiempo, se inicia el movimiento de Subida del Polín, activándose el motor del Polín, y se detendrá cuando el tope metálico de Fin de Subida Polin active el sensor de Subida del Polín, esperando que el Bastidor reinicie el movimiento de Avance del Bastidor, para continuar con el siguiente ciclo. Es posible ejecutar el movimiento de Bajada del Polín estando está en la posición de límite superior del Polin, si se presiona el pulsador de Bajada del Polín. Igualmente, es también posible ejecutar el movimiento de Subida del Polín estando está en la posición de límite inferior del Polin, si se presiona el pulsador de Subida del Polín. El movimiento de Polín se detendrá cuando el operario presiona el pulsador Parada del Polín.

**2.3 ESQUEMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC ORIGINAL
CROUZET**

DISTRIBUCION DE LAS SALIDAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE ORIGINAL	
PLC CROUZET MODELO XT20	
O1	MOVIMIENTO BAJADA DEL PUENTE
O2	MOVIMIENTO SUBIDA DEL PUENTE
O3	VELOCIDAD PRESELECCIONADA DEL PUENTE.
O4	DISPONIBLE.
O5	DISPONIBLE.
O6	DISPONIBLE.
O7	DISPONIBLE.
O8	DISPONIBLE.

**Tabla 11: Distribución de las salidas del controlador lógico programable
PLC Crouzet modelo XT28**

DISTRIBUCION DE LAS ENTRADAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE ORIGINAL	
PLC CROUZET MODELO XT20	
I1	PULSADOR DE SUBIDA DEL PUENTE.
I2	PULSADOR DE BAJADA DEL PUENTE.
I3	PULSADOR DE PARADA DEL PUENTE.
I4	ENTRADA DE LA 1ERA SALIDA DEL PRESELECTOR DEL PUENTE.
I5	ENTRADA DE LA 2DA SALIDA DEL PRESELECTOR DEL PUENTE.
I6	SENSOR DE BAJADA DEL PUENTE.
I7	SENSOR DE SUBIDA DEL PUENTE.
I8	SELECTOR MANUAL.
I9	DISPONIBLE.
I10	DISPONIBLE.
I11	DISPONIBLE.
I12	DISPONIBLE.

Tabla 12: Distribución de las entradas del controlador lógico programable PLC Crouzet modelo XT28

DISTRIBUCION DE LAS SALIDAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE ORIGINAL	
PLC CROUZET MODELO XD26	
O1	MOVIMIENTO AVANCE DEL BASTIDOR.
O2	MOVIMIENTO RETROCESO DEL BASTIDOR.
O3	MOVIMIENTO IZQUIERDA DEL COCHE.
O4	MOVIMIENTO DERECHA DEL COCHE.
O5	RESETEO DEL PRESELECTOR DEL COCHE.
O6	TEMPORIZADOR VARIABLE DEL POLIN.
O7	HABILITADOR DEL MOVIMIENTO DE SUBIDA DEL POLIN.
O8	HABILITADOR DEL MOVIMIENTO DE BAJADA DEL POLIN.
O9	RELE DE SENSOR DE SUBIDA DE POLIN.
OA	RELE DE SENSOR DE BAJADA DEL POLIN.

**Tabla 13: Distribución de las salidas del controlador lógico programable
PLC Crouzet modelo XD26**

DISTRIBUCION DE LAS ENTRADAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE ORIGINAL	
PLC CROUZET MODELO XD26	
I1	ALIMENTACION 24 Vdc.
I2	SELECTOR AUTOMATICO.
I3	PULSADOR DE PARADA AVANCE -RETROCESO IZQUIERDA- DERECHA.
I4	SENSOR DE AVANCE DEL BASTIDOR.
I5	SENSOR DE RETROCESO DEL BASTIDOR.
I6	PULSADOR DE AVANCE DEL BASTIDOR.
I7	PULSADOR DE RETROCESO DEL BASTIDOR.
I8	PULSADOR DE DERECHA DEL COCHE.
I9	PULSADOR DE IZQUIERDA DEL COCHE.
IA	ENTRADA DE LA 2DA SALIDA DEL PRESELECTOR DEL COCHE.
IB	SENSOR DE DERECHA DEL COCHE.
IC	SENSOR DE IZQUIERDA DEL COCHE.
ID	ENTRADA DEL TEMPORIZADOR VARIABLE DEL POLIN.
IE	PULSADOR DE PARADA DEL POLIN.
IF	SENSOR DE SUBIDA DEL POLIN.
IG	SENSOR DE BAJADA DEL POLIN.

Tabla 14: Distribución de las entradas del controlador lógico programable PLC Crouzet modelo XD26

2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO ORIGINAL DE LA MAQUINA.

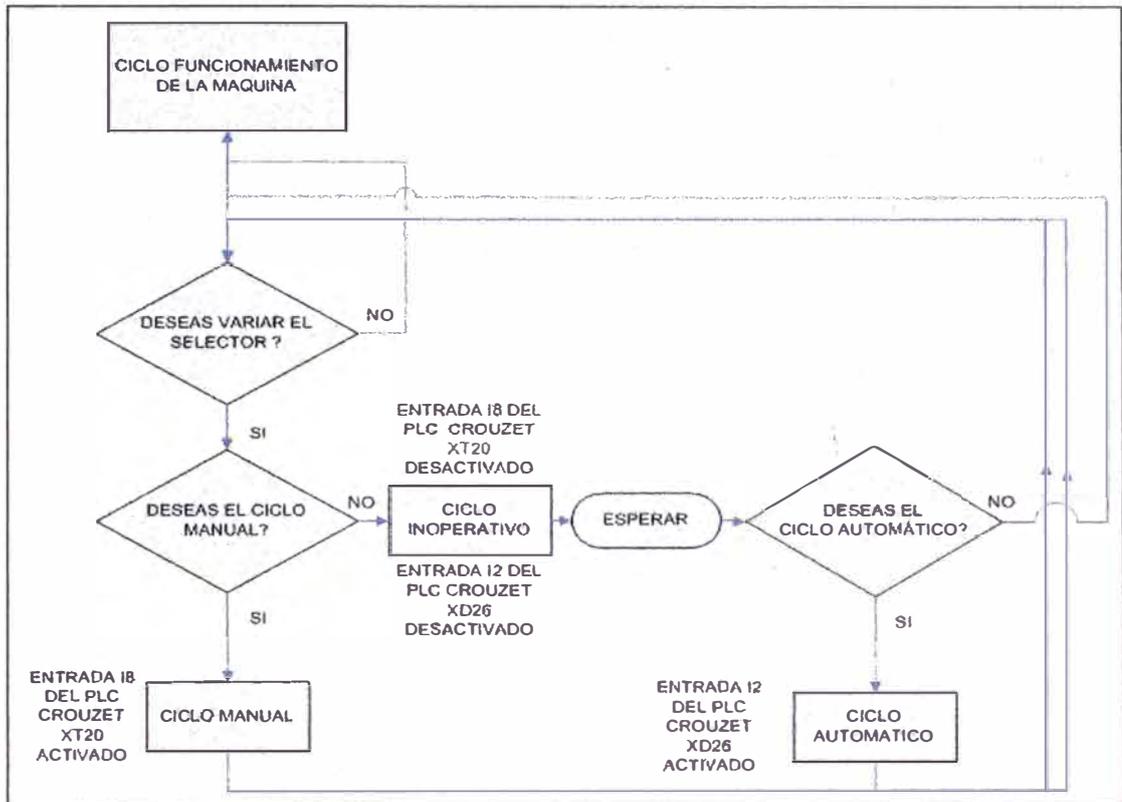


Figura 68: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crowzet hoja 1

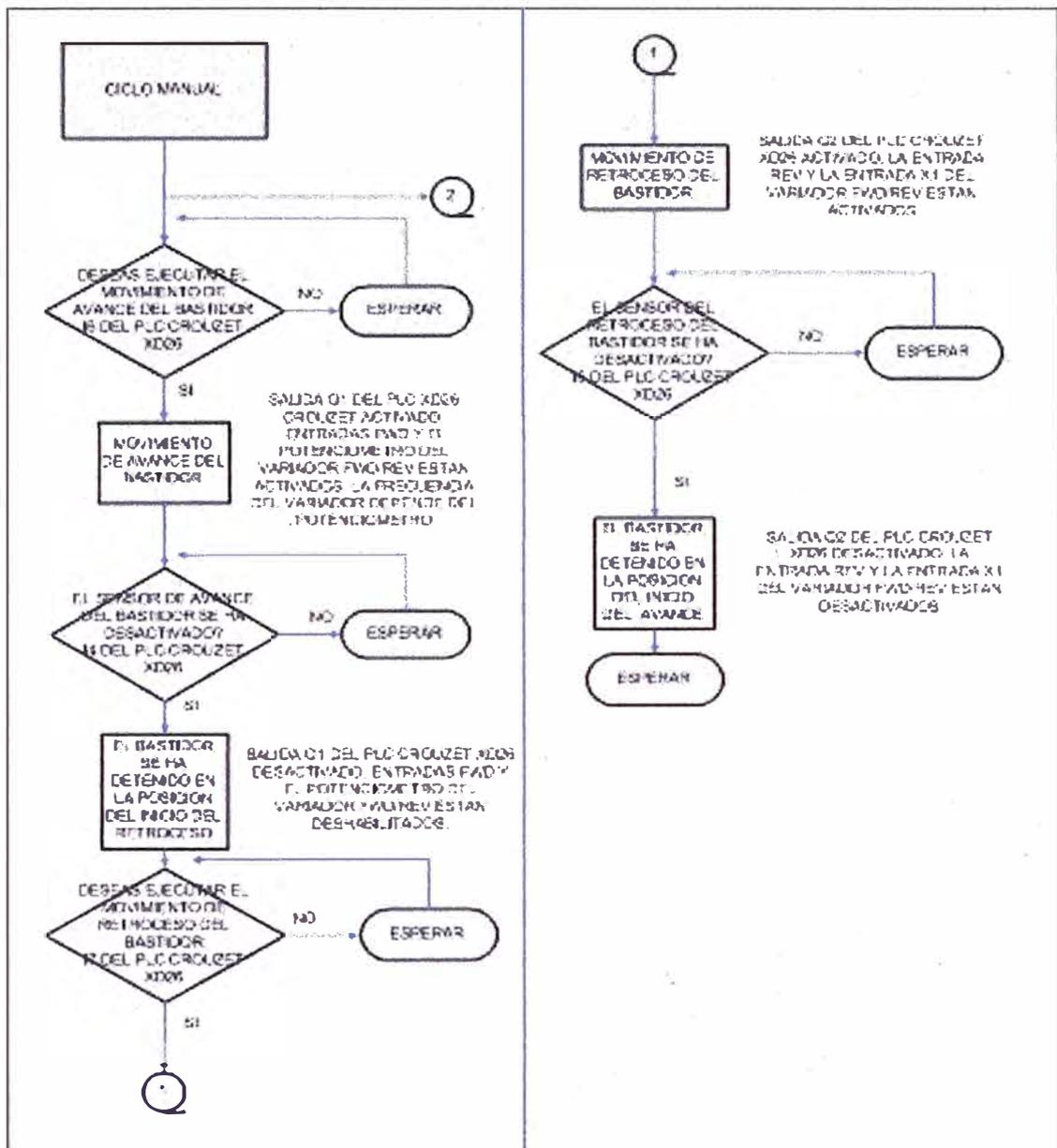


Figura 69: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 2

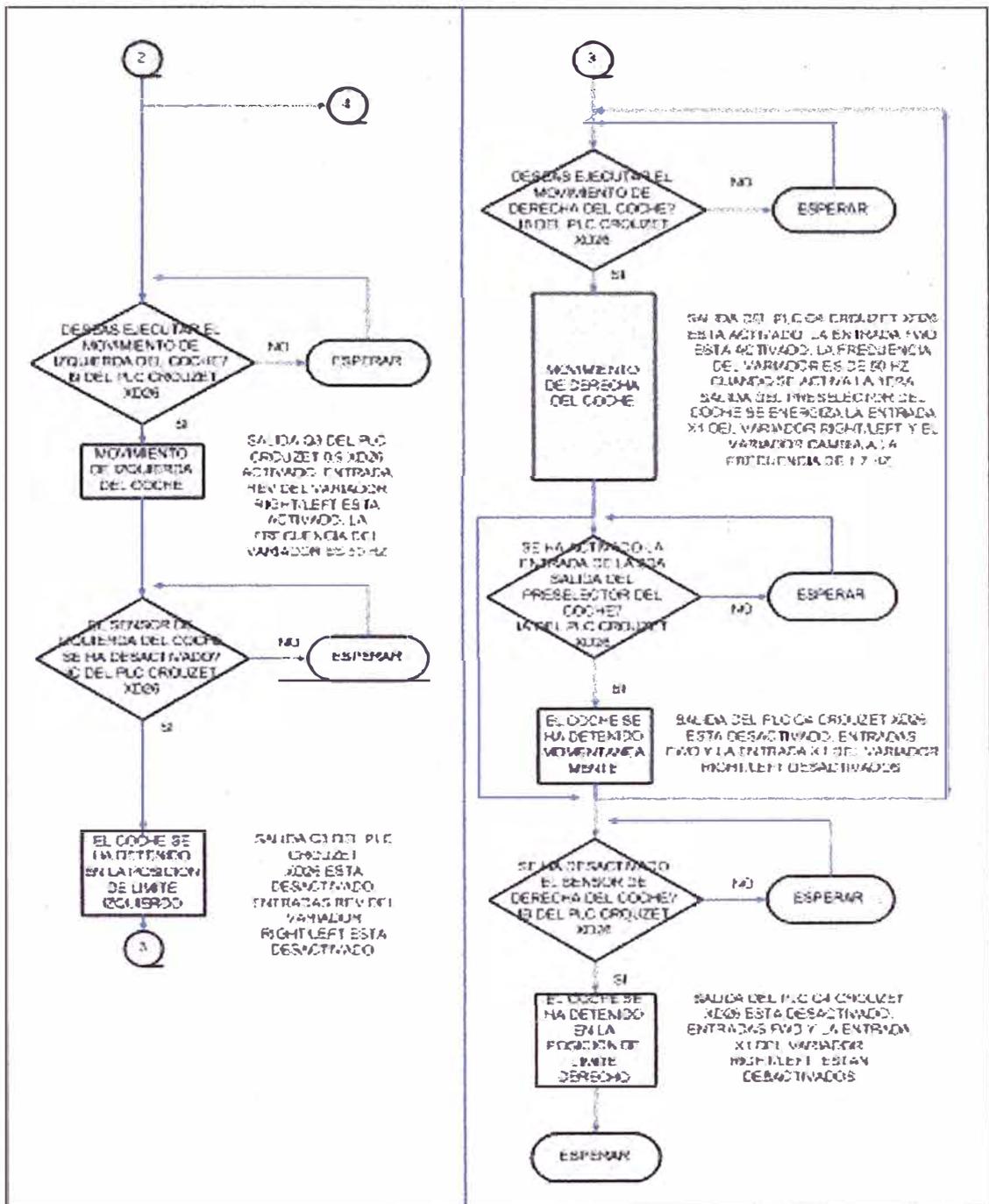


Figura 70: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crowzet hoja 3

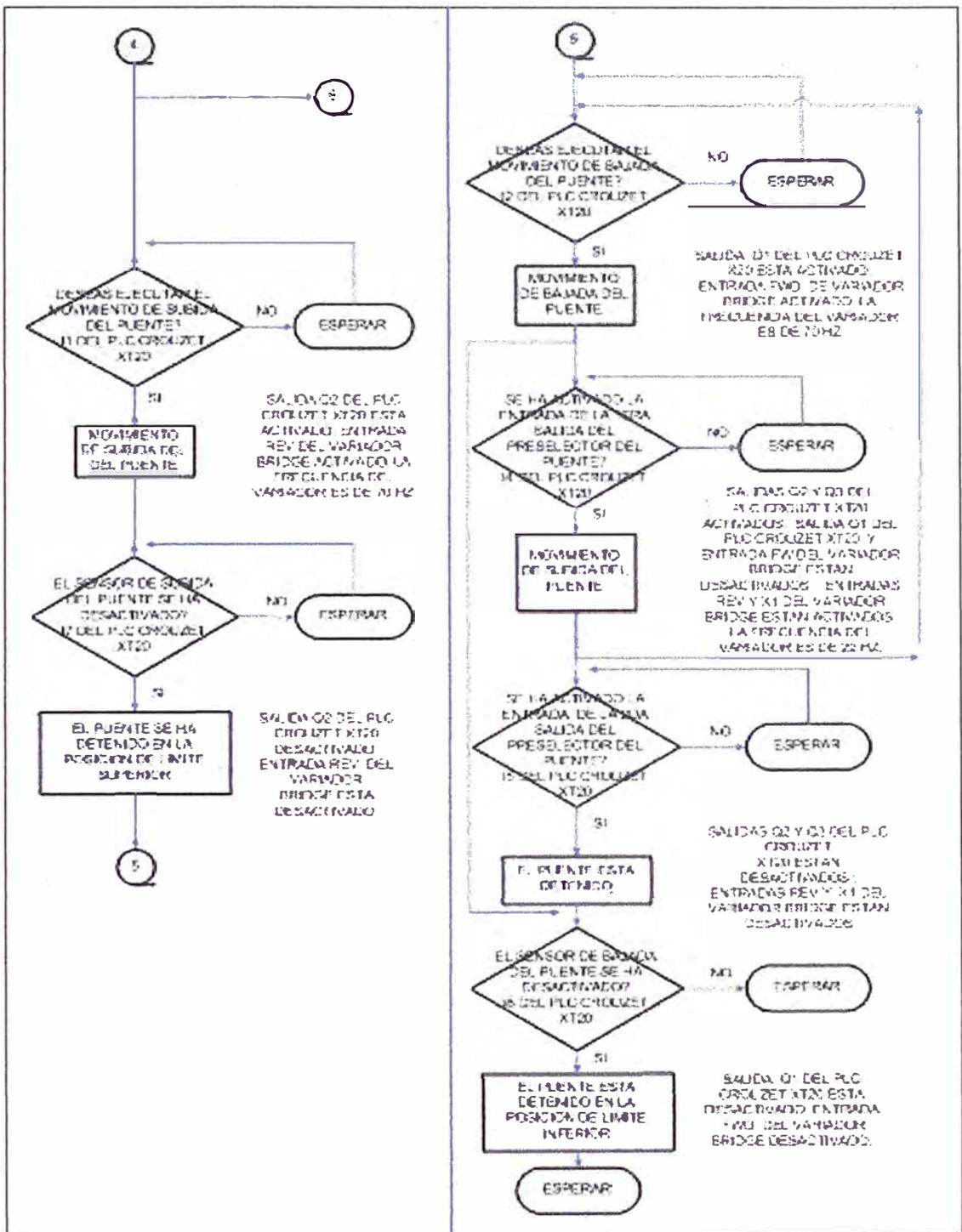


Figura 71: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 4

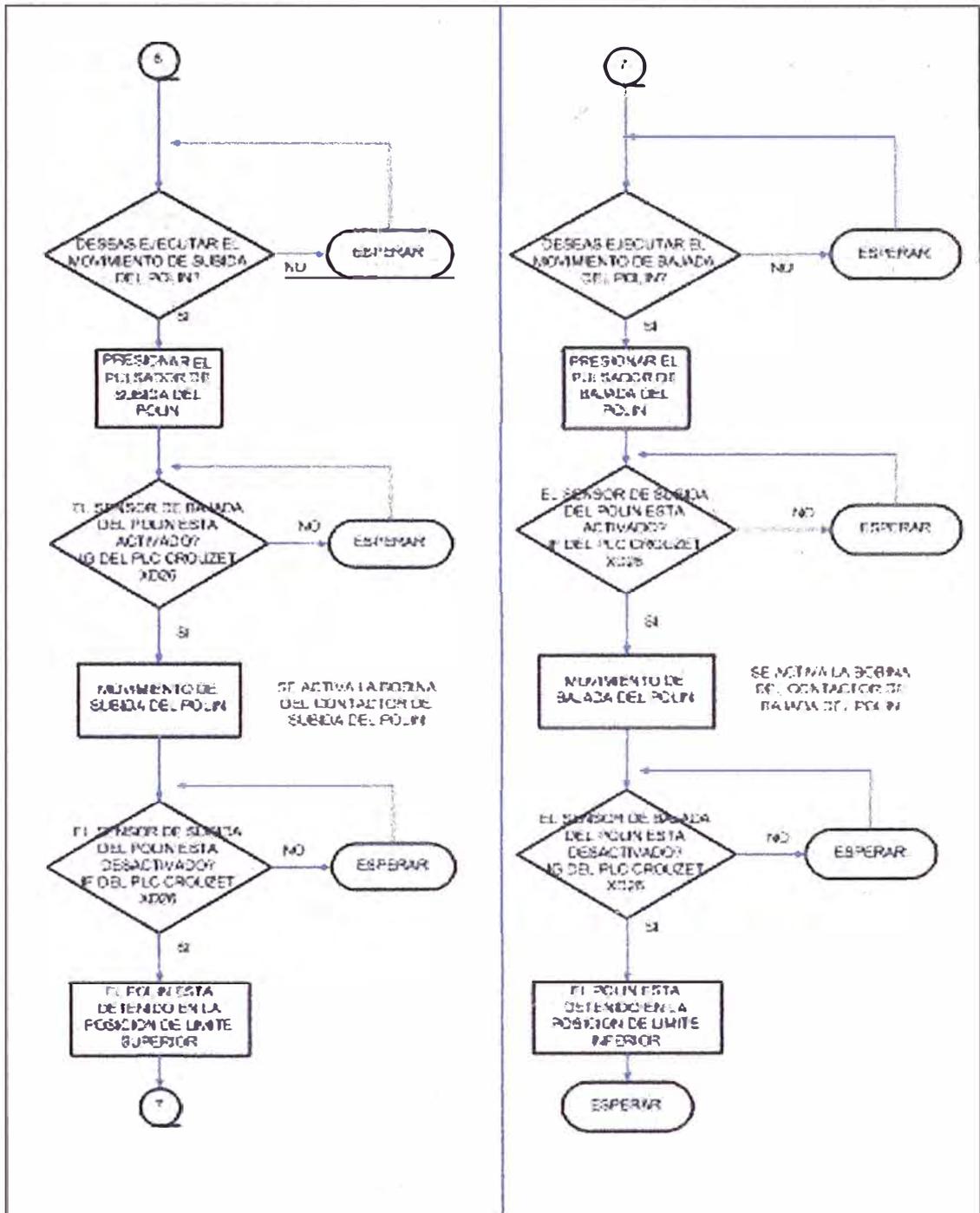


Figura 72: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 5

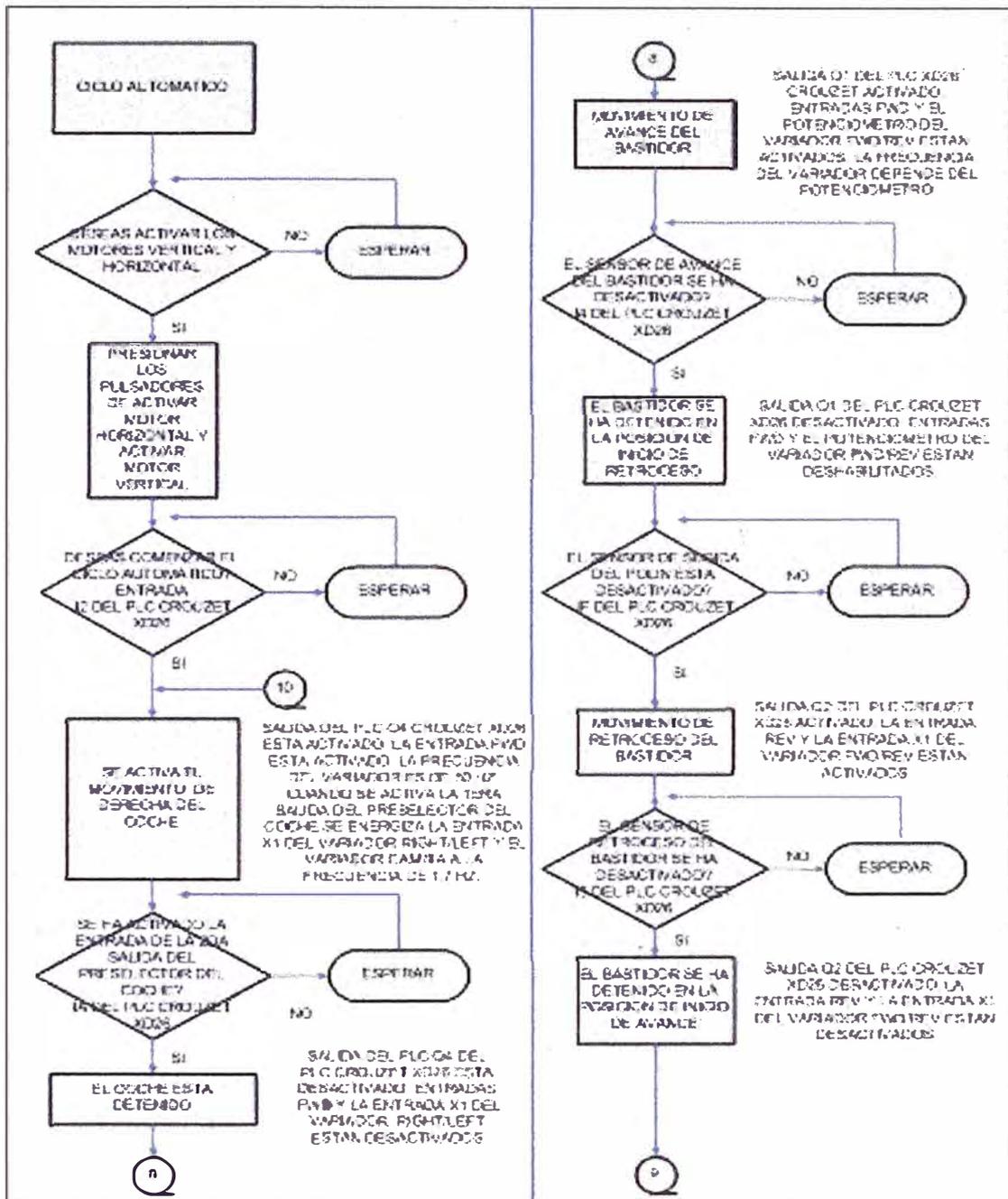


Figura 73: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Cruzet hoja 6

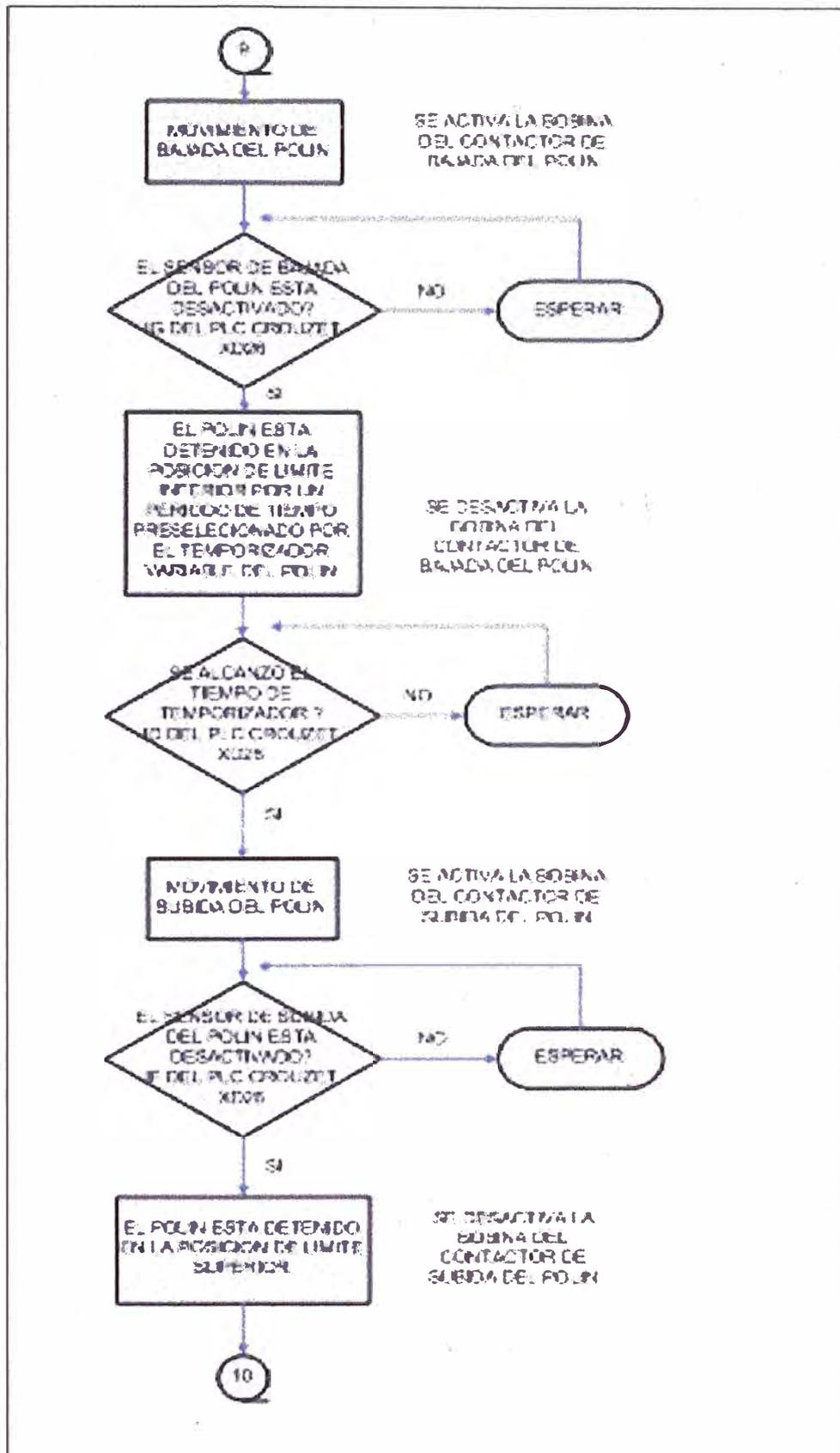
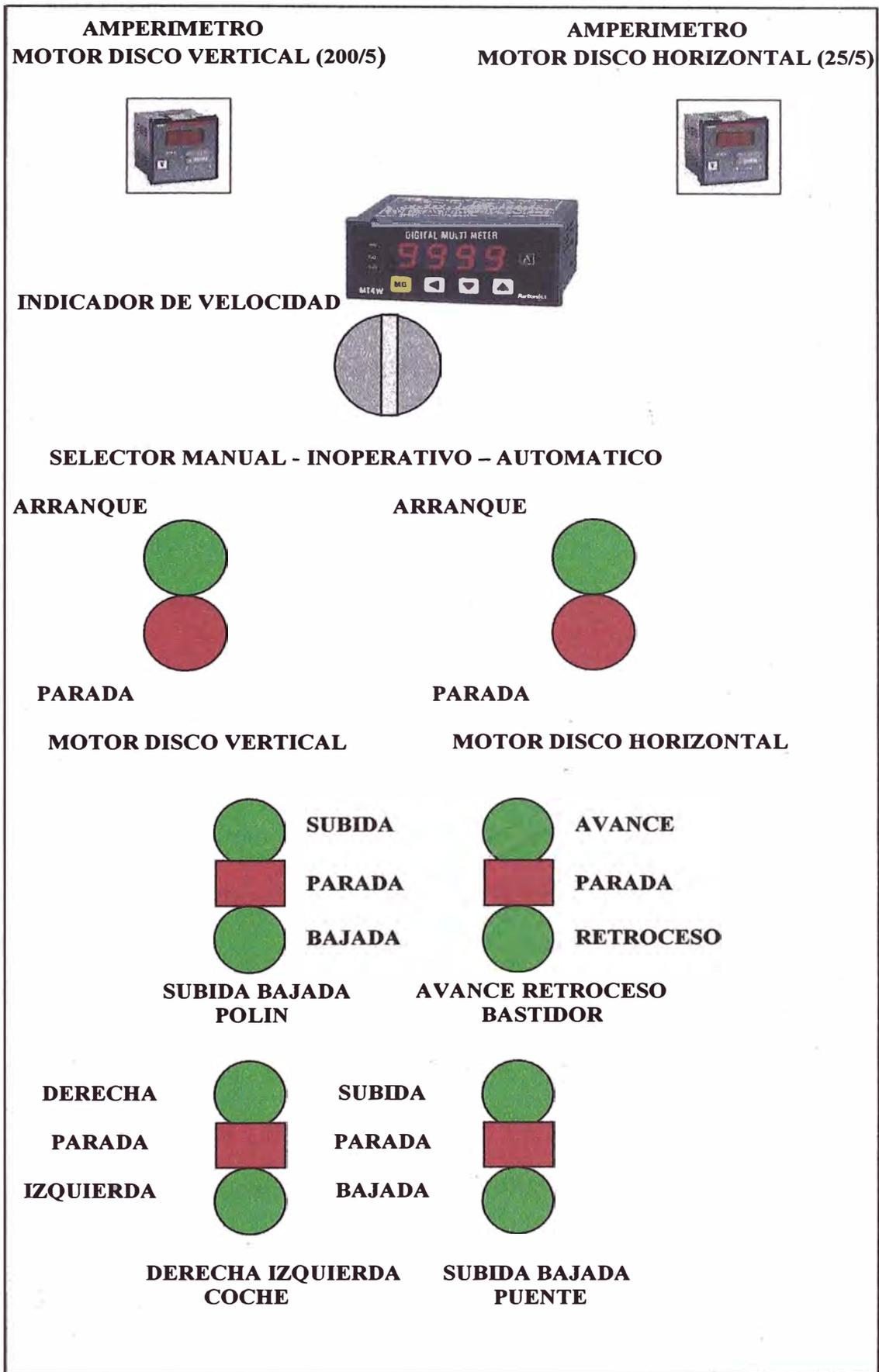


Figura 74: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Cruzet hoja 7

Figura 75: Descripción visual del panel exterior del Tablero de Control



CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

El programa de automatización de la Máquina Cortadora de Bloques, tiene las siguientes limitaciones, que se pretende corregir y que se describen a continuación:

- Existe la desventaja del desconocimiento del programa de funcionamiento de la Máquina. Este originalmente tiene dos PLCs Crouzet, en la cual no sabemos su software de usuario, debido a que era un programa reservado y protegido de la empresa fabricante de la máquina. La adquisición del software del procesador (Crouzet) involucra una inversión elevada, que a todas luces resultarán innecesarias, pues existen software de procesador libre (Twidosoft) descargables en Internet. Además, los componentes físicos (PLCs Twido) están disponibles en el mercado y son fácilmente asequibles. Si deseamos una mejora en el funcionamiento del programa de automatización se hace indispensable el cambio del PLC, previo conocimiento del funcionamiento de los dispositivos eléctrico/ electrónicos involucrados.

- El principal problema que afronta la máquina es el hecho de que el operario continuamente incrementa o disminuye la velocidad de avance del Bastidor, durante el inicio y la finalización de la fase de Avance del Bastidor. La mayoría de los bloques tienen como medida promedio: ancho y largo 2m, y una altura de 2m; lo que implica un total de 30 ciclos de corte por fila. Cada bloque tiene en promedio 4 filas, entonces por cada bloque se realiza 120 ciclos de corte. Que es lo mismo decir, 120 subidas y bajadas del valor de la velocidad de Avance del Bastidor. Esto a la larga, provoca un cansancio del operario, que dejará de manipular el potenciómetro, en el momento que se requiere incrementar; lo que redundará en pérdida de tiempos productivos, especialmente durante el turno nocturno. En otras palabras, se requiere facilitar el trabajo del personal operario.
- Se requiere dar un valor prudente a la velocidad del avance del Bastidor, en el inicio de la fase de Avance del Bastidor, hasta cuando el centro del disco vertical se ubique al borde más próximo del bloque. Ya cuando el centro del disco vertical, esté ubicado adentro, se debe cambiar la velocidad fija de avance del Bastidor, por una velocidad referenciada por el potenciómetro. La velocidad referenciada por el potenciómetro va a depender de la dureza del material a cortar.

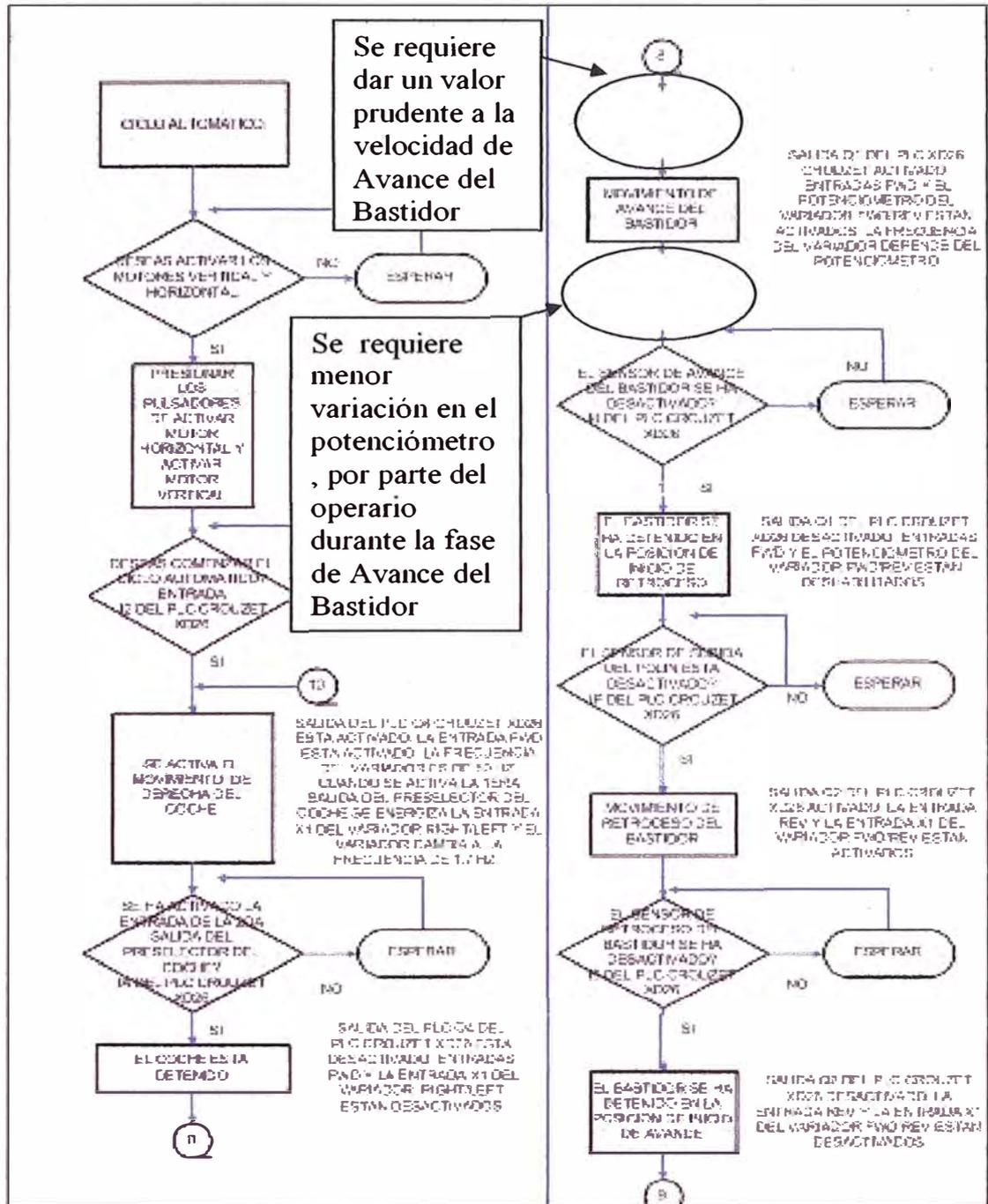


Figura 76: Ciclo Automático. Requerimiento de mejoras a realizar a la velocidad de Avance del Bastidor.

- Se requiere aumentar la velocidad antes del final de la fase de Avance del Bastidor a lo máximo posible, desde cuando el disco vertical u horizontal deja de cortar material (el centro del disco vertical está ubicada afuera), hasta cuando el tope metálico de Fin de Avance active el sensor de Avance de Bastidor.

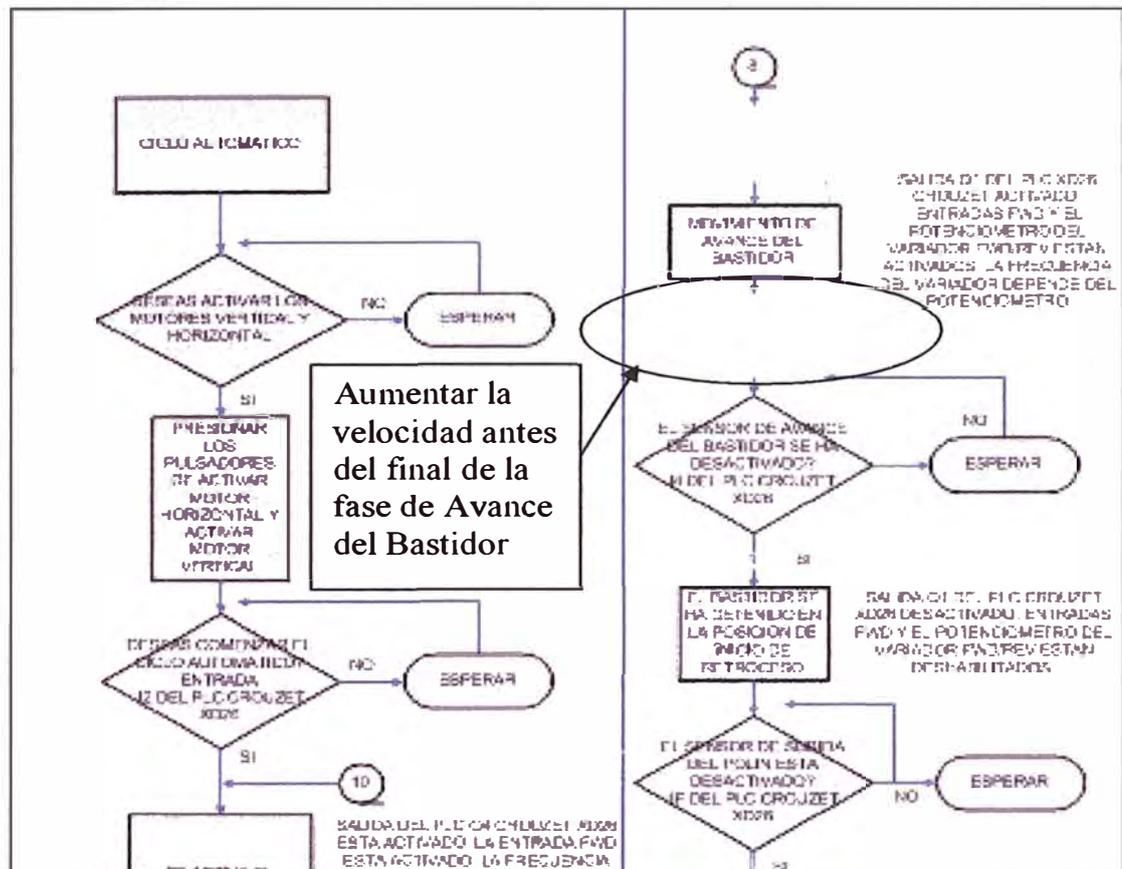


Figura 77: Requerimiento de un aumento de la velocidad antes del final de la fase de Avance del Bastidor.

- Se requiere modificar el programa de funcionamiento de la máquina, debido a que el fabricante ha instalado en la máquina, sólo el programa básico de automatización. Entiéndase este último, como el uso del potenciómetro por parte del operario durante toda la Fase de Avance del Bastidor, no incluyendo

el control de la velocidad de Avance del Bastidor, mediante las señales proporcionales de las corrientes de los motores de los discos vertical y horizontal.

- El personal técnico eléctrico y electrónico de la empresa, no tiene un detallado conocimiento del funcionamiento de la máquina, es por ello que se requiere conocer el programa de automatización, éste último sólo se logra creando un nuevo programa de la máquina.
- Existe una baja productividad de la máquina de acuerdo a indicadores proporcionado por el Área de Producción. Por directivas del Gerente de Operaciones de la empresa, se pide mejorar la productividad de la máquina.

CAPITULO IV

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION Y EVALUACION DE COSTOS DERIVADOS DEL PROYECTO.

4.1 DESCRIPCION DE LA SOLUCION.

A continuación, se describe todo lo referente a la solución:

- Se ha elegido esta opción, debido principalmente por la menor inversión económica y la buena confiabilidad que los modelos indicados de los dispositivos electrónicos reemplazantes han demostrados en otras maquinarias. Los dispositivos reemplazantes son: el PLC Twido TWDLCAA24DRF (que reemplazará a los PLC Crouzet XT20 y XD26), el módulo de extensión digital TWDDMM24DRF, el módulo de extensión análogo TWDAMM3HT y los dos convertidores voltaje-corriente MACX MCR-SL-CAC-5-I-UP Phoenix Contact.
- Una ventaja dentro de lo eléctrico y electrónico, se da por el hecho de contar con un software del procesador libre, que es común para todas las máquinas existentes en la planta, lo que implicará ahorros en la compra del otro software del procesador. Otra solución fuera de lo eléctrico y electrónico, no sería factible, debido a que implica modificar la parte mecánica, lo que

resultaría más costoso y generaría una modificación drástica del cableado eléctrico, electrónico y las tuberías del agua.

- Se realiza el nuevo programa de la máquina en lenguaje de programación Ladder, previo estudio del funcionamiento de la máquina. Acto seguido, se grabará dicho programa en el nuevo PLC Twido TWDLCAA24DRF. Posteriormente se tendrá que instalar los dos convertidores de corriente modelo MACX MCR-SL-CAC-5-I. Phoenix Contact acompañado de un rediseño del cableado eléctrico y electrónico.
- Con el nuevo programa de funcionamiento: al inicio del Ciclo Automático, el movimiento del Bastidor comienza con una velocidad constante de 3.6 m/min (la frecuencia del variador Fwd/Rev es de 20 Hz), hasta cuando el centro del disco vertical se ubique al borde más próximo del bloque. Apenas ocurre esto, la velocidad del Bastidor cambia a una velocidad referenciada por el potenciómetro, cuyo máximo es de 9.1 m/min (dicha velocidad que es definida a criterio del operario, va a depender de la dureza del material). Cuando el disco vertical u horizontal deja de cortar material, la velocidad del Bastidor cambia a otra velocidad constante de 7.2 m/min (la frecuencia del variador es de 40 Hz). El Bastidor se detiene cuando el tope metálico de Fin de Avance active el sensor de Avance del Bastidor.

4.2 CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS A INSTALAR:

Modelo del PLC	Twido TWDLCAA24DRF.
Características del PLC	Unidad de base compacta, 230V AC, con 14 entradas de 24 V CC y 10 salidas de relé de 2 A. bloques de terminales de tornillo no extraíbles.
Software del procesador	Twidosoft V2.1
Característica módulo digital TWDDMM24DRF	Módulo de ampliación con 16 entradas de 24 V CC y 1 línea común, 8 salidas de relé de 2 A y 2 líneas comunes, y bloque de terminales de abrazaderas no extraíble. (65mA).
Característica módulo análogo TWDAMM3HT.	Módulo de ampliación con 2 entradas analógicas y 1 salida (0-10 V, 4-20 mA), 12 bits y terminal de tornillo.
Convertidor corriente voltaje Modelo MACX MCR-SL-CAC-5-I-UP	Dicho componente es un transductor de corriente de entrada 1A (AC) y 5 A (AC). La señal de salida está dentro del rango de 0...20 mA o 4...20 mA

Figura 76: Características de los dispositivos eléctricos y electrónicos a instalar

4.3 EVALUACION DE COSTOS DERIVADOS DEL PROYECTO:

4.3.1 SECUENCIA DE TRAMOS A CONSIDERAR.

T1: Primer tramo de avance (Realizado desde la posición inicial del Bastidor activando el sensor de Retroceso del Bastidor hasta el ingreso de los discos al bloque).

Característica: Originalmente la velocidad era variable con el potenciómetro en este tramo. Ahora es un valor constante de 3.6 m/min, que me garantiza que los discos no sufran algún daño en su estructura integral.



Figura 77: Primer tramo de avance

T2: Segundo tramo de avance (Realizado desde la posición del Bastidor en el ingreso de los discos al bloque hasta la salida de ellos del bloque)

Característica: Originalmente la velocidad era variable con el potenciómetro en este tramo. Actualmente esta velocidad sigue dependiendo del potenciómetro.



Figura 78: Segundo tramo de avance

T3: Tercer tramo de avance (Realizado desde la posición del Bastidor en la salida de los discos hasta cuando el Bastidor active el sensor de Avance del Bastidor)

Característica: Originalmente la velocidad era variable con el potenciómetro en este tramo. Actualmente esta velocidad es de 7.3 m/min.



Figura 79: Tercer tramo de avance

T4: Tramo de retroceso (Realizado desde la posición del Bastidor activando el sensor de Avance del Bastidor hasta el sensor de Retroceso del Bastidor)

Característica: La velocidad es de 9.1 m/min en este tramo. Se desea que siga con esta velocidad.



Figura 80: Tramo de retroceso

T5: Tramo de desplazamiento lateral del Coche (Realizado desde la posición del Bastidor en el final del ciclo hasta el comienzo del nuevo ciclo)

Característica: Su velocidad inicialmente es de 9.1 m/min, para luego cambiar a 0.3 m/min. Se desea que siga con estas características.

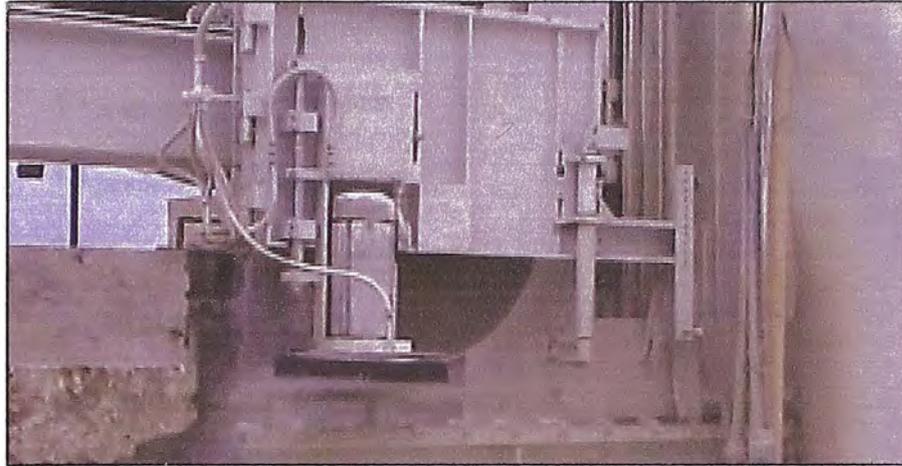


Figura 81: Tramo de desplazamiento lateral del Coche

4.3.2 INDICADORES DE PRODUCCION ANTERIOR AL PROYECTO

4.3.2.1 Parámetros de los tramos del Ciclo Automático (T1 +T5):

Tomando varias muestras del tiempo del corte de un bloque de un determinado tipo de material A, B, C, D, E = Ciclos de cortes realizados en días distintos. Considerar el bloque de 2 m x 2 m x 2m.

Tramos	Muestras				
	A	B	C	D	E
T1	10 s	12 s	9 s	11 s	8 s
T2	94 s	94 s	94 s	94 s	94 s
T3	9 s	11 s	10 s	7 s	8 s
T4	32 s	34 s	33 s	31 s	32 s
T5	6 s	6 s	6 s	6 s	6 s

Tabla 15: Muestras de tiempo que demora en un Ciclo Automático el corte de un bloque: Situación Anterior

Podemos deducir sus respectivos valores promedios:

$$T1_{\text{promedio}} = 10 \text{ segundos.}$$

$T2_{\text{promedio}} = 94$ segundos.

$T3_{\text{promedio}} = 9$ segundos.

$T4_{\text{promedio}} = 32$ segundos.

$T5_{\text{promedio}} = 6$ segundos.

Tiempo de corte promedio en un ciclo: 151 segundos.

30 ciclos hacen una fila de corte.

En conclusión: Cada fila de corte demora 75.5 minutos.

Objetivo: Se desea reducir en lo mínimo posible los valores de

T1 y T3, sin que los discos sufran algún daño.

T1: Primer tramo de avance.

T3: Tercer tramo de avance.

4.3.3 INDICADORES DE PRODUCCION ACTUAL.

4.3.3.1 Parámetros de los tramos del Ciclo Automático (T1...+T5):

Tomando varias muestras del tiempo que demora un ciclo de corte de un bloque del mismo material anterior. Esto implica que los parámetros T2, T4 y T5 son los mismos del anterior, variando solo los parámetros T1 y T3. Considerar el mismo bloque de la situación anterior (2 m x 2 m x 2 m).

Muestras					
Tramos	1era	2da	3era	4ta	5ta
T1	4 s.				
T2	94 s.				
T3	5 s.				
T4	32 s.	34 s.	33 s.	31 s.	32 s.
T5	6 s.				

Tabla 16: Muestras de tiempo que demora en un Ciclo Automático el corte de un bloque: Situación Actual

Podemos deducir sus respectivos valores promedios:

$T1_{\text{promedio}} = 4$ segundos.

$T2_{\text{promedio}} = 94$ segundos.

$T3_{\text{promedio}} = 5$ segundos.

$T4_{\text{promedio}} = 32$ segundos.

$T5_{\text{promedio}} = 6$ segundos.

Tiempo de corte $_{\text{promedio}}$ en un ciclo: 141 segundos.

En conclusión: Cada fila de corte demora 70.5 minutos.

4.3.4 COMPARACION ENTRE ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO.

4.3.4.1 Condiciones de operación:

Para efectos de comparación, debemos establecer que en los casos anterior y actual, se realizará el corte del bloque, cuyo material tiene las mismas características. En resumen, el parámetro T2, es el mismo. Los parámetros T4 y T5 son los mismos datos debido a disposiciones técnicas del fabricante de la máquina. Los parámetros T1 y T3 son los que varían.

4.3.4.2 Conclusiones:

- En el primer caso: Un Ciclo Automático demora 75.5 minutos
Comentario: Este tiempo, se ejecuta en el mejor de las situaciones, pudiendo ser mucho mayor, debido a que los parámetros T1 y T3 dependen de la iniciativa y la conducta del operario.

- En el segundo caso: Un Ciclo Automático demora 70.5 minutos.
Comentario: Los parámetros T1 y T3 son constantes, sea cual fuere el tipo de material, y además éstos ya no dependen directamente de la iniciativa y conducta de los operarios.
- **Comparaciones numéricas:**
La diferencia entre ambos casos es de un ahorro de 5 minutos por fila.
Y además en cada bloque existen 4 filas de corte, entonces tendríamos 20 minutos de ahorro por bloque.

Resumen:

Cada fila de corte en la situación anterior demoraba 75.5 minutos.

Por bloque demoraba 5 horas y 1.8 minutos.

Cada fila de corte en la situación actual demora 70.5 minutos.

Por bloque demora 4 horas y 42 minutos

En la situación actual, la eficiencia del corte de material ha aumentado en al menos un 7% con respecto a la situación anterior.

4.3.4.3 Evaluación de costos derivados del proyecto:

- Precio de una plancha de 2 x 0.063 x 0.4 m.....\$30

Cantidad de planchas producidas**Condiciones:**

- Cada fila de corte tiene 30 planchas.....30 planchas
- Cada bloque tiene 4 filas.....120 planchas

Situación anterior:

- Por cada 200 horas de trabajo de corte resulta..... 4768 planchas

Situación actual:

- Por cada 200 horas de trabajo de corte resulta..... 5106 planchas

Cantidad de planchas incrementadas:

- Planchas incrementadas por cada 200 horas.....338 planchas

Ganancias incrementadas

- 338 planchas a \$ 30 cada uno x 200 horas de corte.....\$10140
- En 200 horas de corte obtendré una ganancia de.....\$1014

Costos de los materiales para el proyecto

- Costo del PLC TWDLCAA24DRF.....\$300
- Costo del módulo análogo TWDAMM3HT.....\$150
- Costo del módulo digital TWDMM24DRF.....\$250
- Costo del Cable Programación.....\$80
- Costo del Convertidor voltaje-corriente (2 unidades).....\$600

Total.....\$1380

Conclusión: La inversión realizada lo puedo recuperar en 26 horas de trabajo continuo de corte de la máquina.

4.4 ESQUEMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC NUEVO TWIDO:

DISTRIBUCION DE LAS SALIDAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE REEMPLAZANTE	
PLC TWIDO MODELO TWDLCAA24DRF.	
Q0.0	MOVIMIENTO BAJADA DEL PUENTE.
Q0.1	MOVIMIENTO SUBIDA DEL PUENTE.
Q0.2	VELOCIDAD PRESELECCIONADA DEL PUENTE.
Q0.3	DISPONIBLE
Q0.4	MOVIMIENTO AVANCE DEL BASTIDOR.
Q0.5	MOVIMIENTO RETROCESO DEL BASTIDOR.
Q0.6	DISPONIBLE.
Q0.7	DISPONIBLE.
Q0.8	MOVIMIENTO DERECHA DEL COCHE.
Q0.9	MOVIMIENTO IZQUIERDA DEL COCHE.

Tabla 17: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Twido TWDLCAA24DRF.

DISTRIBUCION DE LAS ENTRADAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE REEMPLAZANTE PLC TWIDO MODELO TWDLCAA24DRF.	
I0.0	PULSADOR DE BAJADA DEL PUENTE.
I0.1	PULSADOR DE SUBIDA DEL PUENTE.
I0.2	PULSADOR DE PARADA DEL PUENTE.
I0.3	ENTRADA DE LA 1ERA SALIDA DEL PRESELECTOR DEL PUENTE.
I0.4	ENTRADA DE LA 2DA SALIDA DEL PRESELECTOR DEL PUENTE.
I0.5	SENSOR DE BAJADA DEL PUENTE.
I0.6	SENSOR DE SUBIDA DEL PUENTE.
I0.7	SELECTOR MANUAL
I0.8	DISPONIBLE.
I0.9	SELECTOR AUTOMATICO.
I0.10	PULSADOR DE PARADA AVANCE RETROCESO IZQUIERDA DERECHA SUBIDA BAJADA.
I0.11	SENSOR DE AVANCE DEL BASTIDOR.
I0.12	SENSOR DE RETROCESO DEL BASTIDOR.
I0.13	PULSADOR DE AVANCE DEL BASTIDOR.

Tabla 18: Distribución de las entradas del controlador lógico programable PLC Twido TWDLCAA24DRF.

DISTRIBUCION DE LAS SALIDAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE REEMPLAZANTE	
MÓDULO EXPANSION DIGITAL PLC TWIDO MODELO TWDDMM24DRF.	
Q1.0	RESETEO DEL PRESELECTOR DEL COCHE.
Q1.1	HABILITADOR DEL TEMPORIZADOR VARIABLE DEL POLIN.
Q1.2	HABILITADOR DEL MOVIMIENTO DE SUBIDA DEL POLIN.
Q1.3	BOBINA DEL RELÉ DE SENSOR DE BAJADA DEL POLIN.
Q1.4	HABILITADOR DEL MOVIMIENTO DE BAJADA DEL POLIN.
Q1.5	BOBINA DEL RELÉ DE SENSOR DE SUBIDA DE POLIN.
Q1.6	DISPONIBLE
Q1.7	DISPONIBLE

Tabla 19: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Twido TWDDMM24DRF.

DISTRIBUCION DE LAS ENTRADAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE REEMPLAZANTE	
MÓDULO EXPANSION DIGITAL PLC TWIDO MODELO TWDDMM24DRF.	
I1.0	PULSADOR DE RETROCESO DEL BASTIDOR.
I1.1	PULSADOR DE IZQUIERDA DEL COCHE.
I1.2	PULSADOR DE DERECHA DEL COCHE.
I1.3	ENTRADA DE LA 2DA SALIDA DEL PRESELECTOR DEL COCHE.
I1.4	SENSOR DE DERECHA DEL COCHE.
I1.5	SENSOR DE IZQUIERDA DEL COCHE.
I1.6	ENTRADA DEL TEMPORIZADOR VARIABLE DEL POLIN.
I1.7	PULSADOR DE PARADA DEL POLIN.
I1.8	SENSOR DE SUBIDA DEL POLIN.
I1.9	SENSOR DE BAJADA DEL POLIN.
I1.10	DISPONIBLE
I1.11	DISPONIBLE
I1.12	DISPONIBLE
I1.13	DISPONIBLE

Tabla 20: Distribución de las entradas del controlador lógico programable PLC Twido TWDDMM24DRF.

DISTRIBUCION DE LAS SALIDAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE REEMPLAZANTE	
MÓDULO ANALOGO PLC TWIDO MODELO TWDAMM3HT.	
Q2.0	SALIDA ANALOGA 0-10 V QUE ENTRA A LA ENTRADA ANALOGA DEL VARIADOR DE AVANCE/RETROCESO DEL BASTIDOR.
DISTRIBUCION DE LAS ENTRADAS DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE REEMPLAZANTE	
MÓDULO ANALOGO PLC TWIDO MODELO TWDAMM3HT.	
I2.0	ENTRADA ANALOGA 0-10 V DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DEL DISCO VERTICAL.
I2.1	ENTRADA ANALOGA 0-10 V DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DEL DISCO HORIZONTAL

Tabla 21: Distribución de las entradas y salidas del controlador lógico programable PLC Twido TWDAAMM3HT.

4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO MODIFICADO DE LA MÁQUINA:

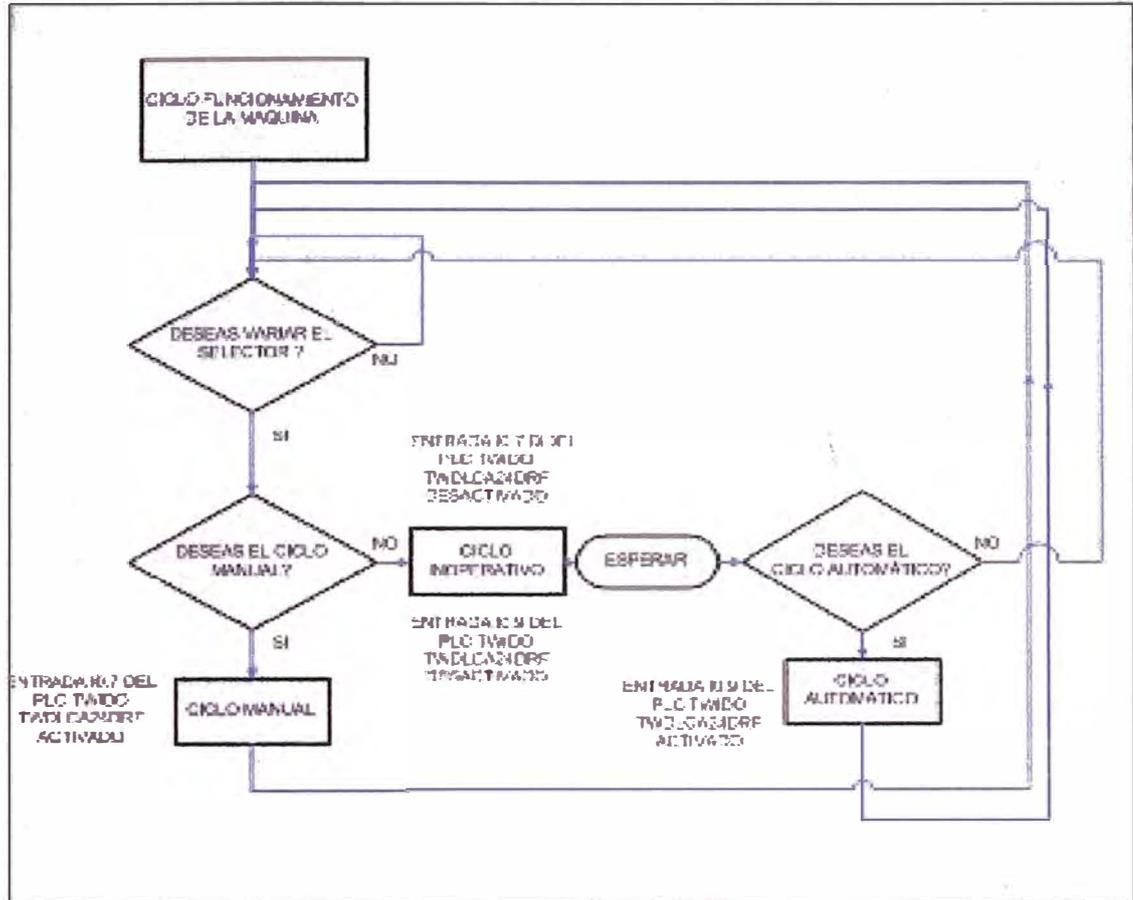


Figura 82: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 1

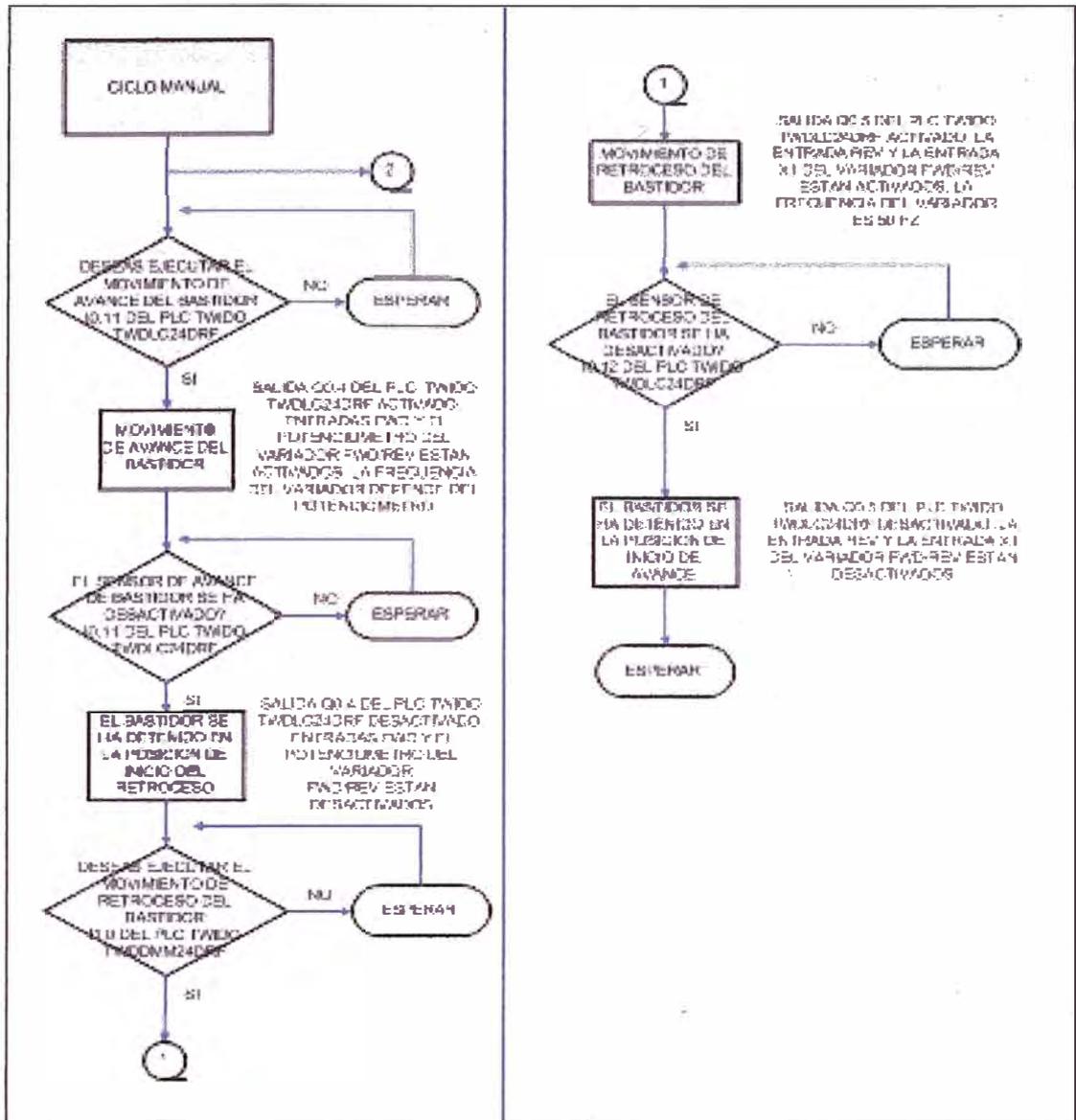


Figura 83: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 2

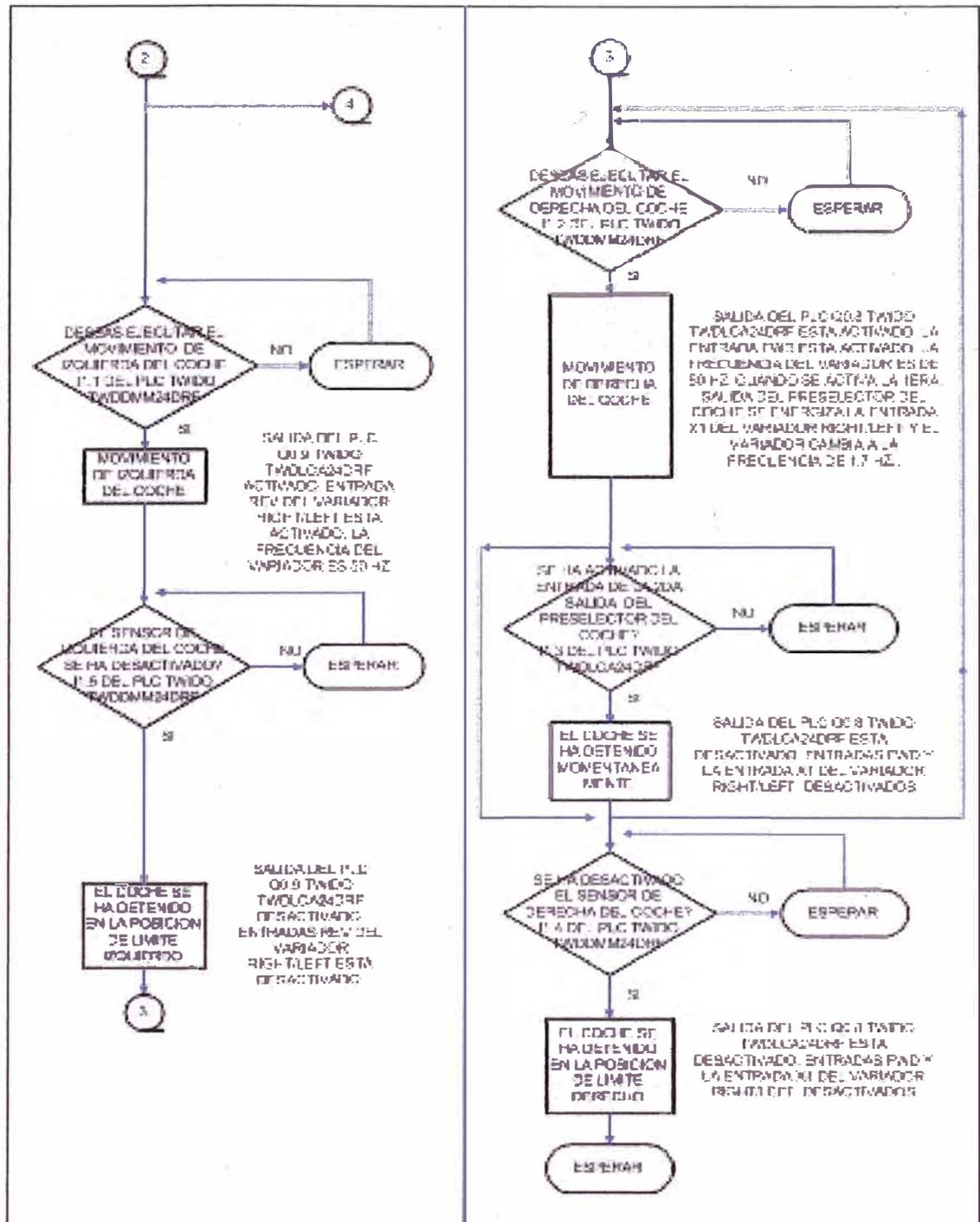


Figura 84: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 3

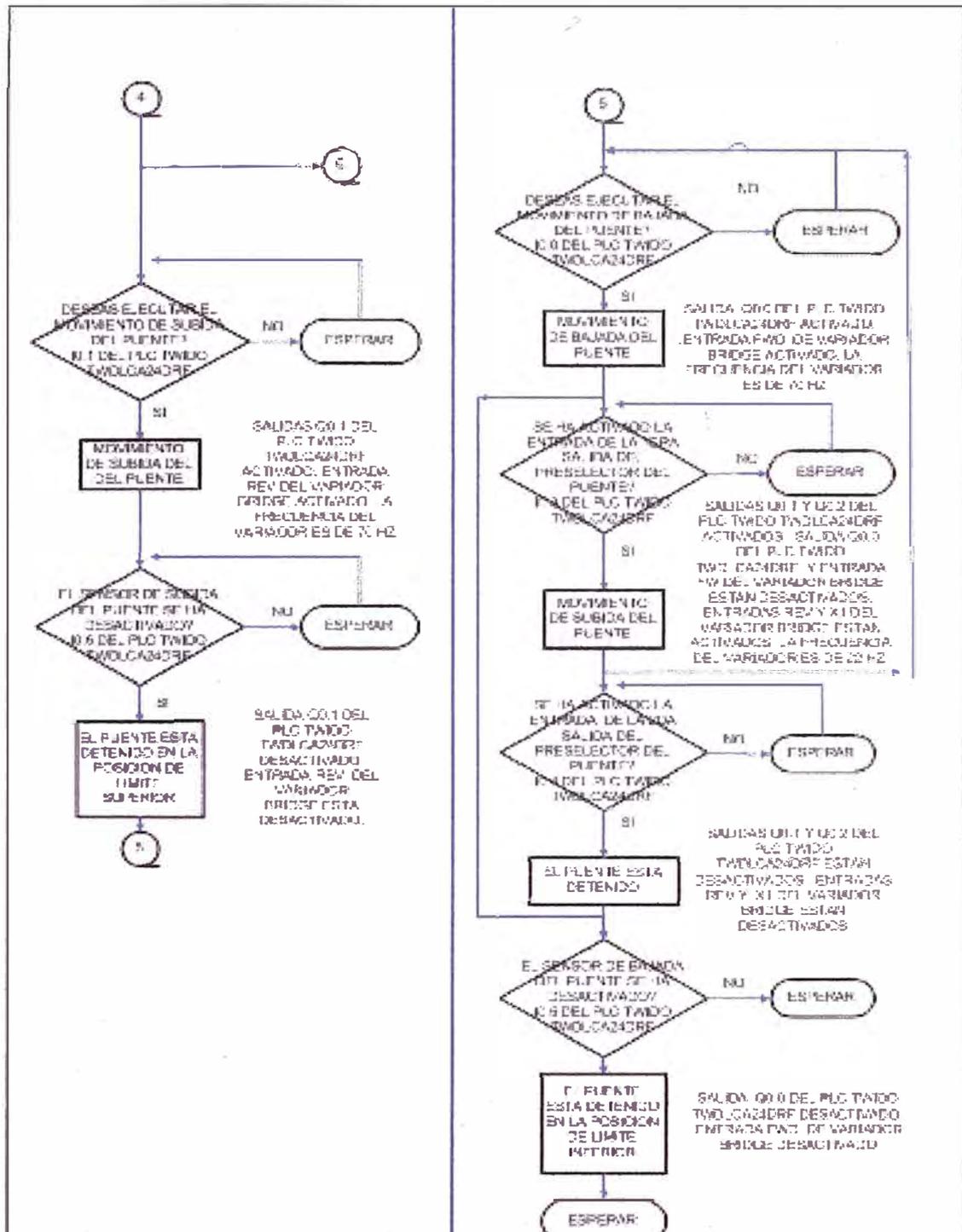


Figura 85: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 4

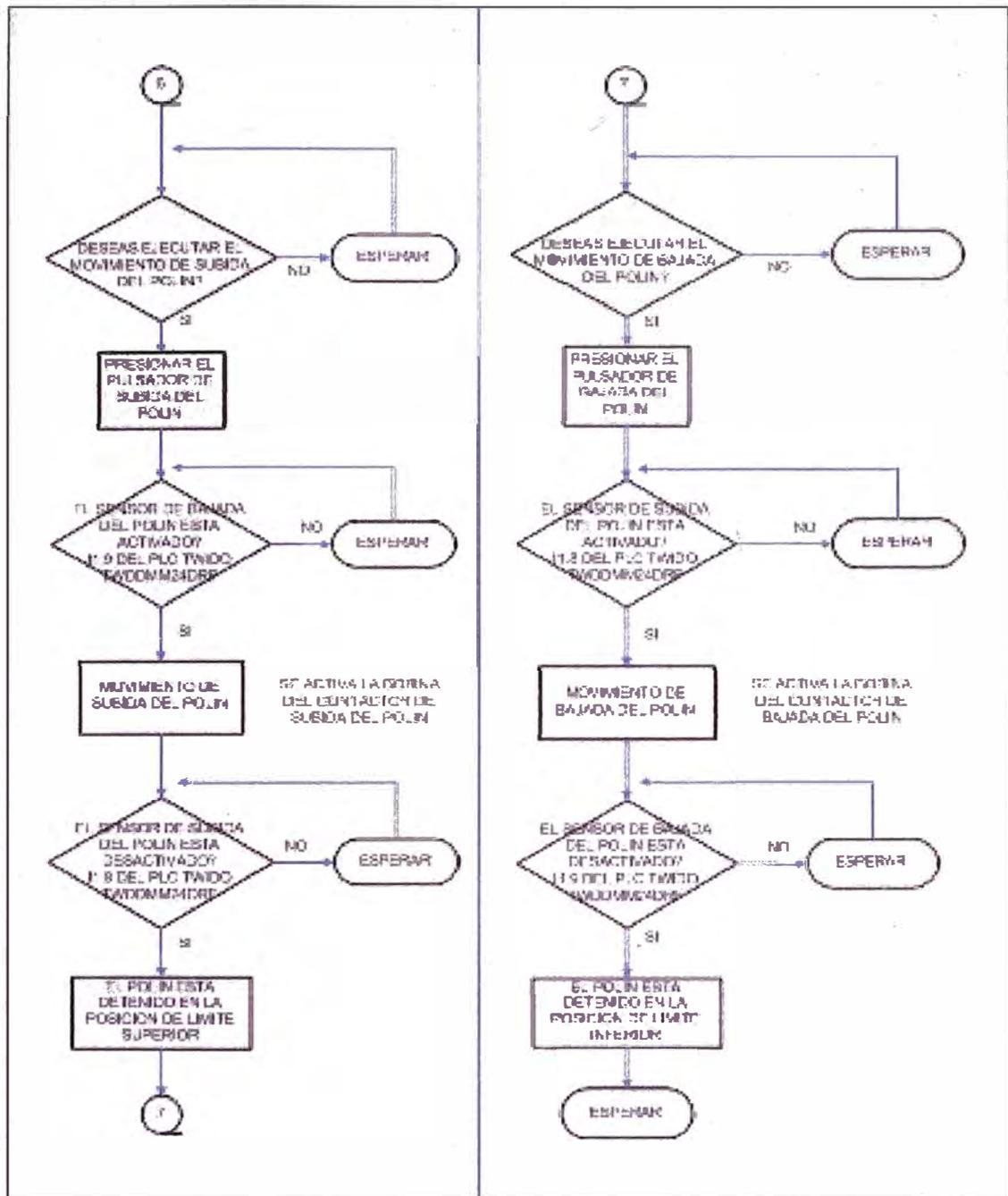


Figura 86: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 5

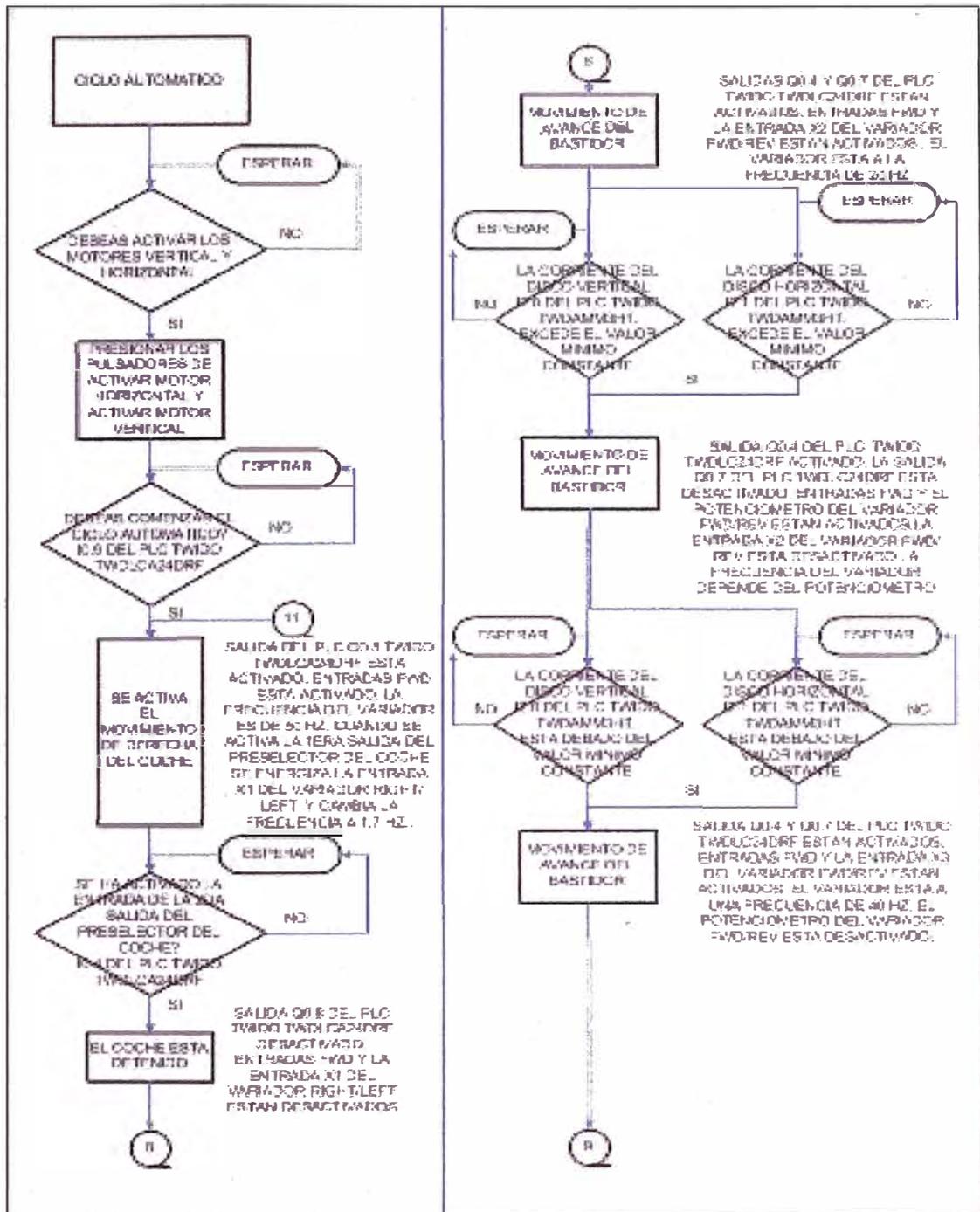


Figura 87: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 6

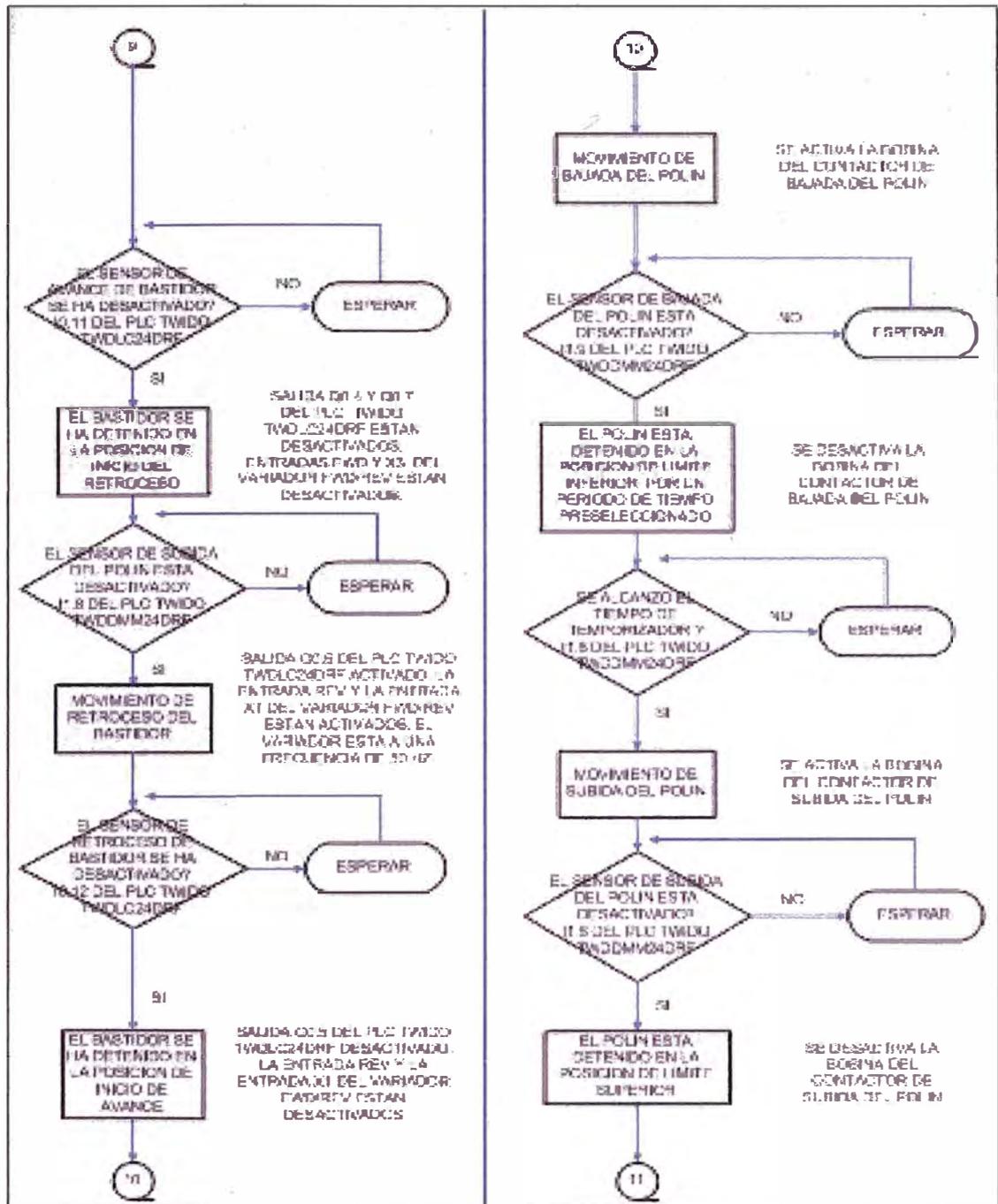


Figura 88: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 7

4.6 DESCRIPCION EN LENGUAJE LADDER DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION USANDO PROGRAMACION TWIDOSOFT

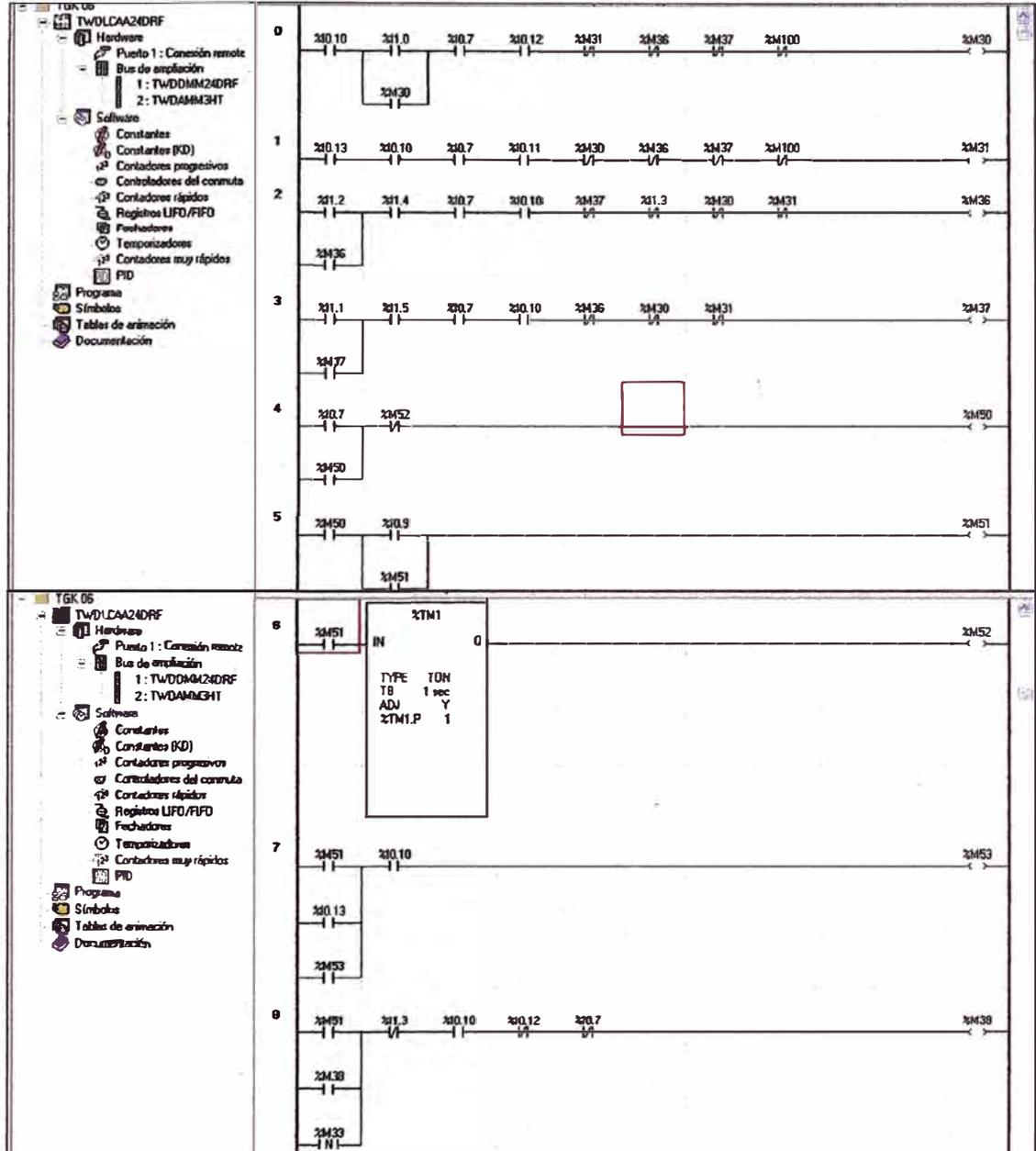


Figura 89: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 1

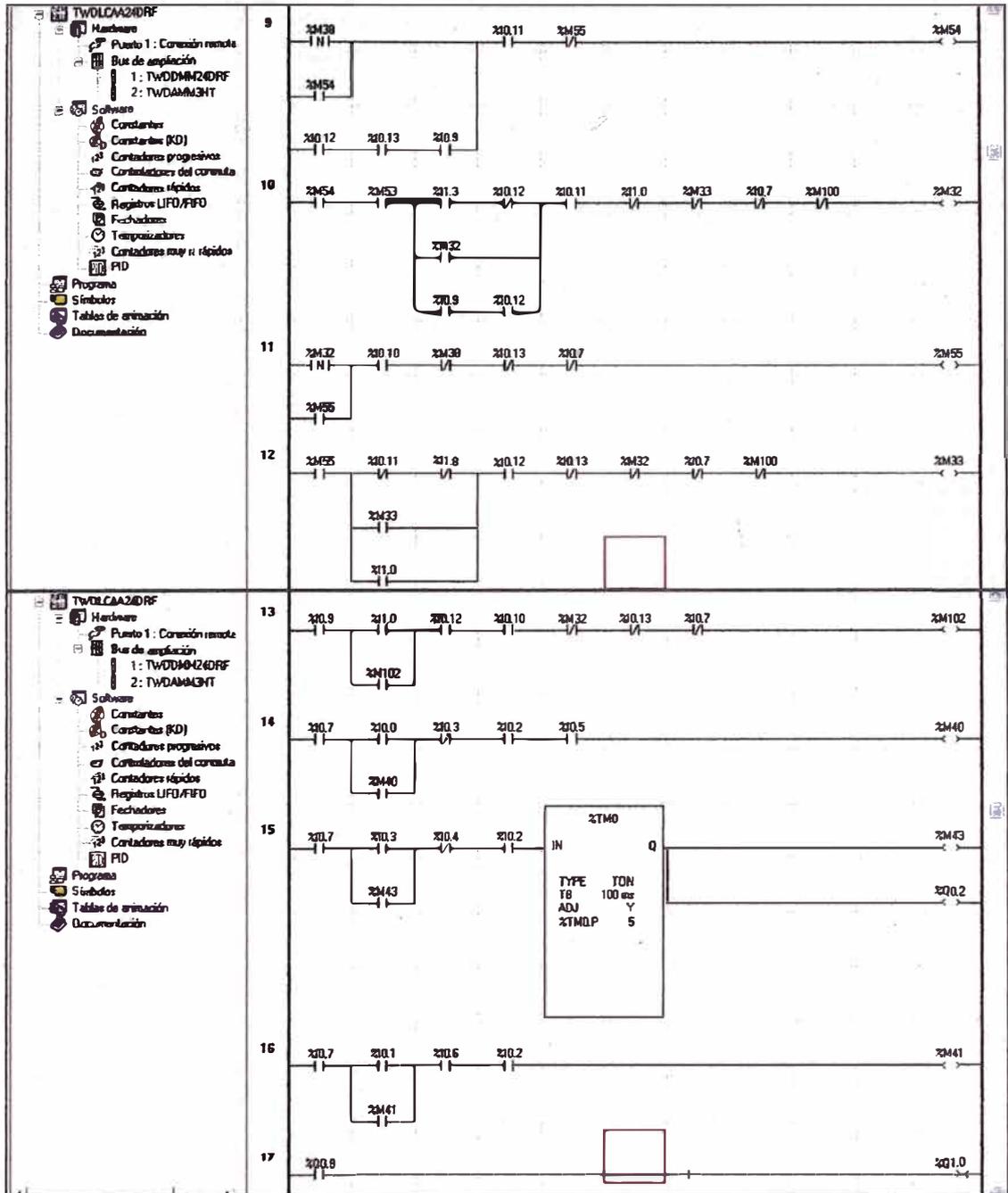


Figura 90: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 2

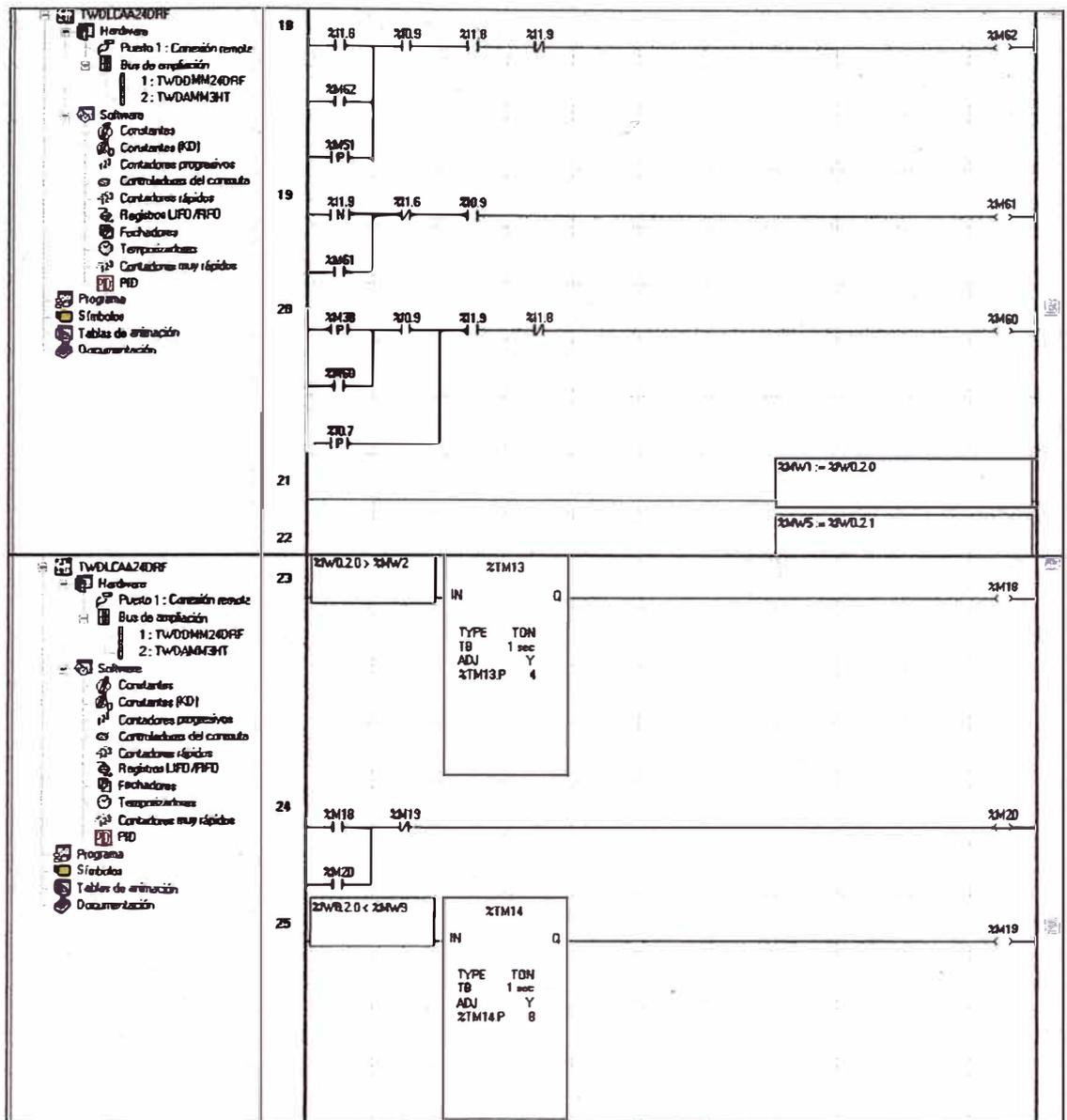


Figura 91: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 3

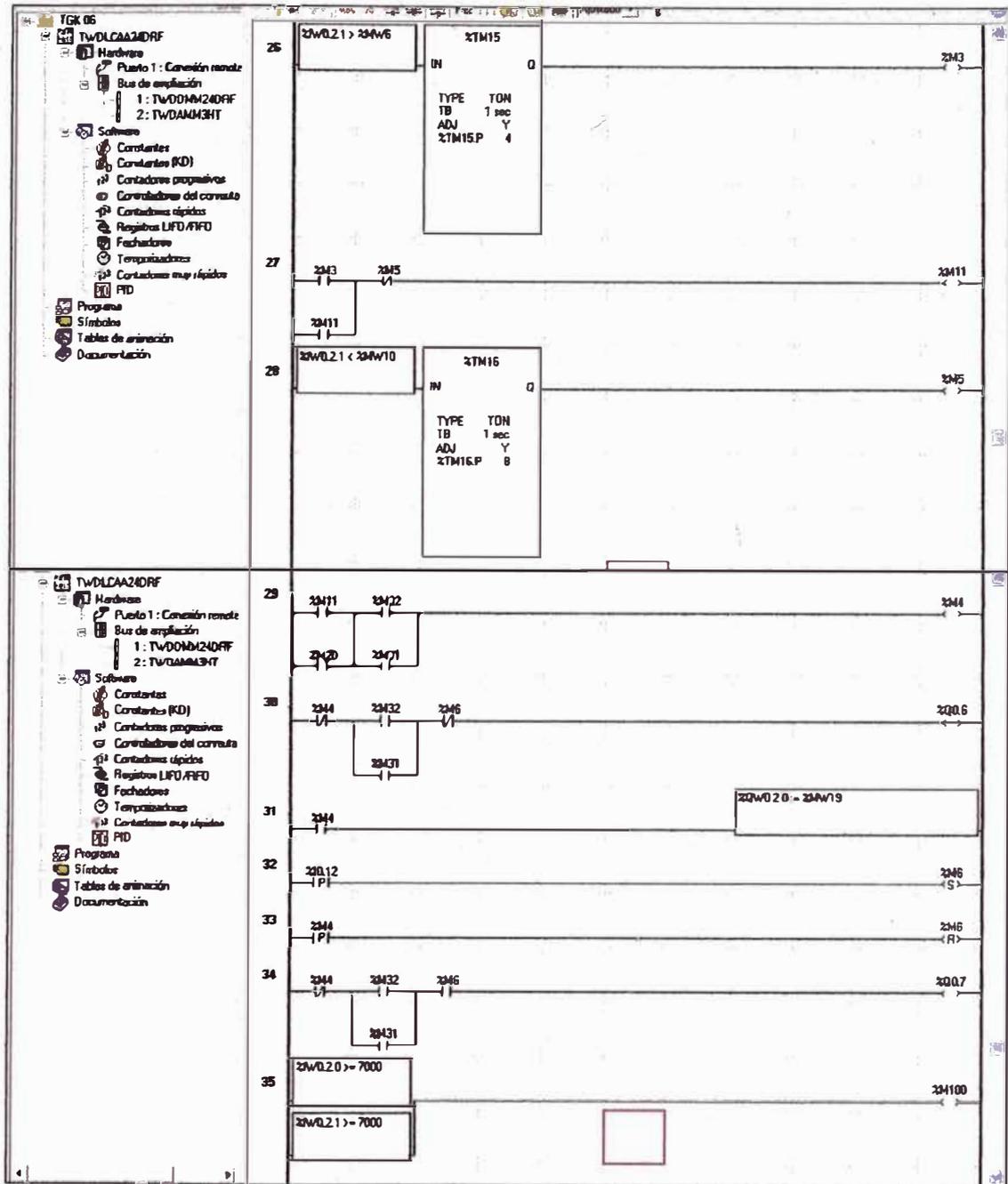


Figura 92: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 4

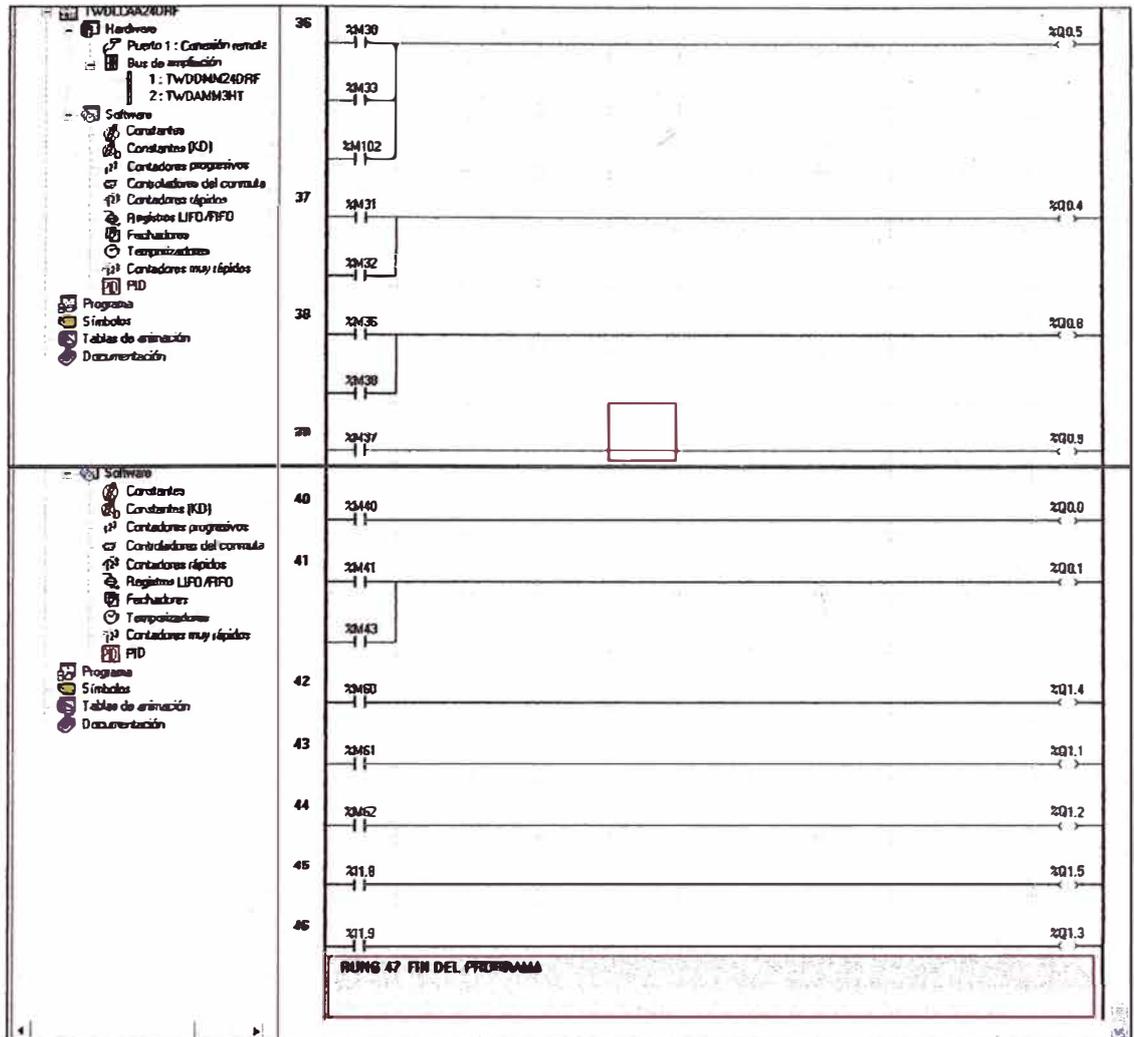


Figura 93: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 5

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.

5.1 CONCLUSIONES:

Como parte de las conclusiones podemos mencionar lo siguiente:

- Se ha logrado aumentar la productividad de la máquina, en al menos 7% debido a la implementación del proyecto.
- Se ha conseguido facilitar el trabajo del personal operario en el manejo de la máquina. El operario ya no requerirá hacer grandes disminuciones y grandes aumentos de la velocidad de avance del Bastidor. Solamente regulará en un estrecho margen, la velocidad de avance del Bastidor, de acuerdo al material del bloque (Extraduro, duro, mediano, blando). Además el operario estará atento a prever situaciones que pueda comprometer la integridad de los discos durante el proceso de corte.
- Se ha logrado crear un nuevo programa de automatización de la máquina, que me permitirá hacer modificaciones futuras al funcionamiento de la máquina, lo que no se podía hacer con el anterior programa reservado.

- Se ha logrado reducir los tiempos muertos entre el comienzo del proceso de corte y la entrada del disco al bloque, por un lado; y entre la salida del disco del bloque y el fin del proceso de corte, por otro lado.
- Toda la tecnología mostrada en este trabajo, ha sido implementada y probada en anteriores proyectos.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES.

6.1 RECOMENDACIONES:

Como parte de las recomendaciones podemos mencionar lo siguiente:

- Se sugiere no ingresar a la máquina, bloques que presentan rajaduras internas o externas, debido a que provocaría un daño físico a la superficie del disco (se puede flexar).
- Un programa de mantenimiento preventivo es necesario para asegurar el tiempo de vida del equipamiento instalado, debido a que está ubicado en medio de un ambiente extremadamente hostil y agresivo (polvo y humedad).
- Dicha máquina tiene dos ciclos de funcionamiento de corte: Ciclo Manual y Ciclo Automático. El objetivo del programa solamente se enfocó en la mejora del Ciclo Automático. El Ciclo Manual sigue sin modificaciones.

BIBLIOGRAFIA

A.1 FUENTES DE INFORMACION BIBLIOGRAFICA:

- **ESQUEMA ELECTRICO – Autor: Fabricante de la máquina.**
- **INSTRUMENTACION Y CONTROL INDUSTRIAL: VARIADORES DE VELOCIDAD ELECTRONICOS:** Tecsup, Lima, Perú,2007
- **INSTRUMENTACION Y CONTROL INDUSTRIAL: CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLCs):** Tecsup, Lima, Perú, 2007.
- **AUTOMATIZACION INDUSTRIAL CON PLCs: TABLEROS ELECTRICOS:** Tecsup, Lima, Perú, 2007.
- **MANUAL ELECTRICO TELEMECANIQUE**
Manual Electrotécnico Telemecanique.pdf
- **MANUAL ELECTRICO CROUZET: SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVO**
Catalogo de Sensores e Interruptores Crouzet.pdf
- **MANUAL ELECTRICO MITSUBISHI: INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO Y RELÉS TERMICOS.**
Catalogo Conexión, Protección y Control Mitsubishi.pdf
- **MANUAL DE PROGRAMACION TWIDOSOFT:**

Guía de Software Autómatas Twido.pdf

- **MANUAL DE HARDWARE TWIDO:**

Guía de Hardware Autómatas Twido.pdf

- **CONFIGURACION DE VARIADORES FUJI ELECTRIC:**

Manual Frenic 5000 G11S.pdf

Información técnica variadores de velocidad Frenic 5000 G11S.pdf

Manual de instrucción Frenic 5000 G11S.pdf

Configuración de variadores Fuji Electric.pdf

- **PROGRAMACION DEL CONTADOR CPT4 CROUZET:**

Manual del Preselector del contador CPT4.pdf

- **MANUAL ELECTRICO CROUZET: TEMPORIZADORES**

Catalogo Control Crouzet.pdf

- **INDICADOR DE VELOCIDAD AUTONICS MODELO MT4W:**

Manual del Panel MT4W.pdf

- **MANUAL ELECTRICO TELEMECANIQUE: SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVO**

Catalogo de Sensores Proximidad Telemecanique.pdf

Sensor XS7C40PC440 Características Técnicas.pdf

- **MANUAL DEL CONVERTIDOR DE CORRIENTE PHOENIX CONTACT:**

Convertidor de corriente Phoenix Contact.pdf

Manual de instalación del Convertidor de corriente Phoenix Contact.pdf

- **MANUAL DEL VOLTIMETRO-AMPERIMETRO DIGITAL VEMER:**

Manual del voltímetro-amperímetro digital Vemer.pdf

- **MANUALES DEL SISTEMA DE MEDIDA INCREMENTAL**

- **MAGNETICO SIKO:**

- Sensor magnético MS500.pdf

- Cinta magnética MB500.pdf

- Manual del sensor MS500 + MB500.pdf

- Manual de módulo de transmisión AE510.pdf

- Módulo de transmisión AE510.pdf

- Manual del Sistema de Medida Incremental Magnético.pdf

- **MANUAL DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE SACI:**

- Manual del transformador de corriente SACI.pdf

APENDICE.

B.1 GLOSARIO DE PALABRAS COMUNES:

- **AC:** Corriente Alterna.
- **DC:** Corriente Continua.
- **Vdc:** Voltaje de Corriente Continua
- **Vac:** Voltaje de Corriente Alterna.
- **NA:** Contacto normalmente abierto.
- **NC:** Contacto normalmente cerrado.
- **Productividad:** Comparación entre un número determinado de bienes o productos creados o producidos en una unidad de tiempo (semanas, meses, año)
- **Fase:** Secuencia de un ciclo, por ejemplo: fase de Avance del Bastidor, fase de Retroceso del Bastidor, y otros.
- **Ciclo:** Conjunto de secuencias que guardan una interrelación entre si, por ejemplo: Ciclo Automático, Ciclo Manual
- **Posición limite superior del Puente:** Posición vertical máximo en lo que puede subir el Puente.
- **Posición limite inferior del Puente:** Posición vertical mínimo en lo que puede bajar el Puente

- **Posición límite inferior del Polín:** Posición vertical mínimo en lo que puede bajar el Polín
- **Posición límite superior del Polín:** Posición vertical mínimo en lo que puede subir el Polín
- **Velocidad de avance del Bastidor:** Velocidad a la que se desplaza el Bastidor, desde la posición de activación del Sensor de Retroceso hasta la posición de activación del Sensor de Avance.
- **Velocidad de retroceso del Bastidor:** Velocidad a la que se desplaza el Bastidor, desde la posición de activación del Sensor de Avance hasta la posición de activación del Sensor de Retroceso.
- **Límite máximo de la posición de avance:** Posición del Bastidor, en donde el tope metálico Fin de Avance activa el sensor de Avance.
- **Límite máximo de la posición de retroceso:** Posición del Bastidor, en donde el tope metálico Fin de Retroceso activa el sensor de Retroceso.
- **Límite mínimo de la posición de avance:** Posición del Bastidor, en donde el tope metálico Fin de Retroceso activa el sensor de Retroceso.
- **Límite mínimo de la posición de retroceso:** Posición del Bastidor, en donde el tope metálico Fin de Avance activa el sensor de Avance.
- **Posición inicial del desplazamiento lateral:** Posición del Coche en donde este empezará su desplazamiento.
- **Posición final del desplazamiento lateral:** Posición del Coche, en donde finalizará su desplazamiento.

- **Posición del límite superior del Polín:** Posición del Polín, en donde el tope metálico Fin de Subida Polín activa el sensor de Subida del Polín.
- **Posición del límite inferior del Polín:** Posición del Polín, en donde el tope metálico Fin de Bajada Polín, activa el sensor de Bajada del Polín.
- **Posición de corte:** Posición del Bloque montado sobre el Coche, que indica que esta listo para ser cortado por la Máquina Cortadora de Bloques.

B.2 RELACION DE TABLAS, FORMULAS Y FIGURAS

- Pág. 7: Figura 1: Diagrama Causa Efecto.
- Pág. 10: Figura 2: Máquina Cortadora de Bloques.
- Pág. 11: Tabla 1: Datos de los motores del Coche.
- Pág. 11: Figura 3: Coche.
- Pág. 12: Tabla 2: Datos de los motores del Bastidor.
- Pág. 12: Figura 4: Motor de Avance Retroceso.
- Pág. 12: Figura 5: Interior del Puente.
- Pág. 13: Figura 6: Bastidor.
- Pág. 13: Tabla 3: Datos del motor del Puente.
- Pág. 14: Figura 7: Puente.
- Pág. 14: Figura 8: Motor del Puente.
- Pág. 15: Tabla 4: Datos del motor del Polín.
- Pág. 15: Figura 8: Motor del Polín.
- Pág. 15: Figura 9: Polín de Recojo de Material.
- Pág. 16: Figura 10: Tablero Eléctrico.
- Pág. 17: Figura 11: PLC Crouzet XT20.
- Pág. 17: Figura 12: PLC Crouzet XD26.
- Pág. 17: Figura 13: PLC Twido TWDLCAA24DRF.
- Pág. 17: Figura 14: Módulo TWDDMM24DRF.
- Pág. 17: Figura 15: Módulo TWDAMM3HT
- Pág. 20: Figura 16: Diagrama de bloques en un PLC.

- Pág. 20: Figura 17: Diagrama de la Sección del Procesador.
- Pág. 29: Figura 18: Interfaz para entrada discreta DC.
- Pág. 30: Figura 19: Interfaz de salida discreta AC. (Tipo Relé)
- Pág. 34: Tabla 5: Características del variador Fuji Electric modelo FRN003G11S-2UX.
- Pág. 35: Tabla 6: Parámetros principales del variador Fuji Electric modelo FRN003G11S-2UX.
- Pág. 36: Figura 20: Variador de velocidad AC Fuji Electric.
- Pág. 36: Tabla 7: Esquema de conexiones de los variadores Fuji Electric modelo
- Pág. 39: Figura 21: Polos del imán.
- Pág. 40: Figura 22: Líneas del campo magnético.
- Pág. 40: Figura 23: Fuerzas de atracción y repulsión.
- Pág. 41: Figura 24: Generación de un campo magnético concéntrico al alambre conductor.
- Pág. 41: Figura 25: Generación del campo magnético cuando la corriente alterna pasa por un conductor
- Pág. 42: Figura 26: Diagrama del núcleo magnético.
- Pág. 43: Figura 27: Método para determinar la posición de los polos Norte y Sur.
- Pág. 44: Figura 28: Inducción de movimiento.
- Pág. 45: Figura 29: Imán girando sobre eje XY.
- Pág. 45: Figura 30: Campo magnético giratorio.

- Pág. 46: Figura 31: Rotor.
- Pág. 47: Figura 32: Motor de inducción de jaula de ardilla.
- Pág. 47: Figura 33: Dirección de rotación del campo magnético.
- Pág. 48: Formula 1: Velocidad Sincronía.
- Pág. 48: Figura 34: Campo magnético giratorio.
- Pág. 49: Formula 2: Deslizamiento.
- Pág. 49: Tabla 6: Relación entre polos por fase y torque por HP y KW de potencia.
- Pág. 50: Figura 35: Representación matemática del motor de inducción de jaula de ardilla.
- Pág. 51: Formula 3: Ecuación del Torque Electromagnético.
- Pág. 52: Formula 4: Ecuación de la Potencia en el eje.
- Pág. 53: Figura 36: Curva característica Torque y Corriente vs. Velocidad.
- Pág. 54: Formula 5: Cálculo del desplazamiento a carga nominal.
- Pág. 54: Formula 6: Cálculo del desplazamiento a dos veces carga nominal.
- Pág. 57: Figura 37: Sensor Crouzet modelo 838730.
- Pág. 59: Figura 38: Sensor Telemecanique modelo XS7C40PC440.
- Pág. 60: Figura 39: Sensor XS612B1PAL2.
- Pág. 62: Figura 40: Preselector multifuncional CPT4.
- Pág. 64: Tabla 7: Valores de P1 y P2.
- Pág. 66: Figura 41: Conexión del Preselector multifuncional.

- Pág. 69: Tabla 8: Descripción de los parámetros de los Preselectores.
- Pág. 70: Figura 42: Convertidor de corriente a voltaje
MACX MCR-SL-CAC-5-I.
- Pág. 71: Figura 43: Conexiones y elementos de operación del modulo.
- Pág. 72: Figura 44: Bordes de conexión
- Pág. 73: Tabla 9: Configuración de los Preselectores
- Pág. 73: Figura 45: Logotipo del software de procesador Twidosoft
V2.1.
- Pág. 74: Figura 46: Principio del Sistema Incremental Magnético.
- Pág. 75: Figura 47: Sistema de Medida Incremental Magnética, junto al
motor del Puente.
- Pág. 76: Figura 48: Sensor MS500 + Banda Magnética MB500.
- Pág. 76: Figura 49: Barra de perfil PS + Protector SB.
- Pág. 77: Figura 50: Ajuste de Dip Switch en el modulo AE510.
- Pág. 78: Figura 51: Código de los Dip Switches.
- Pág. 78: Figura 52: Módulo de Translación AE510.
- Pág. 78: Figura 53: Diagrama de conexión del módulo AE510.
- Pág. 79: Figura 54: Parte frontal del módulo AE510.
- Pág. 81: Figura 55: Temporizador Crouzet 88826115-MAR1.
- Pág. 82: Figura 56: Panel digital Vemer VM293800.
- Pág. 82: Figura 57: Conexiones
- Pág. 83: Figura 58: Manejo del Dip Switch.
- Pág. 84: Figura 59: Selección de escala.

- Pág. 84: Tabla 10: Escala de los paneles.
- Pág. 87: Figura 60: Relé de sobrecarga TH-N12KP.
- Pág. 87: Figura 61: Relé de sobrecarga TH-N120TAKP.
- Pág. 87: Figura 62: Relé de sobrecarga TH-N60KP.
- Pág. 90: Figura 63: Diagrama del contactor.
- Pág. 91: Figura 64: Interruptor termomagnético Mitsubishi NF400– C (300A.)
- Pág.94: Figura 65: Transformador de corriente TU40 SACI.
- Pág.95: Figura 66: Indicador de velocidad Autonics MT4W - DV- 4N
- Pág.96: Figura 67: Descripción de los bornes del Indicador de velocidad Autonics MT4W - DV- 4N.
- Pág.106: Tabla 11: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Crouzet modelo XT20.
- Pág.107 Tabla 12: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Crouzet modelo XT20.
- Pág.108 Tabla 13: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Crouzet modelo XD26.
- Pág.109: Tabla 14: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Crouzet modelo XD26.
- Pág.110: Figura 68: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 1.
- Pág.111: Figura 69: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 2.

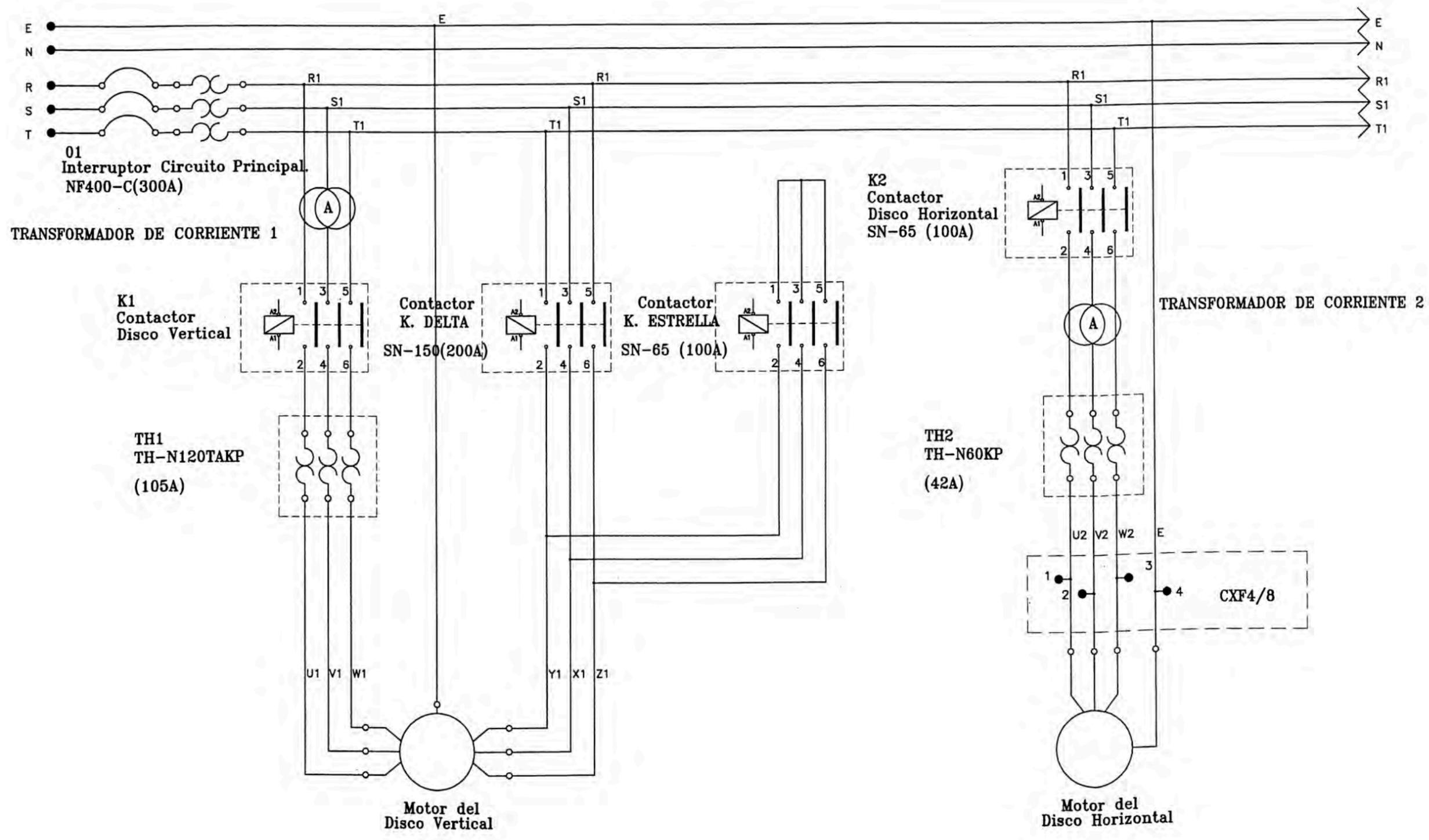
- Pág.112: Figura 70: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 3.
- Pág.113: Figura 71: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 4.
- Pág.114: Figura 72: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 5.
- Pág.115: Figura 73: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 6.
- Pág.116: Figura 74: Diagrama de flujo del funcionamiento original de la máquina con el PLC Crouzet hoja 7.
- Pág.117: Figura 75: Descripción visual del panel exterior del Tablero de Control.
- Pág.122: Figura 76: Requerimiento de mejoras a realizar en la velocidad de Avance del Bastidor.
- Pág.122: Figura 77: Requerimiento de un aumento de la velocidad antes del final de la fase de Avance del Bastidor.
- Pág.125: Figura 78: Características de los equipos eléctricos y electrónicos a instalar.
- Pág.126: Figura 77: Primer tramo de avance.
- Pág.127: Figura 78: Segundo tramo de avance.
- Pág.127: Figura 79: Tercer tramo de avance.
- Pág.128: Figura 80: Tramo de retroceso.
- Pág.129: Figura 81: Tramo de desplazamiento lateral del Coche.

- Pág.129: Tabla 15: Muestras de tiempo que demora un ciclo de corte de un bloque: Situación Anterior.
- Pág.129: Tabla 16: Muestras de tiempo que demora un ciclo de corte de un bloque: Situación Actual.
- Pág.134: Tabla 17: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Twido TWDLCAA24DRF.
- Pág.135: Tabla 18: Distribución de las entradas del controlador lógico programable PLC Twido TWDLCAA24DRF.
- Pág.136: Tabla 19: Distribución de las salidas del controlador lógico programable PLC Twido TWDDMM24DRF.
- Pág.137: Tabla 20: Distribución de las entradas del controlador lógico programable PLC Twido TWDDMM24DRF.
- Pág.138: Tabla 21: Distribución de las entradas y salidas del controlador lógico programable PLC Twido TWDDMM24DRF.
- Pág.139: Figura 82: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 1.
- Pág.140: Figura 83: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 2.
- Pág.141: Figura 84: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 3.
- Pág.142: Figura 85: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 4.
- Pág.143: Figura 86: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de

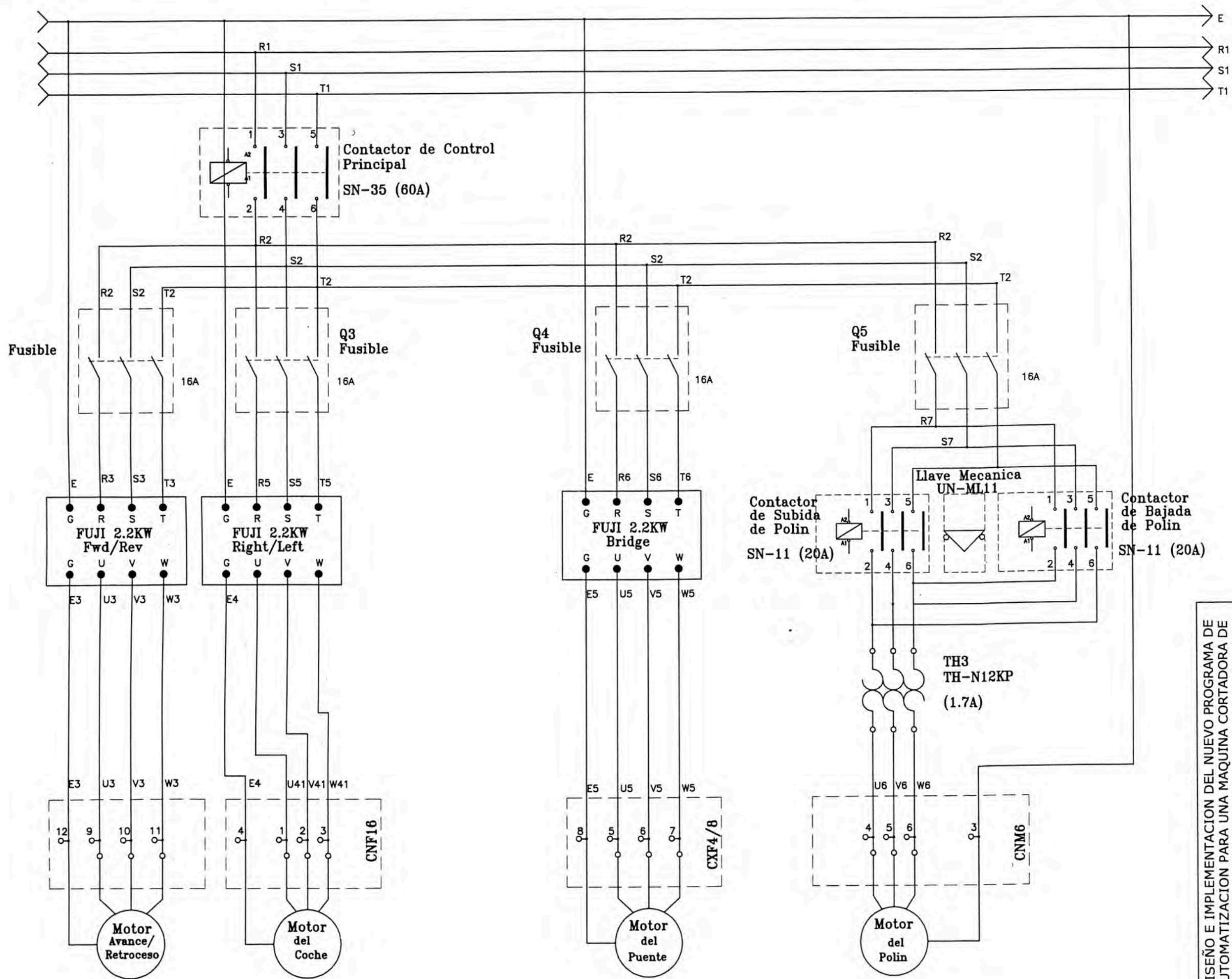
la máquina con el PLC Twido hoja 5.

- Pág.144: Figura 87: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 6.
- Pág.145: Figura 88: Diagrama de flujo del funcionamiento modificado de la máquina con el PLC Twido hoja 7.
- Pág.146: Figura 89: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 1.
- Pág.147: Figura 90: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 2.
- Pág.148: Figura 91: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 3.
- Pág.149: Figura 92: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 4.
- Pág.150: Figura 93: Programación Ladder en Twidosoft del nuevo programa de automatización de la máquina: hoja 5.

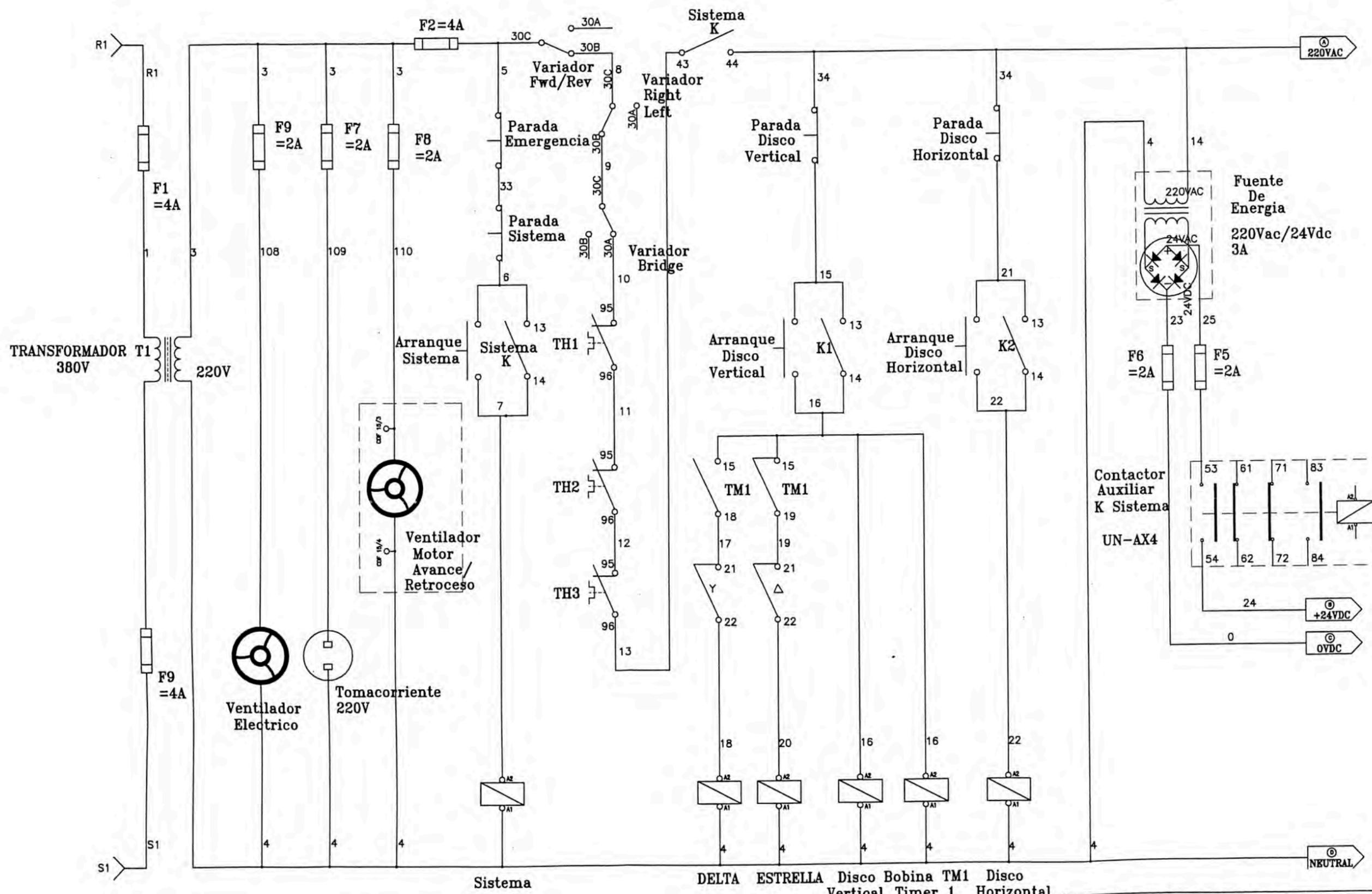
B.3 PLANOS ELECTRICOS ORIGINAL DE LA MAQUINA



DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO: ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO FUERZA 1 PROGRAMA ORIGINAL	DISEÑADO: FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA Nº155	CREADO: ANGEL GALVEZ
		FECHA: 5-OCT-2009

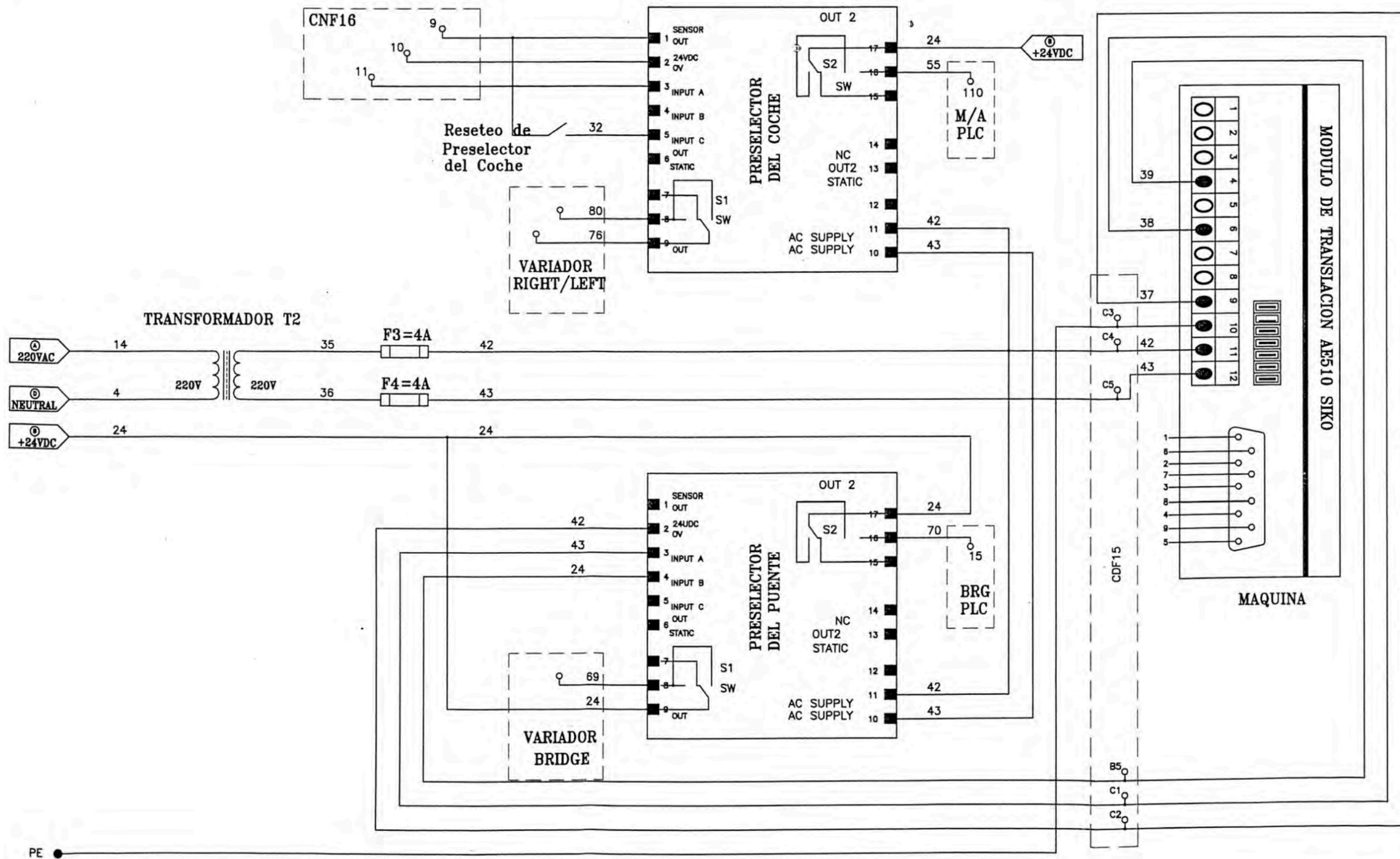


DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DISEÑADO:	FABRICANTE
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO FUERZA 2 PROGRAMA ORIGINAL	CREADO:	ANGEL GALVEZ
REVISADO :	PAGINA N°156	FECHA:	5-OCT-2009

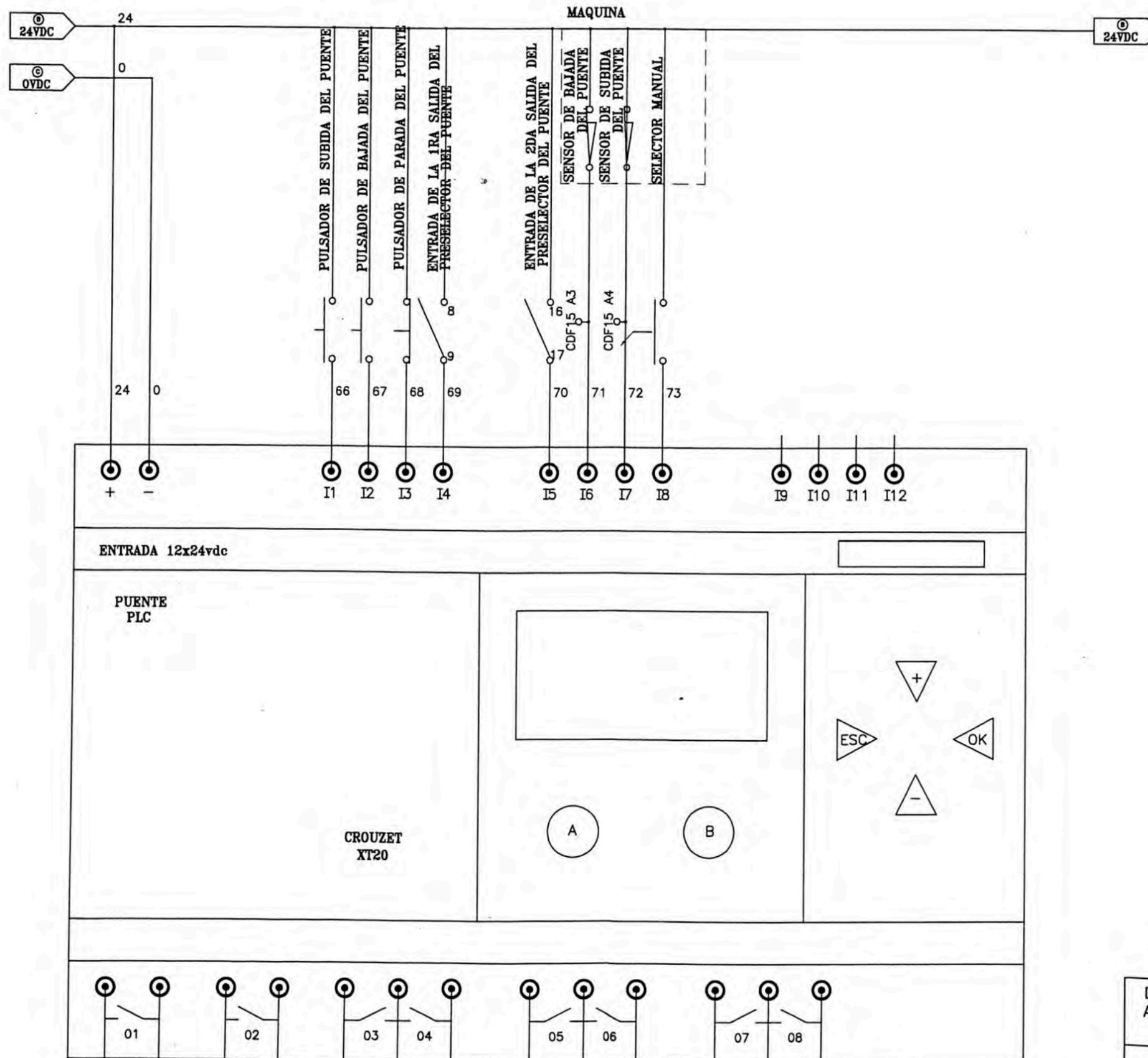


DELTA ESTRELLA Disco Bobina TM1 Disco Vertical Timer 1 Horizontal

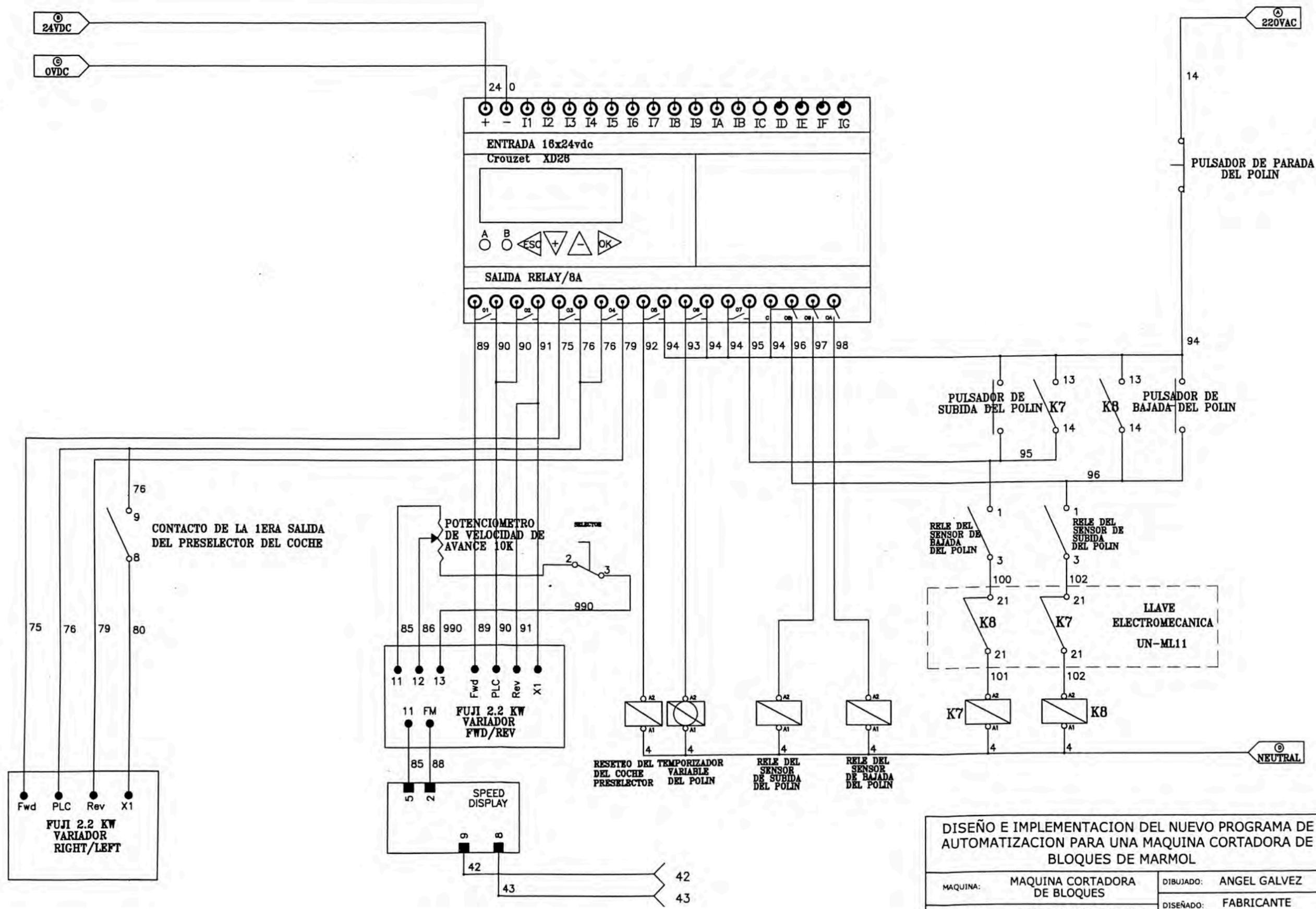
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL			
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO MANDO 1 PROGRAMA ORIGINAL	DISEÑADO:	FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA N°157	CREADO:	ANGEL GALVEZ
		FECHA:	5-OCT-2009



DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL			
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO CONTADORES PROGRAMA ORIGINAL	DISEÑADO:	FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA N158	CREADO:	ANGEL GALVEZ
		FECHA:	5-OCT-2009

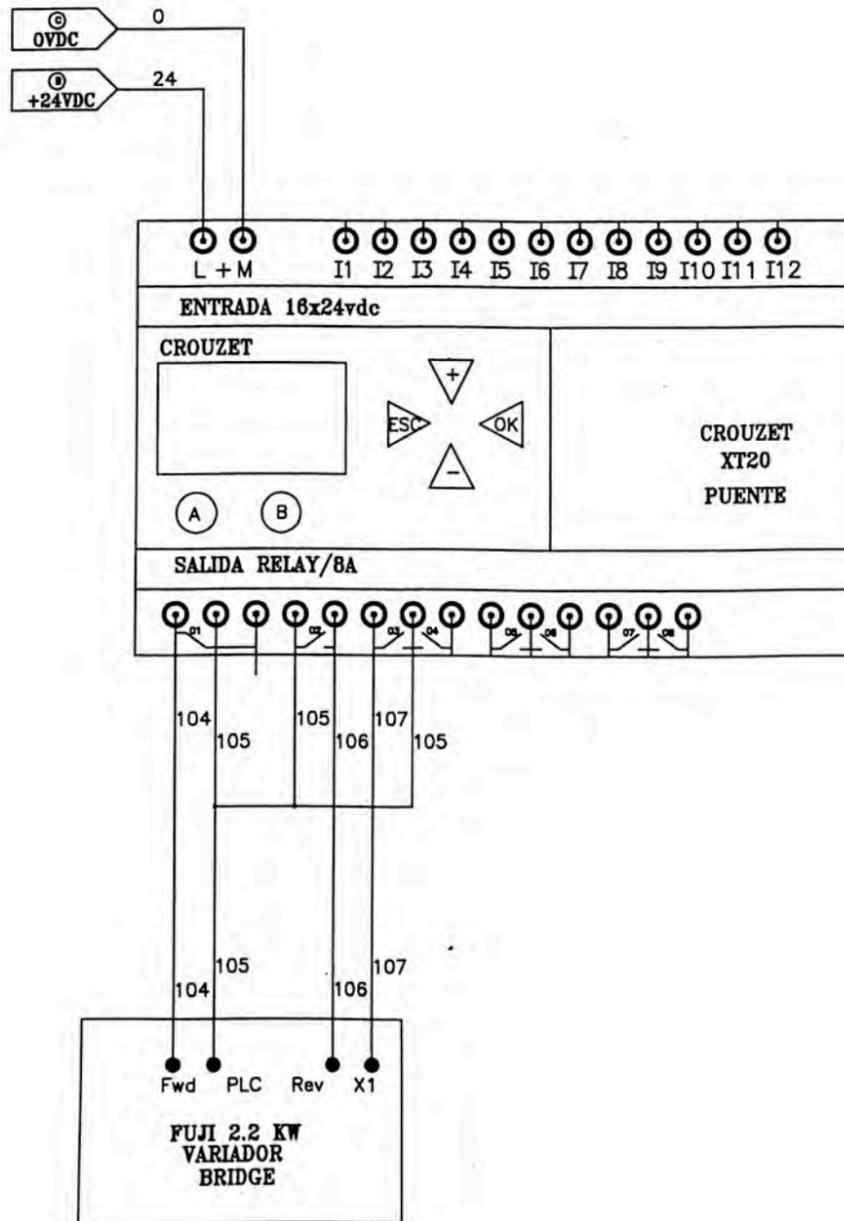


DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO: ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO ENTRADAS PLC CROUZET XT20	DISEÑADO: FABRICANTE
REVISADO : PAGINA Nº160		CREADO: ANGEL GALVEZ
		FECHA: 5-OCT-2009



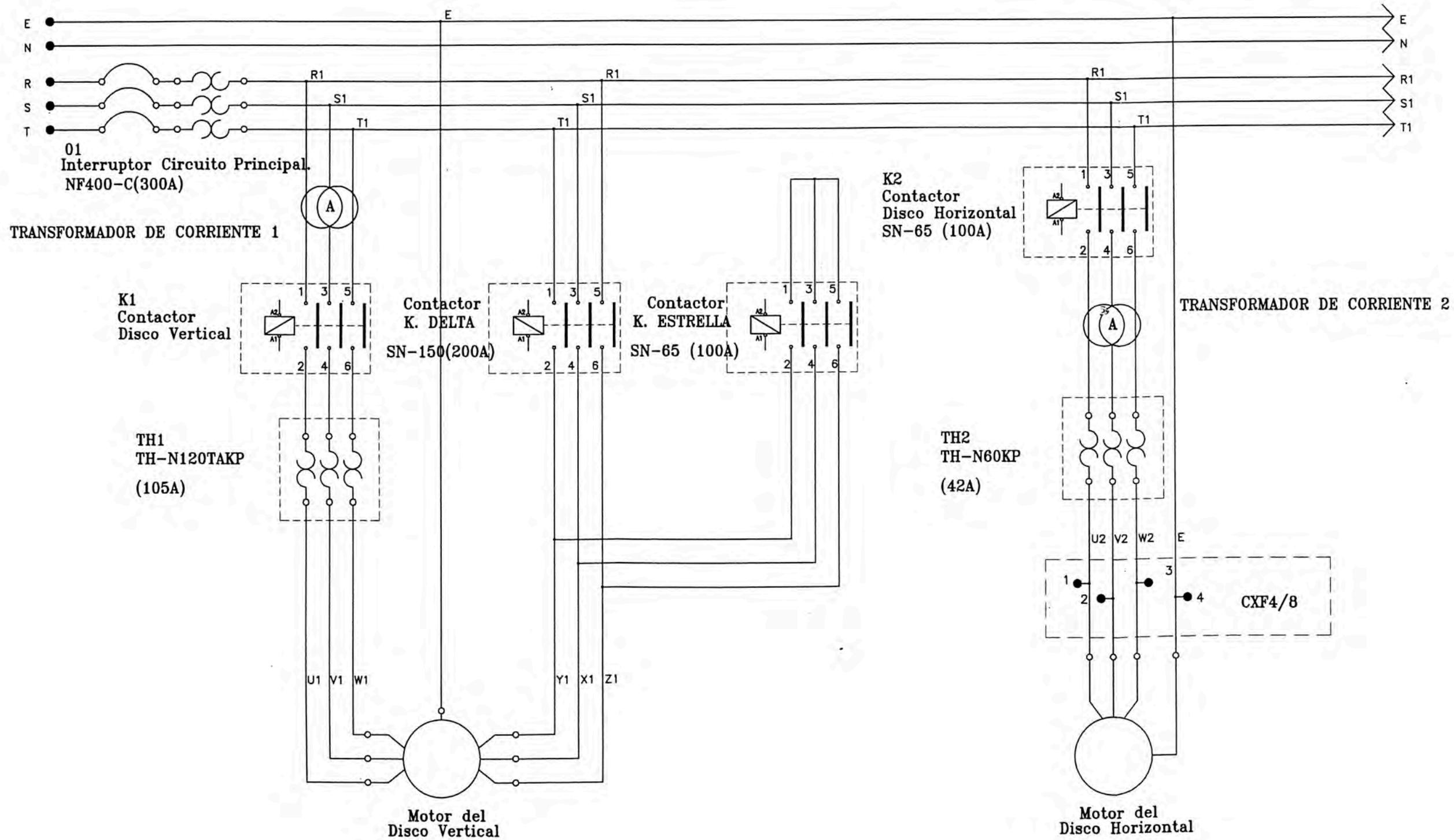
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL

MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO SALIDAS PLC CROUZET XD26	DISEÑADO:	FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA N°161	CREADO:	ANGEL GALVEZ
		FECHA:	5-OCT-2009

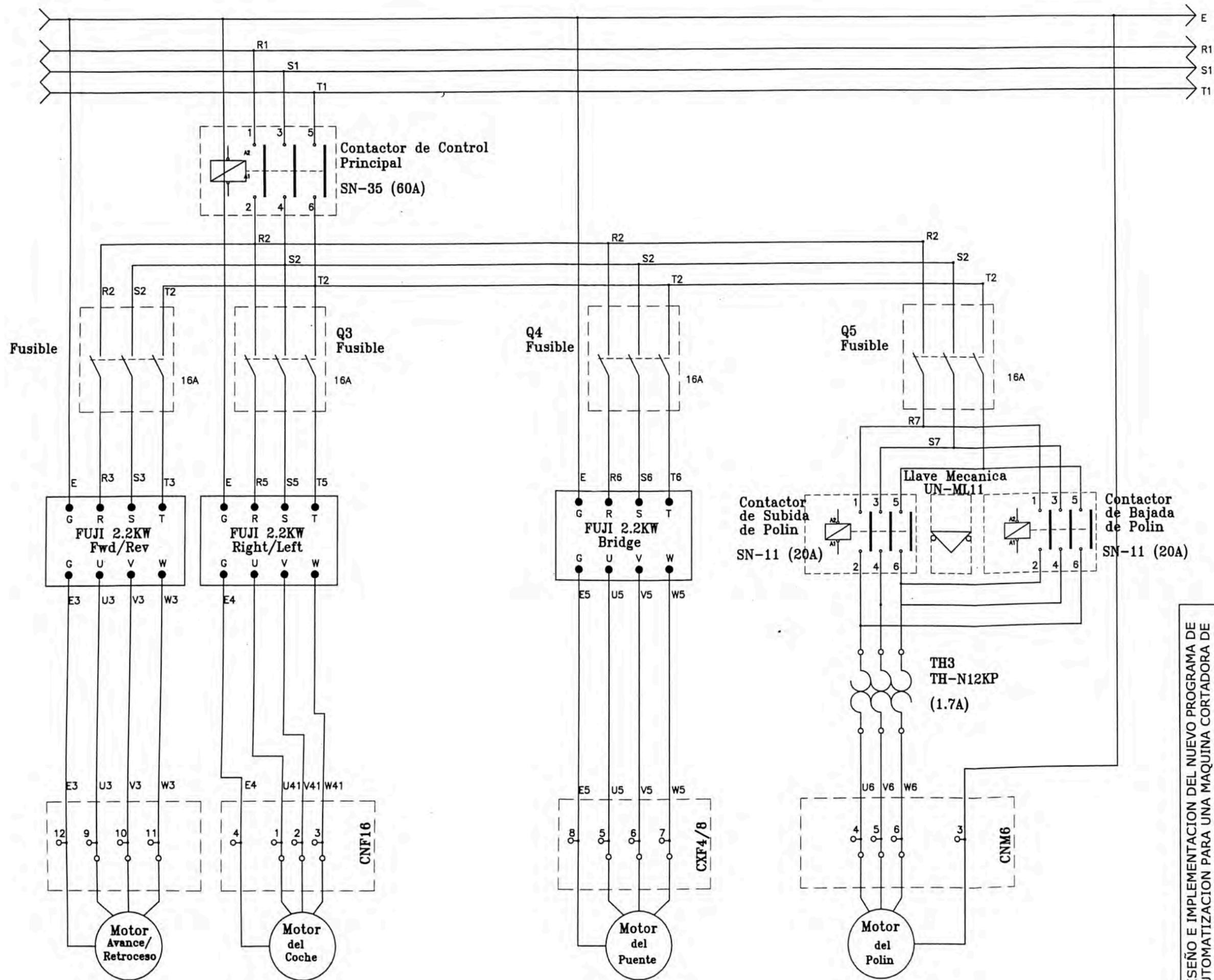


DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO: ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO SALIDAS PLC CROUZET XT20	DISEÑADO: FABRICANTE
REVISADO : PAGINA Nº162		CREADO: ANGEL GALVEZ
		FECHA: 5-OCT-2009

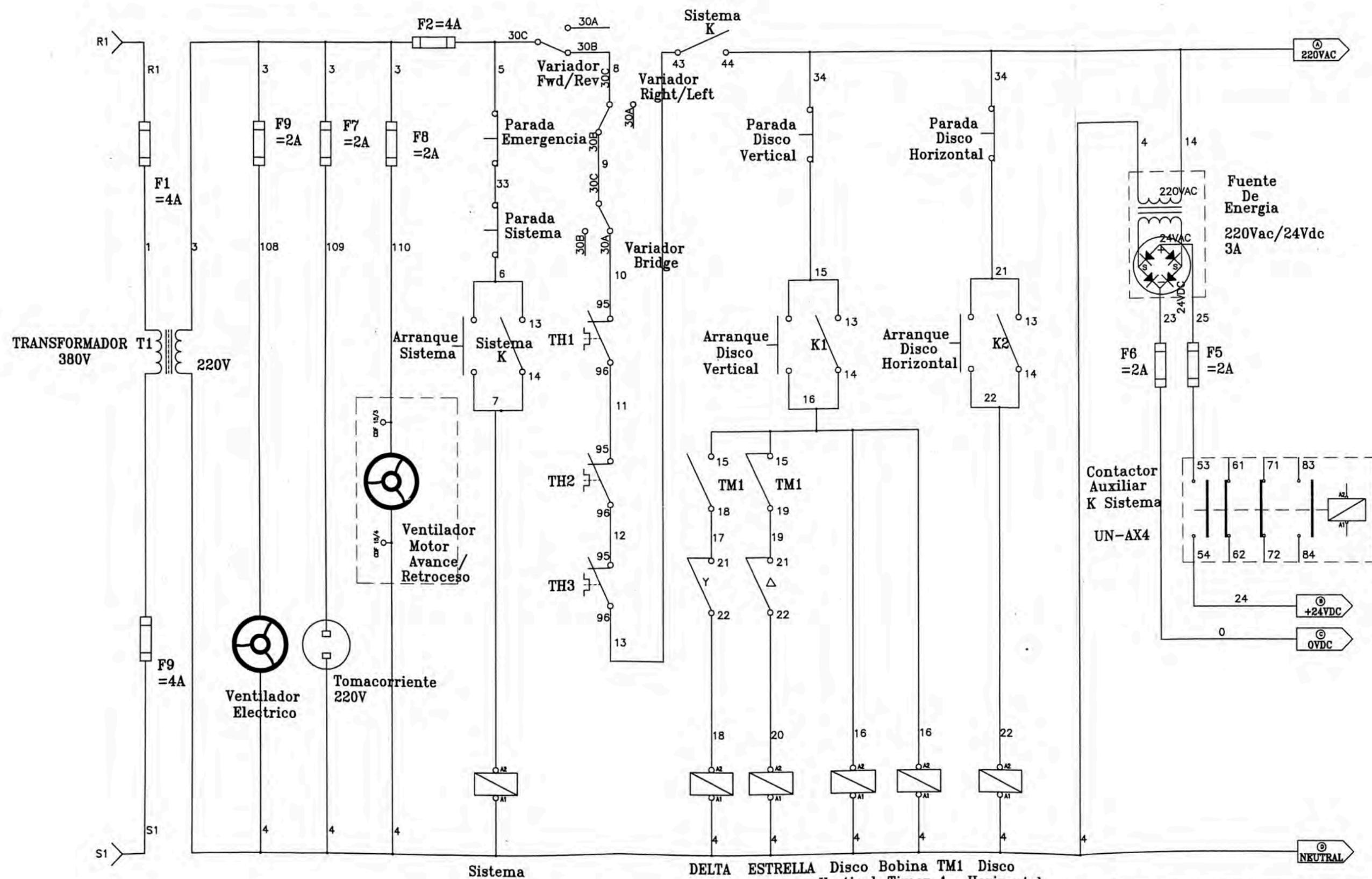
B.4 PLANOS ELECTRICOS MODIFICADO DE LA MAQUINA



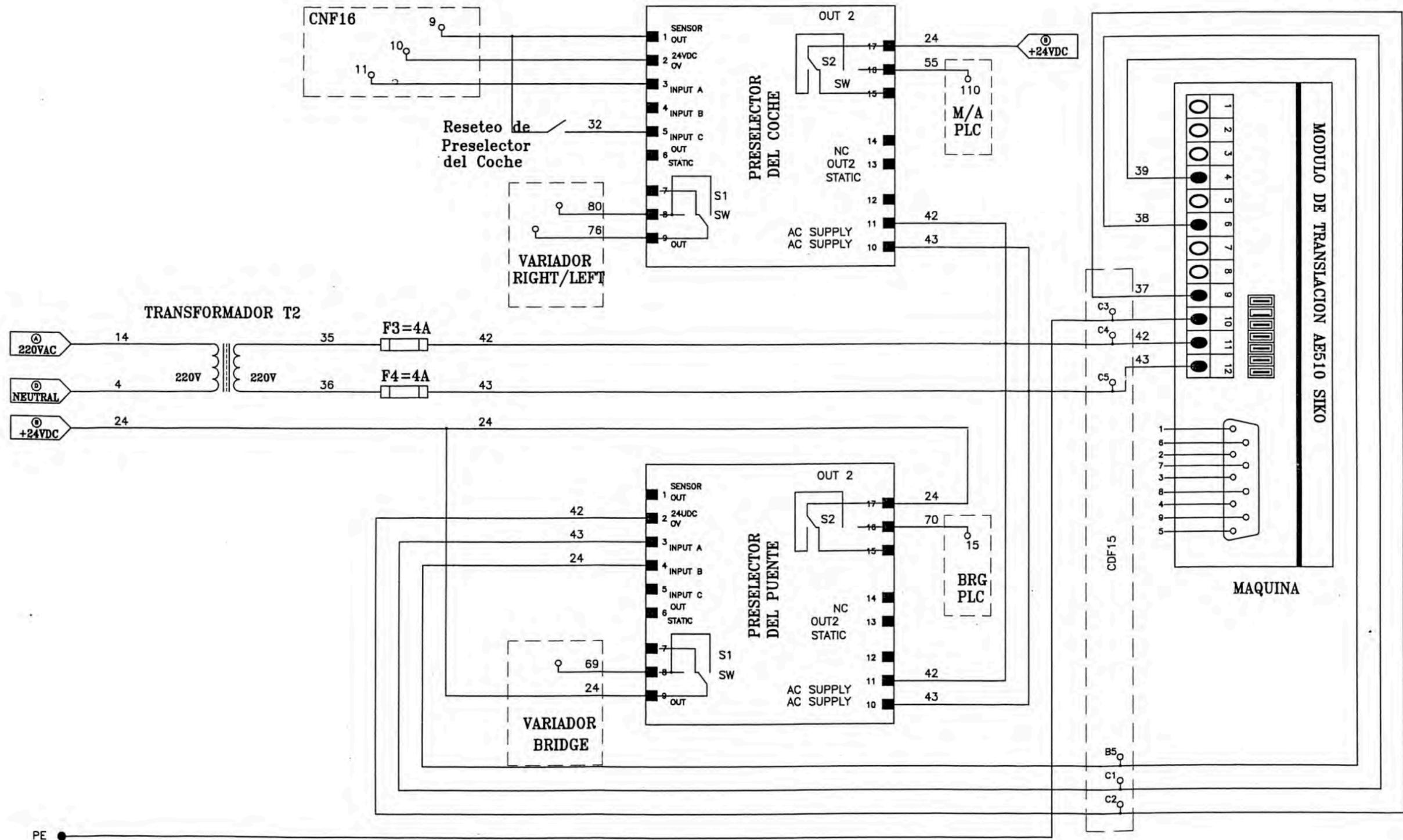
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL			
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO FUERZA 1 PROGRAMA MODIFICADO	DISEÑADO:	FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA Nº164	CREADO:	ANGEL GALVEZ
		FECHA:	5-OCT-2009



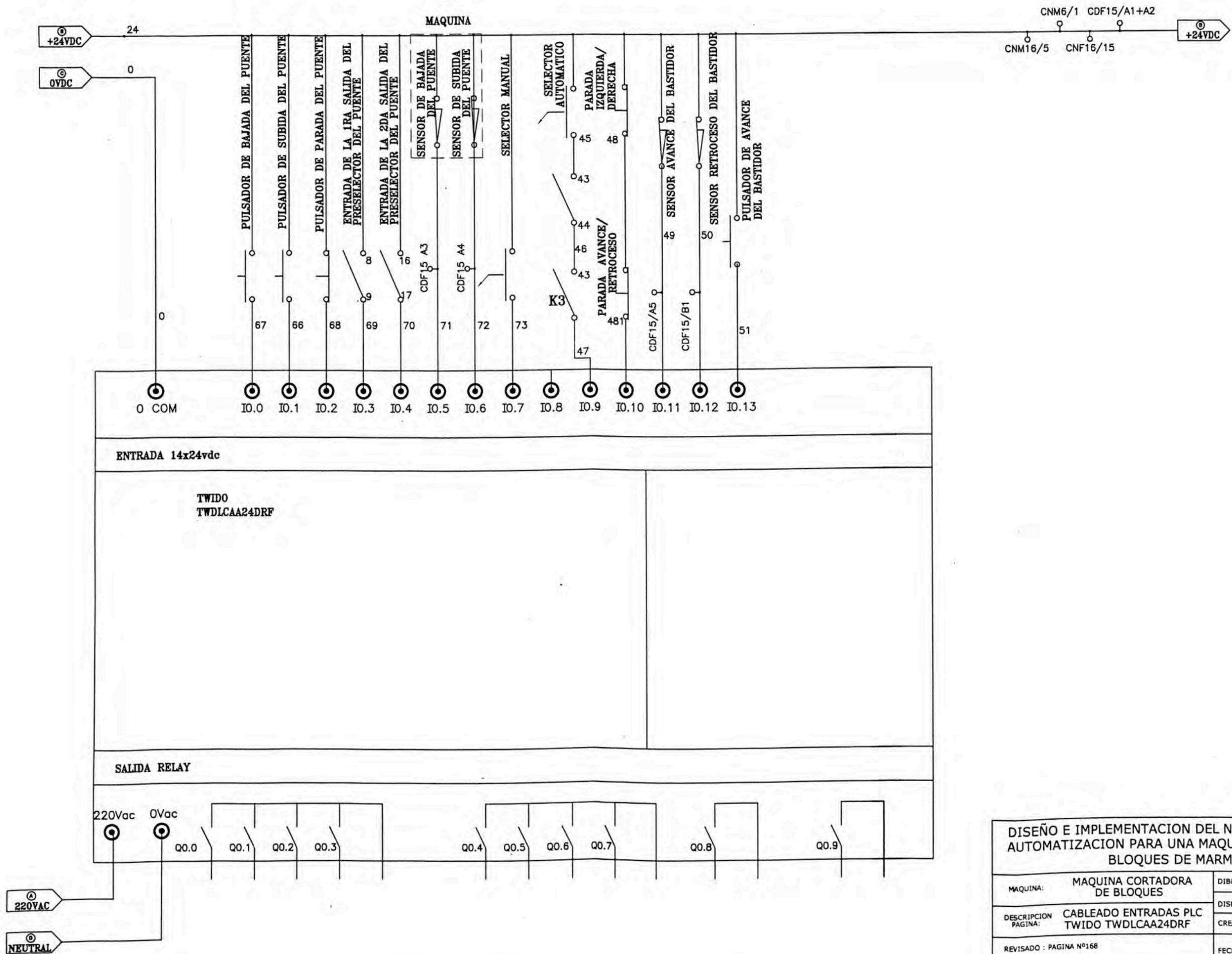
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DISEÑADO:	FABRICANTE
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO FUERZA 2 PROGRAMA MODIFICADO	CREADO:	ANGEL GALVEZ
REVISADO :	PAGINA Nº165	FECHA:	5-OCT-2009



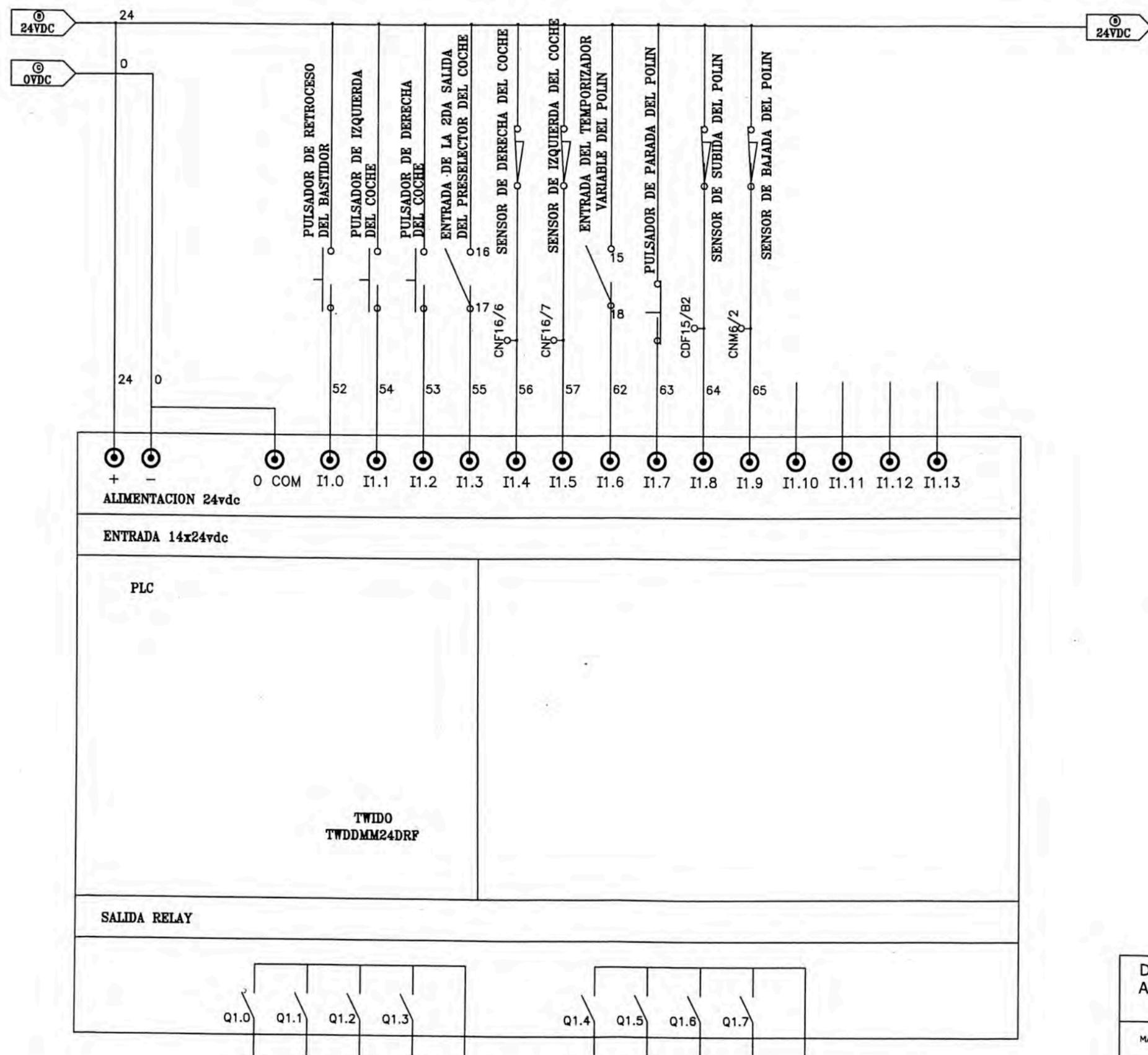
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL			
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO MANDO 1 PROGRAMA MODIFICADO	DISEÑADO:	FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA Nº166	CREADO:	ANGEL GALVEZ
		FECHA:	5-OCT-2009



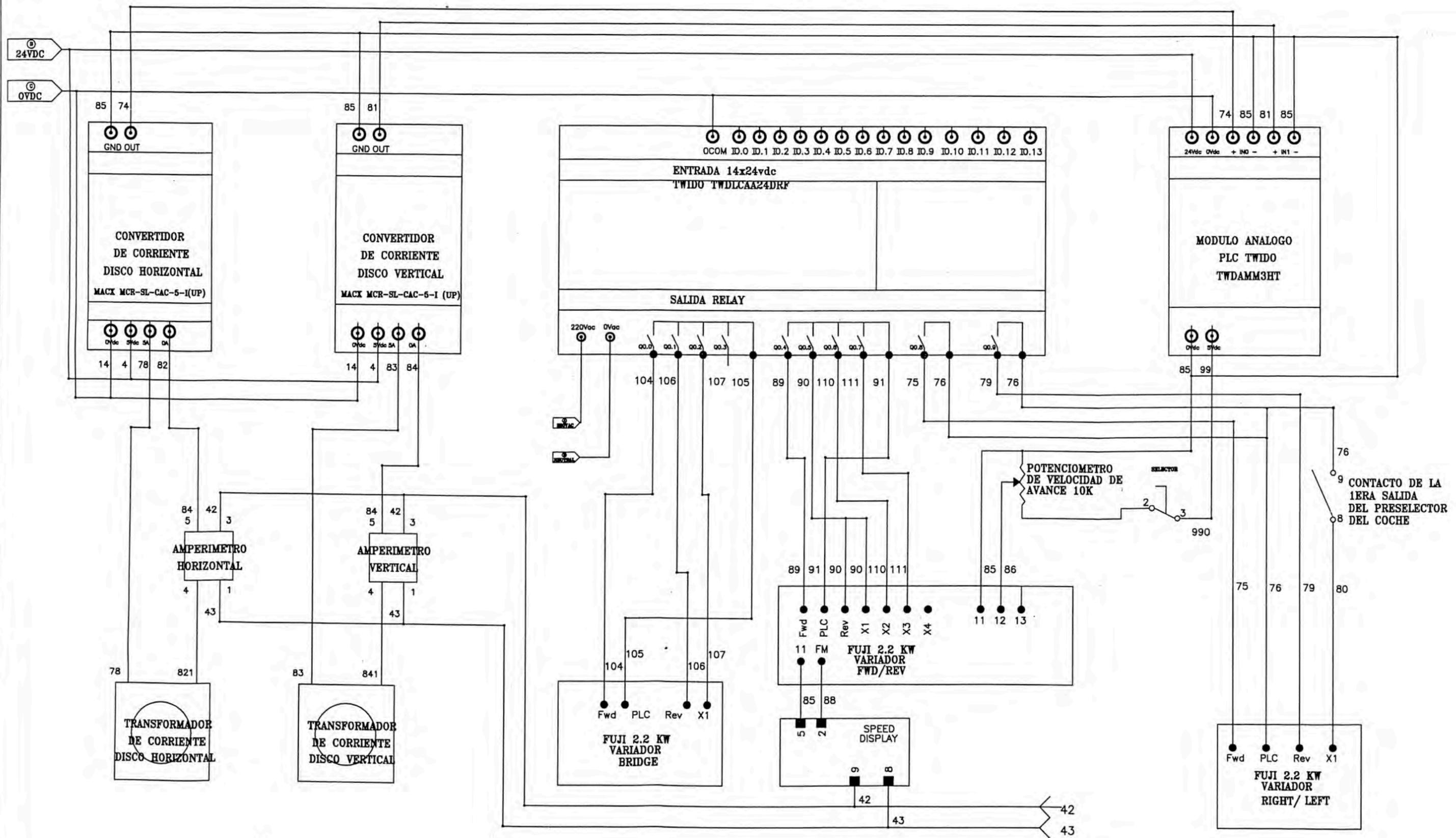
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO: ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO CONTADORES PROGRAMA MODIFICADO	DISEÑADO: FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA Nº167	CREADO: ANGEL GALVEZ
		FECHA: 5-OCT-2009



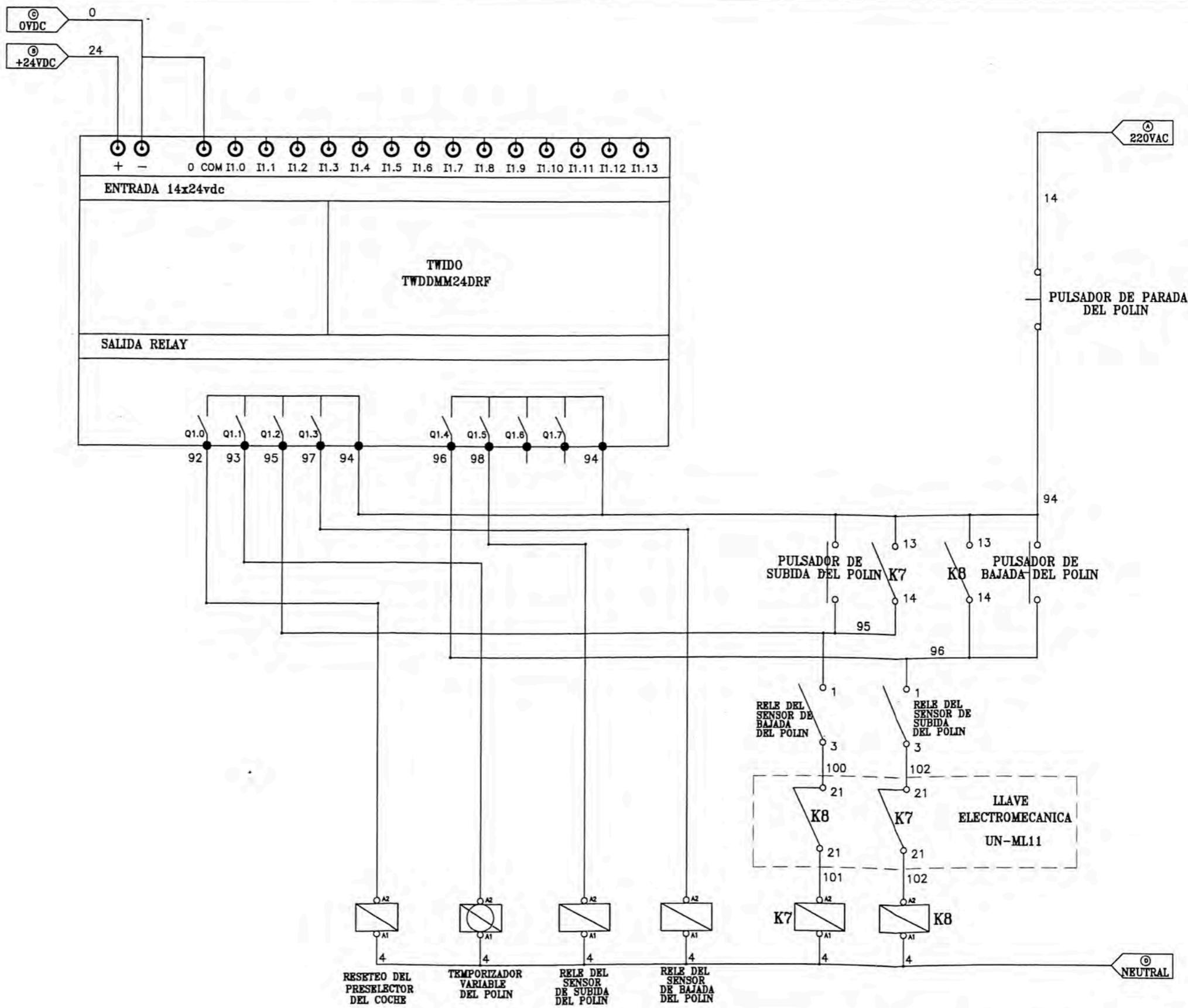
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO: ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO ENTRADAS PLC TWIDO TWDLCAA24DRF	DISEÑADO: FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA N°168	CREADO: ANGEL GALVEZ
		FECHA: 5-OCT-2009



DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL		
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO: ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO ENTRADAS PLC TWIDO TWDDMM24DRF	DISEÑADO: FABRICANTE CREADO: ANGEL GALVEZ
REVISADO :	PAGINA N°169	FECHA: 5-OCT-2009



DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL			
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO SALIDAS PLC TWIDO TWDLCAA24DRF	DISEÑADO:	FABRICANTE
REVISADO :	PAGINA Nº170	CREADO:	ANGEL GALVEZ
		FECHA:	5-OCT-2009



DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL NUEVO PROGRAMA DE AUTOMATIZACION PARA UNA MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES DE MARMOL			
MAQUINA:	MAQUINA CORTADORA DE BLOQUES	DIBUJADO:	ANGEL GALVEZ
DESCRIPCION PAGINA:	CABLEADO SALIDAS PLC TWIDO TWDD24MMDRF	DISEÑADO:	FABRICANTE
		CREADO:	ANGEL GALVEZ
REVISADO :	PAGINA Nº171	FECHA:	5-OCT-2009

B.5 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA MÁQUINA

