

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

I.T. Telecomunicación (Sist. Electrónicos)



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Adaptación Del Diseño De Una Pesadora Industrial Basada En Un Automata Programable”

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:

OscarJesid Mendoza Duarte

Director/es:

D. José Francisco Toledo Alarcón

GANDIA, 2011

Agradecer a José Francisco Toledo
Los consejos y la atención prestada
Durante la realización de este proyecto.

Dedicar especialmente a mi pareja Nubia,
Cuyo apoyo ánimos durante todos estos años de carrera
Han sido la mejor de las ayudas y motivaciones

RESUMEN DEL PROYECTO

En el sector industrial existe necesidad de incorporar dispositivos de pesado en líneas de producción. Generalmente las empresas dedicadas a la construcción de maquinaria industrial desarrollan sus propias maquinas especializadas en este campo.

Partiendo de un diseño básico de maquina de pesado basada en autómeta programable, se plantea la particularización o adaptación del diseño básico a las necesidades de un cliente.

INDICE

1	INTRODUCCION
2	ENTORNO DEL PROYECTO
2.1	PLC
2.2	ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN (IEC 61131-3)
2.3	INTERFAZ HUMANO – MAQUINA:
2.4	DISYUNTOR
2.4.1	DISYUNTOR MAGNETOTERMICO
2.4.2	DISYUNTOR DIFERENCIAL
2.5.1	GUARDAMOTORCONTACTOR
2.5.2	CONTACTOR – INVERSOR
2.6.1	FUENTES DE ALIMENTACION
2.7.1	MOTOR
2.7.2	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO
2.7.3	MOTOR TRIFÁSICO CONECTADOR EN TRIANGULO
2.7.4	MOTOR TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA
2.8.1	FUSIBLES
2.8.2	VALORES NOMINALES DE LOS FUSIBLES
2.8.2.1	INTENSIDAD NOMINAL.
2.8.2.2	TENSIÓN NOMINAL.
2.8.2.3	POTENCIA DISIPADA.
2.8.2.4	FUNCIONAMIENTO DE UN FUSIBLE
2.8.2.4.1	TIEMPO DE PREARCO
2.8.2.4.2	TIEMPO DE ARCO
2.9.1	RELE
2.9.1.1	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
2.9.1.2	CONTACTOS DE CONMUTACIÓN
2.10.1	SETA
	DEFINICION DE LOS GRUPOS CONSTRUCTIVOS
3.	PESADORA INDUSTRIAL
3.1	GRUPO CONSTRUCTIVO 1. LONA DE ENTRADA
3.1.2	PARTES
3.1.2.1	MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 0.25KW
3.1.2.2	FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, PUEDE SER CON ESPEJO O AUTOREFLEXIBLE
3.1.2.3	LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.
3.2	GRUPO CONSTRUCTIVO 2. LONAS DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTO.
3.2.2	PARTES
3.2.2.1	DOS MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 95W
3.2.2.2	FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, AUTOREFLEXIBLE
3.2.2.3	LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.
3.3	GRUPO CONSTRUCTIVO 3. TRANSPORTE DE CAJAS O BANDEJAS VACÍAS.
3.3.2	PARTES

3.3.2.1	UN MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 95W
3.3.2.2	FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, PUEDE SER CON ESPEJO O AUTOREFLEXIBLE
3.3.2.3	LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.
3.4	GRUPO CONSTRUCTIVO 4. TRANSPORTE Y PESADO
3.4.2	PARTES
3.4.2.1	UN MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 375W
3.4.2.2	TRES FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, PUEDE SER CON ESPEJO
3.4.2.3	LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.
3.5	GRUPO CONSTRUCTIVO 5. TRANSPORTE SALIDA CAJAS LLENAS.
3.5.2	PARTES
3.5.2.1	UN MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 375W
3.5.2.2	LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.
4	PLANOS ELÉCTRICOS.
4.1	PLANO 1: FUERZA PESADORA
4.1.1	DISYUNTORES ALIMENTACIÓN GENERAL 3 DE 16A.
4.1.1.1.	CALCULO.
4.1.2.	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ALTERNA A CONTINUA,
4.1.3	PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DE LA CINTA DE ALIMENTACIÓN.
4.1.4	PLANO CONEXIONADO MOTOR CINTA PESADO GRUESO
4.1.5	PLANO CONEXIONADO MOTOR CINTA PESADO FINO
4.2	PLANO 2 : FUERZA PESADORA
4.2.1	PLANO DEL CONEXIONADO TRANSPORTE DE CAJAS.
4.2.2	PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DEL CALIBRADOR.
4.2.3	PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DEL CALIBRADOR.
4.2.4	PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DEL CALIBRADOR.
4.3	PLANO DE ENTRADAS Y SALIDAS PLC
4.3.2	PLANO EXTENDIDO ENTRADAS PLC
4.3.3	PLANO EXTENDIDO SALIDAS PLC
4.4	PLANO DE CONEXIONADO CÉLULA DE CARGA
5.	PLC.
5.1	PLC ELEGIDO PARA LA APLICACIÓN.
5.2.	MÓDULOS DE EXPANSIÓN I/O.
5.2.1.	CÉLULA DE PESADO
5.2.2.	MODULO DE ENTRADA
5.2.3	MODULO DE SALIDA
5.3	PROGRAMA.
6	CONCLUSIONES
7	RESULTADO FINAL
8	REFERENCIAS

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Motivación
- 1.2 Descripción del problema.
- 1.3 Objetivos

1.1 MOTIVACIÓN.

En sector industrial siempre habrá la necesidad de incorporar dispositivos de pesado en las líneas de producción; En el mercado y en general las Empresas dedicadas a la construcción de maquinaria industrial desarrollan sus propias maquinas especializadas en este campo y para este propósito basan sus sistema en “PLC”, (Programmable Logic Control). Control Lógico programable. Autómata industrial o en castellano A.P.I.

Partiendo de la aplicación que tiene el incorporar PLC’S a la maquinarias industrial, en su alta demanda y además de su evidente aportación académica se desea profundizar en la construcción de una maquina industrial, resolviendo los posibles problemas eléctricos, mecánicos y de programación que surjan no sin definir su posible funcionamiento y robustez a la hora de incorporarlo en cualquier cadena de producción.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En las industrias en general se precisa maquinaria que resuelva el problema de pesar correcta, rápida y continuamente un producto, para esta finalidad es necesario que incorporen y que cumplan unos cánones de robustez, adaptación, fiabilidad, eficacia y rentabilidad.

Robustez: Este problema consiste en que la maquina tiene que tener una estructura fuerte y adecuada para el proceso industrial, con lo cual los materiales deben ser resistentes duraderos y modulares para que en caso de rotura se puedan remplazar fácilmente.

Adaptación: La maquina se debe poder acoplar fácilmente a el proceso industrial teniendo en cuenta los diferentes protocolos de comunicación, así como los posibles cambio futuros que el cliente exija.

Fiabilidad: Se necesita que la pesadora tenga un funcionamiento prolongado, por lo se debe construir para que dure y no falle tanto eléctrica como mecánicamente, sin olvidar que el programa que lleve el PLC, debe estar lo mas depurado posible.

Eficacia: Como es lógico es de vital importancia que el pesado de cualquier material debe ser correcto en todo momento, se debe tener en cuenta todas las variables que puedan afectar a la célula de carga, tanto como vibraciones, tensiones residuales, interferencia por

motores, o no definir correctamente el ciclo de trabajo, cabe tener claro las necesidades del cliente y la solución que se aporte.

Rentabilidad: Es un producto que debe ser rentable para el cliente a corto – largo plazo, ya que debe reducir costos de personal o mejorar velocidades de producción, que al final se traduce a reducir costos.

1.3 OBJETIVOS

- Conocer Elementos eléctricos industriales, investigando e indagando en diferentes medios de información para poder entender mejor el funcionamiento y desempeño de cada uno de ellos en un proceso industrial.
- Conocer el proceso de fabricación de una maquina industrial, partiendo del modelo ya probado y fabricado por fomesa ingeniería.
- Programar el PLC añadiendo la rutina de control de las barandillas, y la modificación en la rutina de salidas.
- Añadir la pantalla de control de las barandillas en el HMI.
- Creación y modificación de los planos eléctricos añadiendo el motor, contactor y guardamotor de las barandillas.
- Desarrollar planos mecánicos en autocad, ya que la empresa constructora no me los podía ceder.

2. ENTORNO DEL PROYECTO

Tecnologías utilizadas

Dentro de este proyecto, el PLC conforma la base sobre la que se desarrolla la aplicación. Sin embargo, son necesarias una serie de elementos adicionales para que la aplicación llegue a su término. En este capítulo se hace referencia a cada uno de los elementos.

2.1. PLC

Definición según (IEC 61131): Un autómata programable (AP) es un sistema electrónico programable diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario. Para implantar unas soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, temporización recuento y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas digitales y analógicas diversos tipos de máquinas y procesos [1].



Figura 1: Plc

Ventajas:

- Mayor nivel de automatismo, control y simplicidad en los procesos en los que interviene.
- Facilitar a los operarios de las máquinas las operaciones de maniobras.
- Mejoramientos del control de los procesos.
- Permite la introducción de cambios rápidos en las distintas maniobras y procesos que controla.
- Protege y controla los aparatos electrónicos.
- Ayuda con mensajes al control de las averías. Ayuda al mantenimiento.
- Puede estar unido a ordenadores que controlen los procesos.
- Tener salidas de información a impresoras y pantallas TV.

- Reduce al volumen de los automatismos.
- Aumenta el grado de seguridad de las instalaciones que controlan.
- Obtención de mayor productividad de las maquinas o instalaciones.
- Multitud de prestaciones que hacen que el autómeta programable se este generalizando a todos los niveles y aplicaciones.

2.2. ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN (IEC 61131-3)

Existen 4 lenguajes de programación + Grafcet (SFC)

- **Grafcet (SFC)** :(Graphe de Comands Etape/Transition; gráfico de mando etapa/transición) [2].

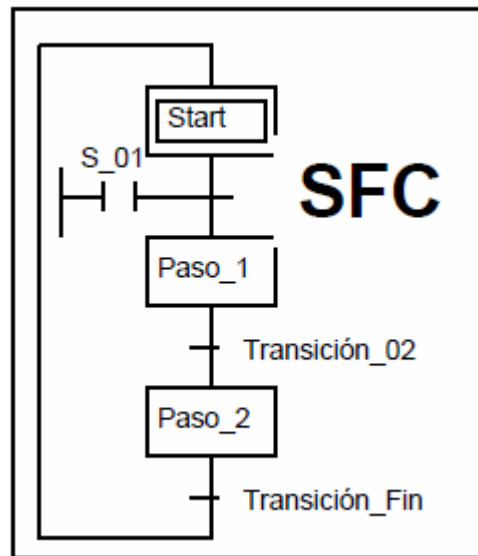


Figura 2: Graphe sfc

- **Lenguajes gráficos:**
 - a. Diagrama de escalera (“ladder diagram”, LD) [2]

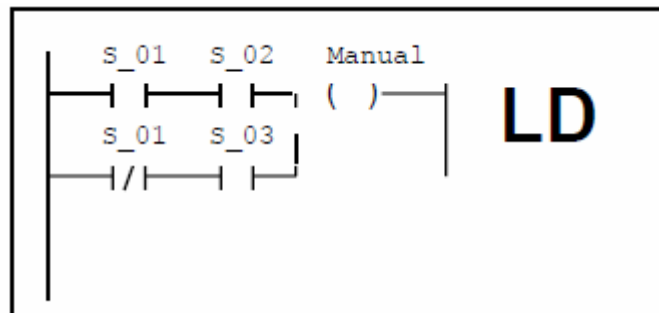


Figura 3: lenguaje LD

- b. Diagrama de bloques funcionales (“Function block diagram” **FBD**)
[2]

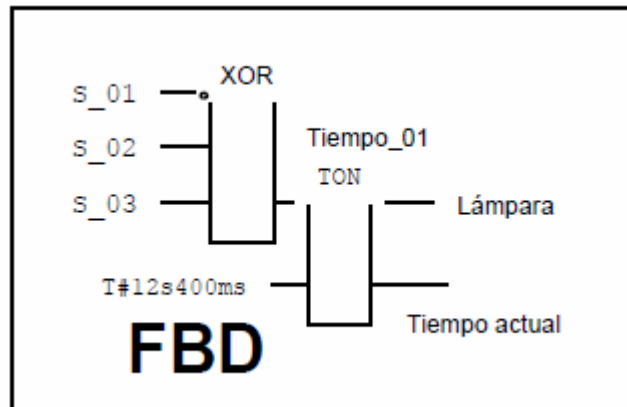


Figura 4: lenguaje FBD

• **Lenguajes literales:**

- a. Lista de instrucciones (“Instruction list” **IL**) [2]

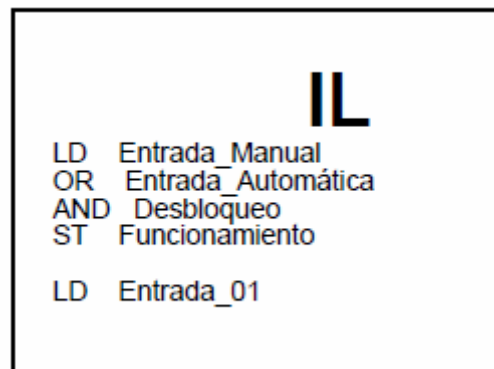


Figura 5: lenguaje IL

- b. Texto estructurado (“Structured text”, **ST**) [2]

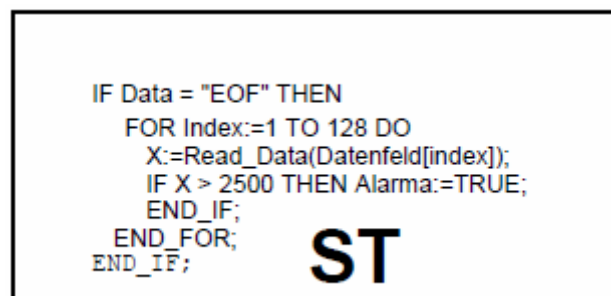


Figura 6: Lenguaje ST

El lenguaje a utilizar depende directamente del programador, el cual evalúa el tipo de lenguaje que mas se acople al problema y a la dificultad del mismo; En esta evaluación se deben tener en cuenta la velocidad de respuesta, los diferentes protocolos de comunicaciones que se utilizaran y la flexibilidad o robustez del software según exigencias del cliente.

2.3.INTERFAZ HUMANO – MAQUINA:

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador.

Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores).

Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI. [3]



Figura 7: Scada o Hmi

2.4 DISYUNTOR



Figura 8: Disyuntor

Un **disyuntor** o **interruptor automático** es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. A diferencia del fusible, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática. [4]

Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios.

2.4.1 DISYUNTOR MAGNETOTERMICO

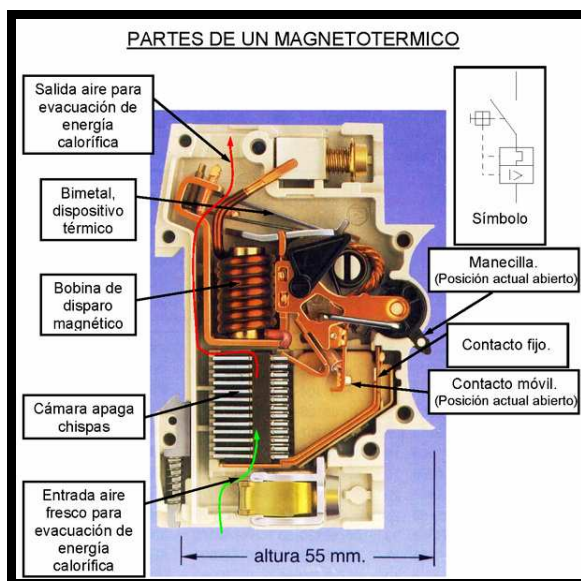


Figura 9: disyuntor magneto térmico

Funcionamiento: Al circular la corriente por el electroimán, crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado (M), tiende a abrir el contacto C, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad I que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado.

Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magneto térmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente. [5]

2.4.2 DISYUNTOR DIFERENCIAL

Un interruptor diferencial exponencial, también llamado disyuntor por corriente diferencial o residual, es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos. [6]

En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. [6]

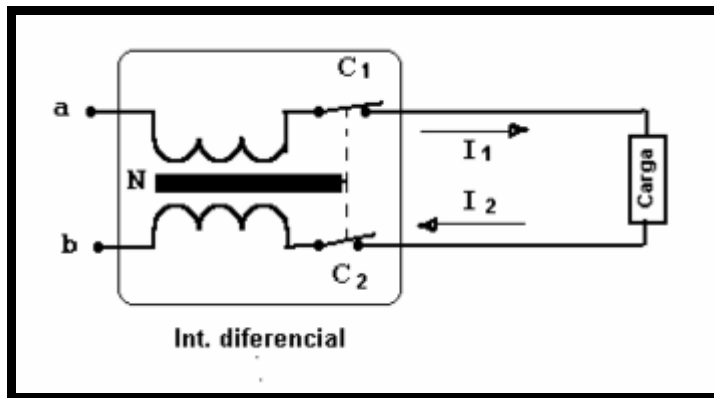


Figura 10: Disyuntor diferencial (a)

Si nos fijamos en la FIG vemos que la intensidad (I_1) que circula entre el punto **a** y la carga debe ser igual a la (I_2) que circula entre la carga y el punto **b** ($I_1 = I_2$) y por tanto los campos magnéticos creados por ambas bobinas son iguales y opuestos, por lo que la resultante de ambos es nula. Éste es el estado normal del circuito. [6]

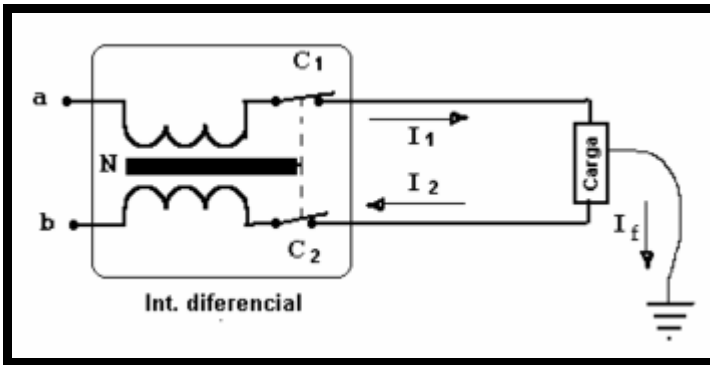


Figura 11: Disyuntor diferencial (b)

Si ahora nos fijamos en la FIG vemos que la carga presenta una derivación a tierra por la que circula una corriente de fuga (I_f), por lo que ahora $I_2 = I_1 - I_f$ y por tanto menor que I_1 . Es aquí donde el dispositivo desconecta el circuito para prevenir electrocuciones, actuando bajo la presunción de que la corriente de fuga circula a través de una persona que está conectada a tierra y que ha entrado en contacto con un componente eléctrico del circuito. [6]

La diferencia entre las dos corrientes es la que produce un campo magnético resultante, que no es nulo y que por tanto producirá una atracción sobre el núcleo **N**, desplazándolo de su posición de equilibrio, provocando la apertura de los contactos **C1** y **C2** e interrumpiendo el paso de corriente hacia la carga, en tanto no se rearme manualmente el dispositivo una vez se haya corregido la avería o el peligro de electrocución. [6]

Aunque existen interruptores para distintas intensidades de actuación, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión exige que en las instalaciones domésticas se instalan normalmente interruptores diferenciales que actúen con una corriente de fuga máxima de 30 mA y un tiempo de respuesta de 50 ms, lo cual garantiza una protección adecuada para las personas y cosas. [6]

La norma UNE 21302 dice que se considera un interruptor diferencial de alta sensibilidad cuando el valor de ésta es igual o inferior a 30 miliamperios.

2.4.3.GUARDAMOTOR



Figura 12: Guardamotor

Un guardamotor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K. [7]

Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magneto-térmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase. [7]

2.5.1CONTACTOR



Figura 13: Contactor

Un **contactor** es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un **contactor** es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden. [8]

2.5.2 CONTACTOR – INVERSOR



Figura 14: contactor

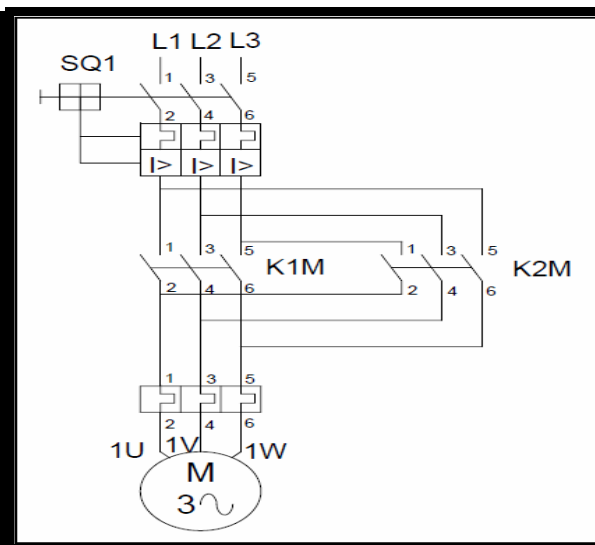


Figura 15: Esquema eléctrico contactor-motor

El giro del motor trifásico será posible invertirlo cambiando las conexiones de línea de dos terminales cualesquiera del estator, ya que simultáneamente se cambia el sentido de giro del campo magnético giratorio. [9]

Se debe tener en cuenta que durante la conmutación tiene que intercalarse una pausa suficientemente extensa para que se extinga el arco en el aparato que desconecta antes de conectar el segundo aparato de maniobra. Para esto los contactores deben estar enclavados eléctricamente y/o mecánicamente. [9]

Normalmente, en los inversores se utiliza un sistema muy simple de enclavamiento, el cual consiste en conectar en serie con la bobina de un contactor un contacto auxiliar normalmente cerrado del segundo contactor, y viceversa. Al propio tiempo, y con objeto de proporcionar una mayor seguridad al conjunto, el inversor puede disponer de un enclavamiento mecánico. [9]

2.6.1 FUENTES DE ALIMENTACION



Figura 16: Fuente de alimentación

Las fuentes de alimentación convierten una tensión de entrada de 230 V o 110V una tensión de corriente continua de 24 V. Esta tensión DC es en gran medida independiente de las oscilaciones de la tensión de red.

Generalmente llevan integrado in circuito de protección en caso de fluctuaciones grandes, además se provee de un disyuntor en serie antes de la fuente para protegerla. Su función es la de proporcionar baja tensión a equipos, sensores además que en muchas instalaciones el control se realiza por medio de elementos de baja tensión.

2.7.1 MOTOR



Figura 17: Motor asíncrono

Fabricante	
Tipo AD 60	
D - Motor	Nr. 2080
△ 400 V	166 A
90 kW S3	cos φ 0.89
1460 /min	50 Hz
Aislamiento K1.B	IP 44 0,6 t
VDE O530/7.91	

Placa de características de un motor trifásico.

Figura 18: Placa motor

2.7.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de los motores asíncronos está basado en la producción de un campo magnético giratorio. La velocidad del campo giratorio viene dado por la formula:

$$n = \frac{60f}{p}$$

n= revoluciones por minuto. f= frecuencia p= pares de polos

La velocidad del rotor es inferior a la del campo giratorio y por eso este tipo de motor se llama "asíncrono". En los motores trifásicos el campo giratorio es producido por tres bobinados fijos geoméricamente desfasados 120° y recorridos por corrientes alternas con el mismo desfase eléctrico. [10]

La composición de los tres campos alternos producidos forman un campo giratorio de amplitud constante. La conexión de los tres grupos de bobinas en el estator puede hacerse en "estrella" o en "triángulo", según sea la unión de los extremos de las bobinas. [10]

2.7.3 MOTOR TRIFÁSICO CONECTADOR EN TRIANGULO

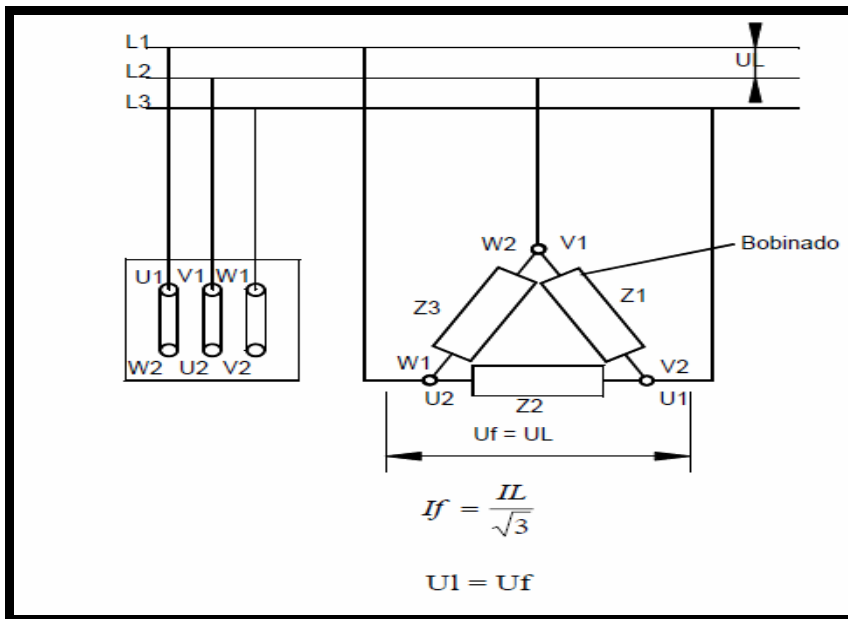


Figura 18: Conexión motor en triangulo

En la figura 18 podemos observar como se debe conectar las laminas en el bornero del motor para configurarlo en triangulo. [10]

2.7.4 MOTOR TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA

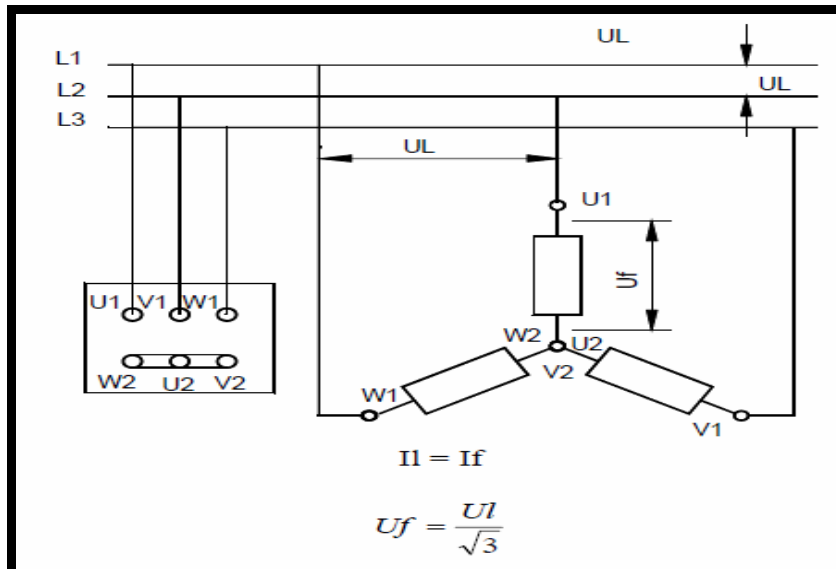


Figura 19: Conexión motor en estrella

En la figura 19 podemos observar como se debe conectar las laminas en el bornero del motor para configurarlo en estrella. [10]

2.8.1. FUSIBLES



Figura 20: Fusible

Podemos definir el fusible como un dispositivo de protección contra sobre intensidades que contiene un elemento de fusión calibrado que transporta la corriente y que funde y abre un circuito bajo condiciones específicas de sobre intensidad. Los fusibles los construye el fabricante para funcionar bajo unas condiciones determinadas. A estas condiciones se les llama "valores Nominales". [11]

2.8.2 VALORES NOMINALES DE LOS FUSIBLES

Los valores nominales se refieren a la intensidad, tensión y potencia disipada. [11]

2.8.2.1 INTENSIDAD NOMINAL.

Es el valor eficaz, en corriente alterna, sobre la que se han definido todas las características de un fusible. [11]

2.8.2.2 TENSIÓN NOMINAL.

Es el valor eficaz, en corriente alterna, máximo entre fases de la red, para la que ha sido previsto el funcionamiento de un fusible. [11]

2.8.2.3 POTENCIA DISIPADA.

Es el consumo previsto, al ser atravesado el fusible por su intensidad nominal una vez alcanzada su temperatura de régimen. [11]

2.8.2.4 FUNCIONAMIENTO DE UN FUSIBLE

Cuando la intensidad que atraviesa un fusible, excede el valor permitido, se inicia el proceso de fusión de éste. El proceso consta de dos fases: tiempo de prearco y tiempo de arco. [11]

2.8.2.4.1 TIEMPO DE PREARCO

Tiempo que transcurre desde que aparece el defecto hasta que se produce la fusión. [11]

2.8.2.4.2 TIEMPO DE ARCO

Intervalo de tiempo desde que se inicia la fusión (arco) hasta la eliminación total del defecto. [11]

La intensidad limitada de corte es el valor máximo instantáneo de la corriente, alcanzado durante el funcionamiento del fusible cuando este impide que la corriente de defecto alcance el valor de cresta. En un circuito, si sustituyésemos el fusible por un cable, en caso de cortocircuito, el valor eficaz de la corriente llegaría a un valor denominado intensidad prevista de corte. [11]

2.9.1. RELE

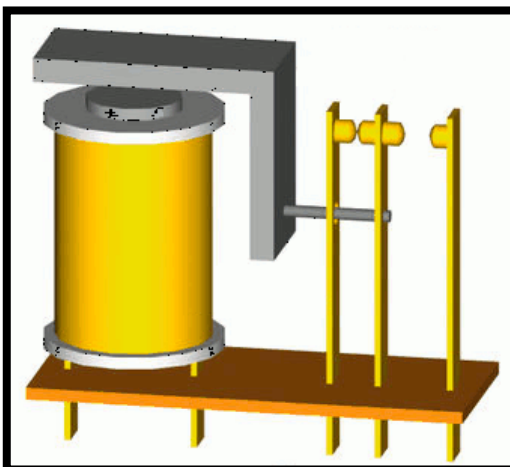


Figura 21: Rele posición reposo

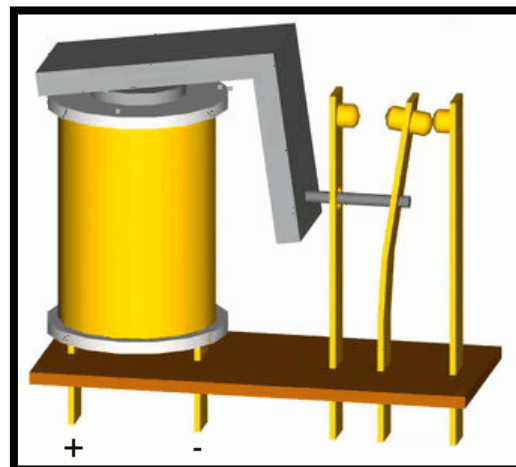


Figura 22: Rele Posición excitado

El **rele** o **relevador**, es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.[12]

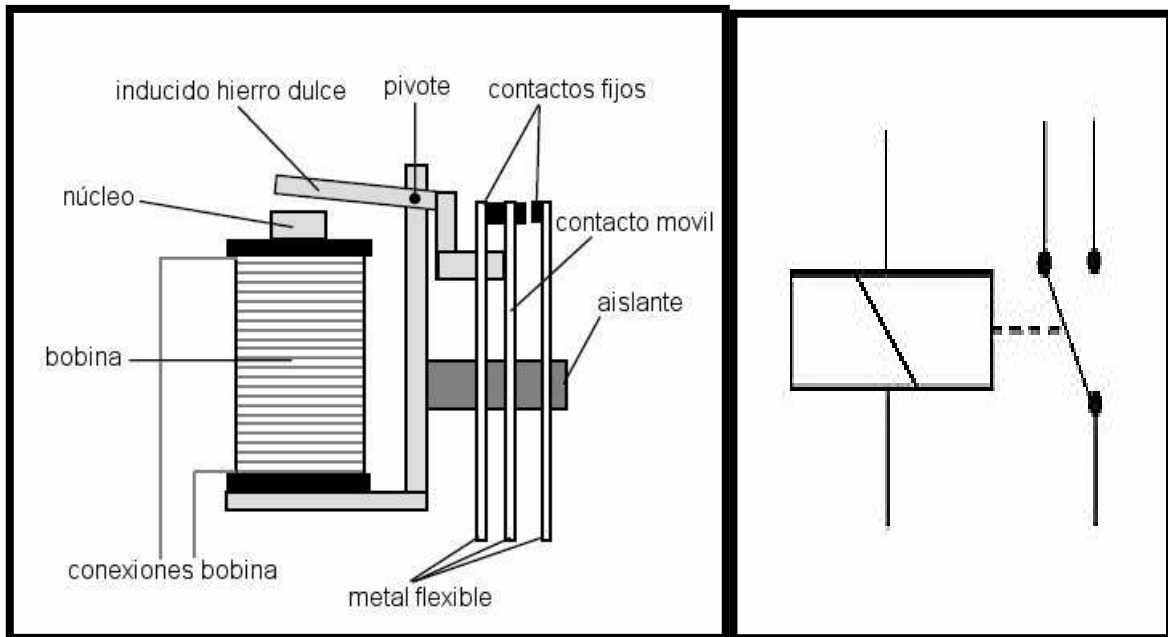


Figura 23: Esquema del rele

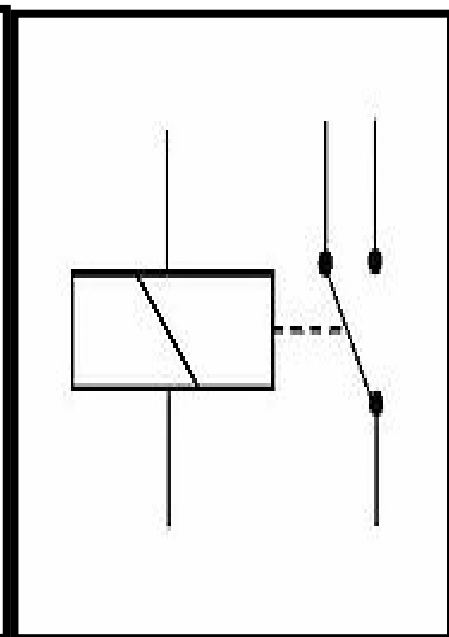


Figura 24: Símbolo eléctrico

En la figura 23 se representa, de forma esquemática, la disposición de los distintos elementos que forman un rele de un único contacto de trabajo o circuito. En la figura 21 y 22 se puede ver su funcionamiento y cómo conmuta al activarse y desactivarse su bobina. [12]

Se denominan contactos de trabajo aquellos que se cierran cuando la bobina del rele es alimentada y contactos de reposo a los cerrados en ausencia de alimentación de la misma. De este modo, los contactos de un rele pueden ser normalmente abiertos, NA o NO, Normally Open por sus siglas en inglés, normalmente cerrados, NC, Normally Closed, o de conmutación. La lámina central se denomina lámina inversora o de contactos inversores o de conmutación que son los contactos móviles que transmiten la corriente a los contactos fijos. [12]

2.9.1.1 CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO

Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el rele es activado; el circuito se desconecta cuando el rele está inactivo. Este tipo de contactos es ideal para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos. [12]

2.9.1.2 CONTACTO NORMALMENTE CERRADO

Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relee es activado; el circuito se conecta cuando el relee está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relee sea activado. [12]

2.9.1.3 CONTACTOS DE CONMUTACIÓN

Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto NA y uno NC con una Terminal común. [12]

2.10.1 SETA



Figura 25: Seta

La función principal del dispositivo de parada de emergencia es la de parar la máquina lo más rápidamente posible. Este dispositivo se instalará en las máquinas, previéndose para este fin dos posibilidades:

- Un interruptor accionado manual o eléctricamente, situado en la línea de alimentación de la máquina.
- Un auxiliar de mando dispuesto en el circuito auxiliar de modo que, al ser accionado, todos los circuitos que puedan originar peligro queden desconectados.

El órgano de mando utilizado como paro de emergencia debe reunir las características siguientes:

Será visible y fácilmente accesible, por lo que se colocará en un lugar donde pueda ser alcanzado rápidamente por el operario. Será capaz de cortar la corriente máxima del motor de mayor potencia en condiciones de arranque.

Podrá ser accionado manualmente y será enclavable en la posición de abierto.

Puede presentar varias formas: maneta, pedal, cuerda, botón pulsador, etc., eligiéndose la más conveniente en cada caso; en todos los casos el color será rojo.

3. DEFINICION DE LOS GRUPOS CONSTRUCTIVOS PESADORA INDUSTRIAL



Figura 26: Pesadora Industrial

3.1. GRUPO CONSTRUCTIVO 1. LONA DE ENTRADA

Este grupo consta de una lona de transporte, anclada preferiblemente de forma aérea, su función es la hacer de puente entre la línea de producción y la pesadora.

Su funcionamiento es simple, siempre en un mismo sentido de giro sin variación de velocidad, y encargado de abastecer la entrada de la pesadora; Al disponer de una fotocélula a la salida se tiene el control de cuando hay producto para entregar a la

pesadora, esto permite controlar el flujo de producto, en cuyo caso siempre estará en marcha a no ser que la pesadora este parada o en error; en el caso que se encuentre saturada la lona empieza a dar pulso en sentido contrario para servir de acumulación..

3.1.2 PARTES

3.1.2.1 MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 0.25KW



Figura 27: motor Lenze

3.1.2.2 FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, PUEDE SER CON ESPEJO O AUTOREFLEXIBLE



Figura 28: Fococélula Marca omron

3.1.2.3 LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.

Esta hecha en plancha de hierro doblada y consta de de dos ejes uno de ellos como muestra la figura 28, soporta el motor; la lona tiene dos tensores a cada lado para poder tensar la lona o desplazarla a la posición adecuada, el ancho de la lona es de 720mm y el largo depende de exigencias del cliente.



Figura 29: Plano estructura de lona entrada

3.2 Grupo CONSTRUCTIVO 2. LONAS DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTO.

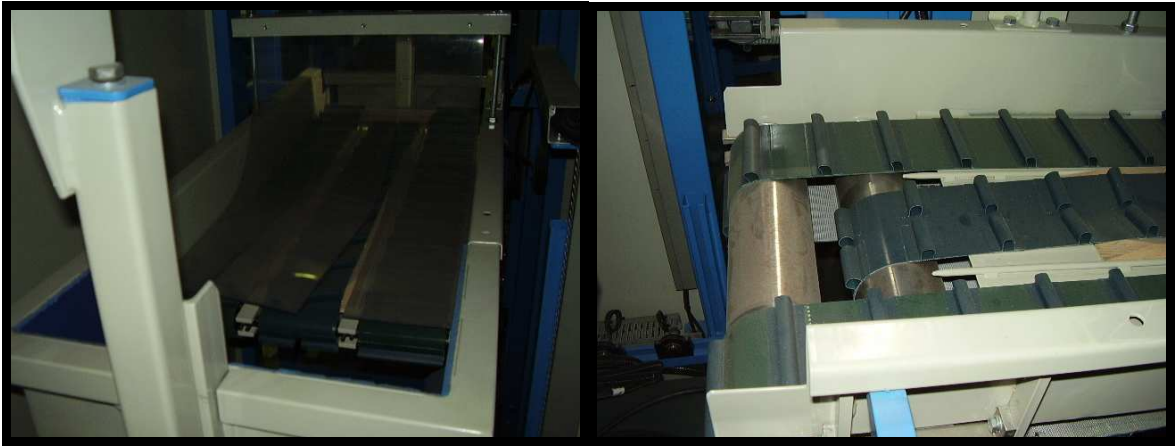


Figura 30: lonas distribución producto “a” Figura 31: Lonas distribución producto “b”

Este grupo forma parte de la pesadora y esta compuesta de 3 lonas; Las 2 lonas externas giran por un mismo motor marcado **C2**, la lona central gira con un motor marcado como **C3**.

Las 3 lonas giran hacia delante repartiendo el producto de forma uniforme, la fotocélula **I7** sirve para detectar un límite de llenado de la bandeja, y en el momento que esta fotocélula detecta producto las lonas exteriores se detienen, y solo se hace un llenado fino por la lona central; dicho ciclo se repite cada vez que ingresa una bandeja nueva a la pesadora y se detiene al alcanzar el peso buscado.

3.2.2 PARTES

3.2.2.1 DOS MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 95W

3.2.2.2 FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, AUTOREFLEXIBLE

3.2.3 LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.

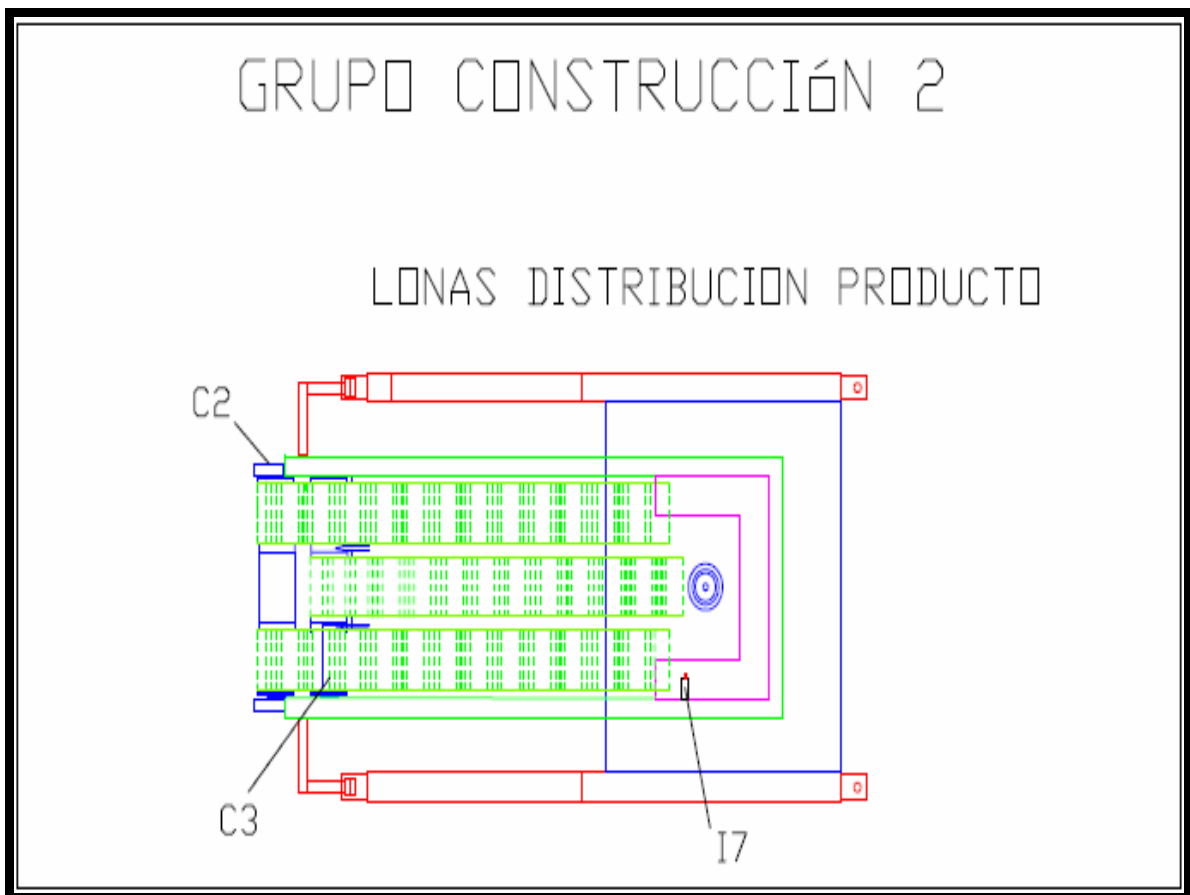


Figura 32: Plano estructura lonas de distribución de producto.

3.3 GRUPO CONSTRUCTIVO 3 TRANSPORTE DE CAJAS O BANDEJAS VACÍAS.



Figura 33: Transporte entrada cajas o bandejas.

Este grupo sirve para entregar bandejas a la zona de pesado; Las bandejas se entregan controladamente una a una. El movimiento lo genera el motor **C4**, este motor esta en marcha hasta que la fotocélula **I3**, detecta una bandeja, en ese momento se detiene y entra en un tiempo de espera a que la zona de pesado le de permiso de entrega; El proceso se repite de forma continua...

3.3.2 PARTES

3.3.2.1 UN MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 95W

3.3.2.2 FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, PUEDE SER CON ESPEJO O AUTOREFLEXIBLE

3.3.2.3 LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.

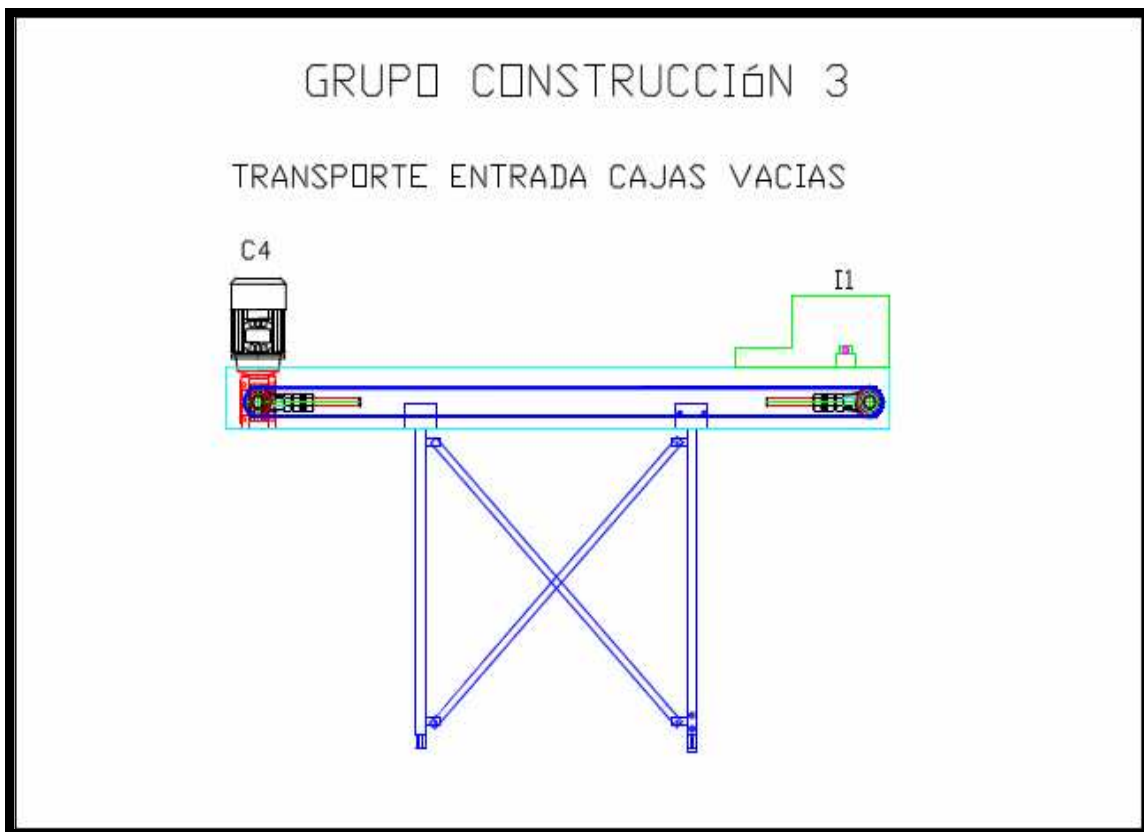


Figura 34: Plano estructura transporte entrada bandejas o cajas.

3.4 GRUPO CONSTRUCTIVO 4 TRANSPORTE Y PESADO



Figura 35: Lona de pesado

En esta zona es donde se hace el llenado y pesado de las cajas o bandejas; la bandeja viene del transporte de cajas hacia la zona de pesado al pasara por la fotocélula **I6** e **I4**, se espera a las los dos fotocélulas queden detectando la bandeja o caja, en ese momento se detiene el movimiento de la lona transportadora, inmediatamente se activa un freno neumático y posteriormente comienza el llenado y pesado.

Una vez se alcanza un llenado determinado por la fotocélula **I7**, se procede al llenado fino pero antes de eso se abre el freno y se desplaza la caja hasta la fotocélula **I2**, y en esa posición se cierra de nuevo el freno y se continua con el llenado y pesado.

La fotocélula **I2**, tiene otra función que es la de contar la cantidad de bandejas que se han pesado y llenado.

3.4.2 PARTES

3.4.2.1 UN MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 375W

3.4.2.2 TRES FOTOCÉLULA MARCA OMRON TIPO ESTÁNDAR, PUEDE SER CON ESPEJO

3.4.2.3 LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.

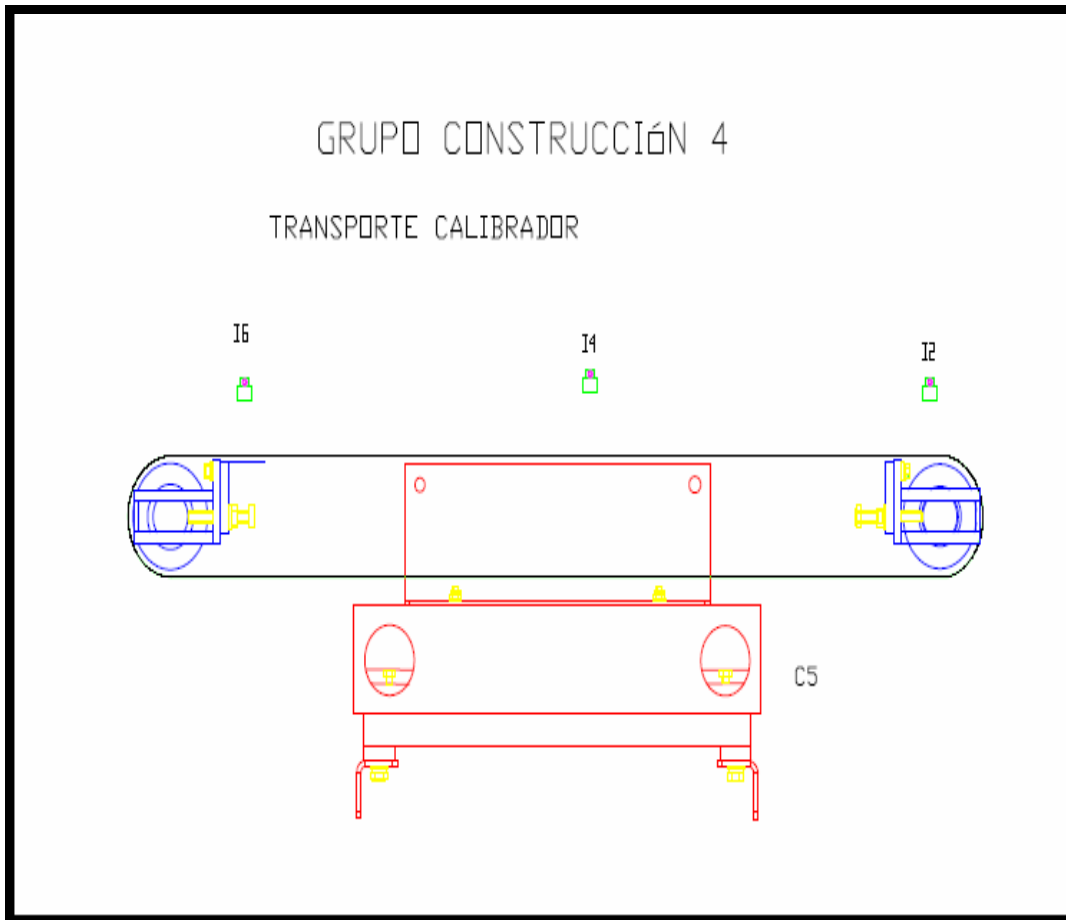


Figura 36: Plano Zona de pesado.

3.5 GRUPO CONSTRUCTIVO 5 TRANSPORTE SALIDA CAJAS LLENAS.



Figura 37: Transporte salida cajas llenas

Este grupo tiene como función servir de puente entre la pesadora y otro eslabón de la cadena de producción, entregando las cajas pesadas y llenas. El funcionamiento es siempre el giro en la misma dirección y sin paradas.

3.5.2 PARTES

3.5.2.1 UN MOTORES ELÉCTRICO ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMIENTO LENZE SE 375W

3.5.2.2 LA ESTRUCTURA ES CREADA POR FOMESA ING.

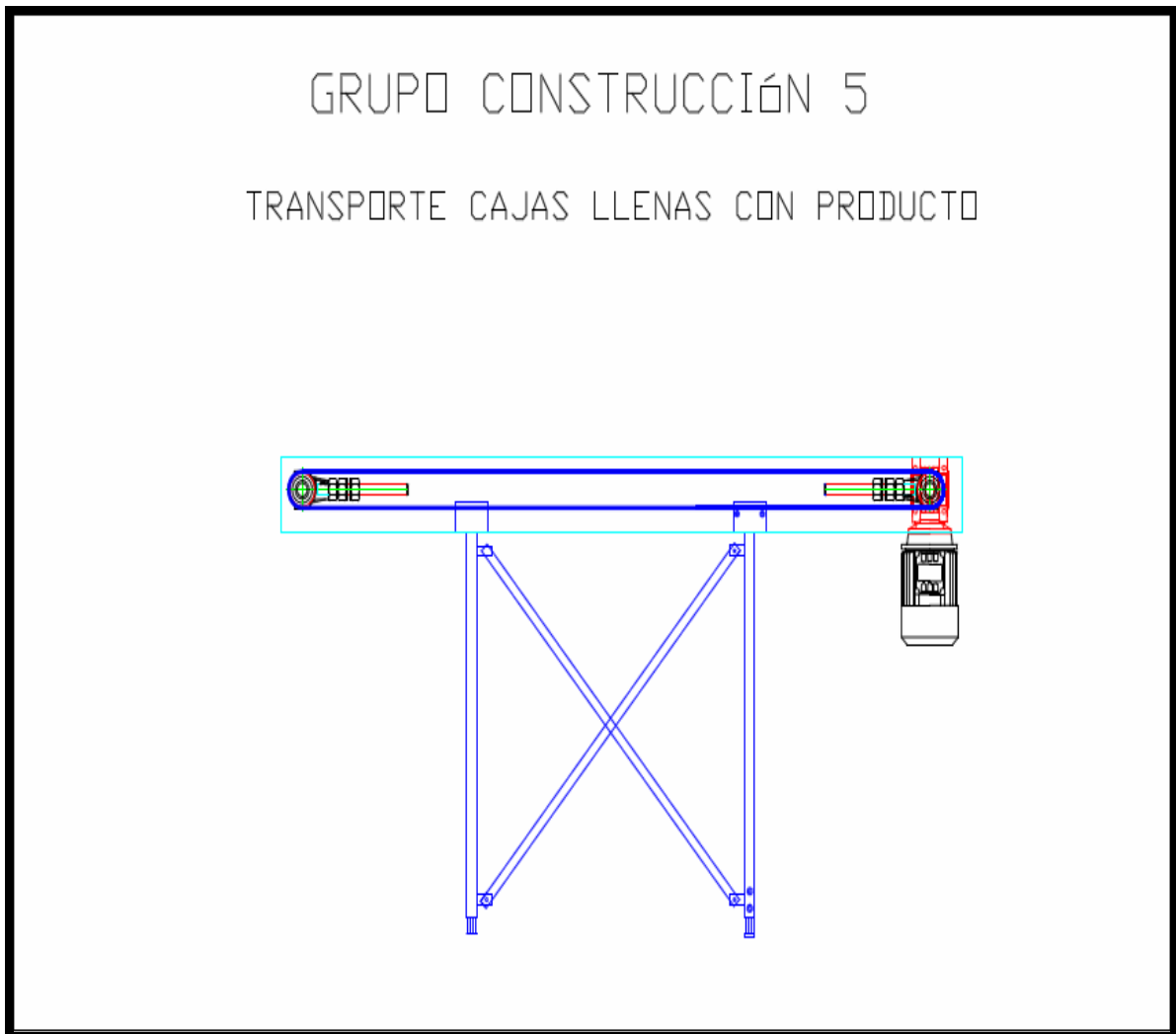


Figura 38: Plano estructura transporte salida.

4 PLANOS ELÉCTRICOS.

4.1 PLANO 1: FUERZA PESADORA

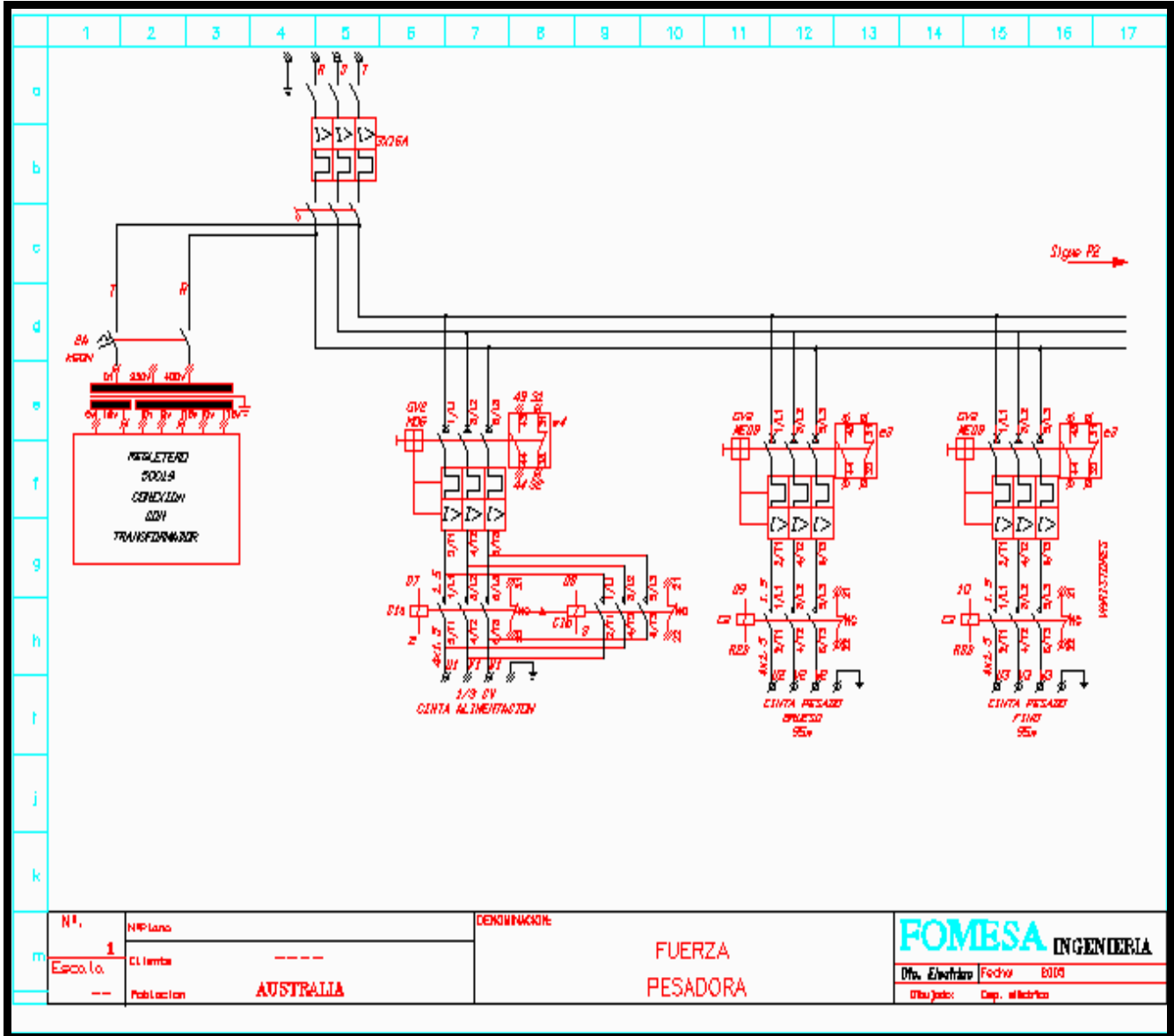


Figura 39: plano fuerza pesadora 1

4.1.1 DISYUNTORES ALIMENTACIÓN GENERAL 3 DE 16A.

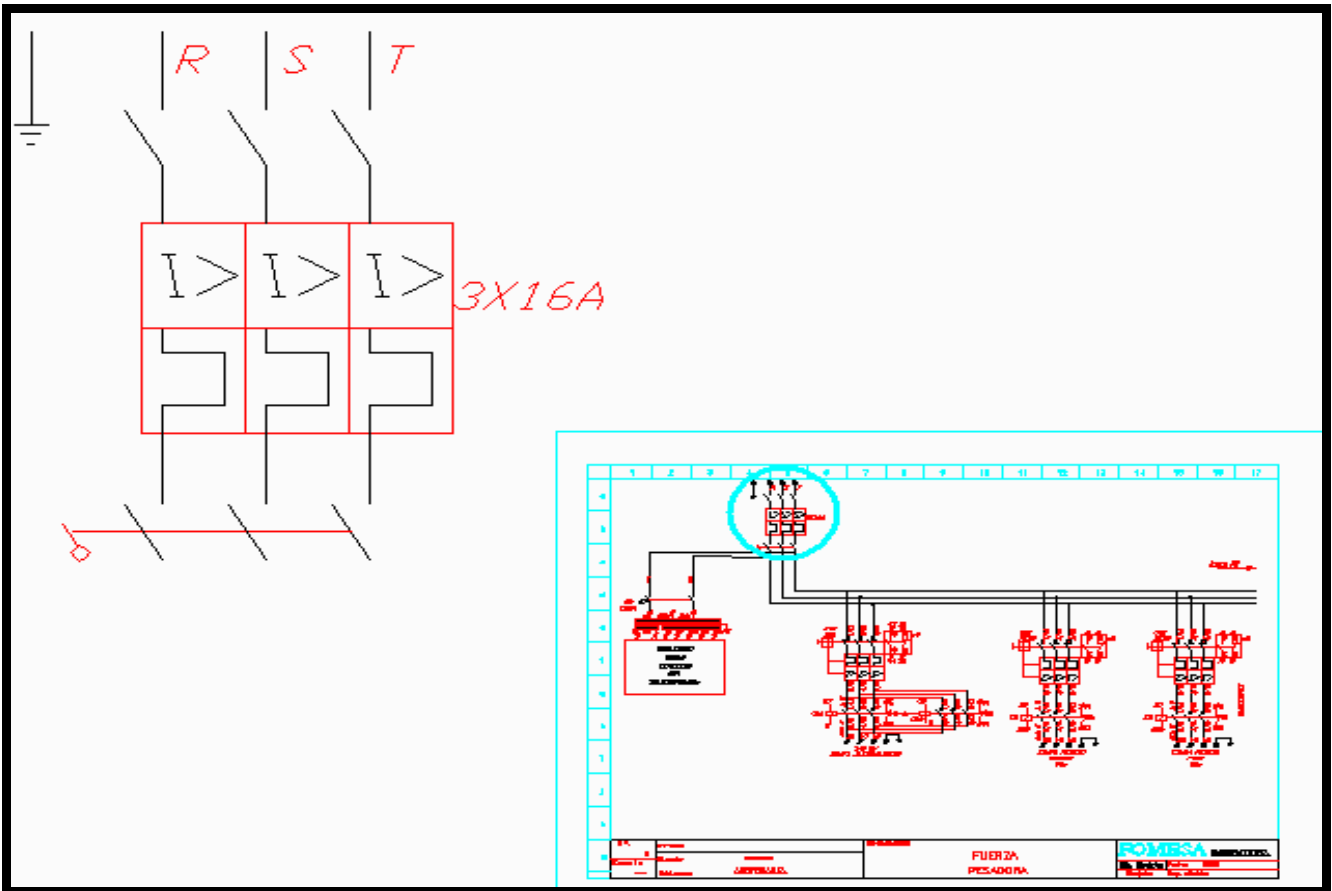


Figura 40: Plano ampliado disyuntores de entrada general 16 A.

4.1.1.1. CALCULO.

La suma de las potencias que consumen los motores.

$$P. \text{ Instalación} = 1935W$$

TERMICO	AMP	SECCION CONDUCTOR	POT. MAX
C10	8 Amp	1mm ² para arriba	1760W
C16	13 Amp	1,50mm² para arriba	2860W
C20	18 Amp	2,50mm ² para arriba	3960W
C25	24 Amp	4mm ² para arriba	5280W
C32	31 Amp	6mm ² para arriba	6820W
C40 / C50 /C63 Pueden implementarse como seccionadores o bien para aplicaciones comerciales de Mayores Potencias			

Tabla 1: Disyuntor VS potencia

4.1.2. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ALTERNA A CONTINUA

Con una entrada de 380V y diferentes salidas de continua, lleva antes de su alimentación en serie un disyuntor magneto térmico de 2A

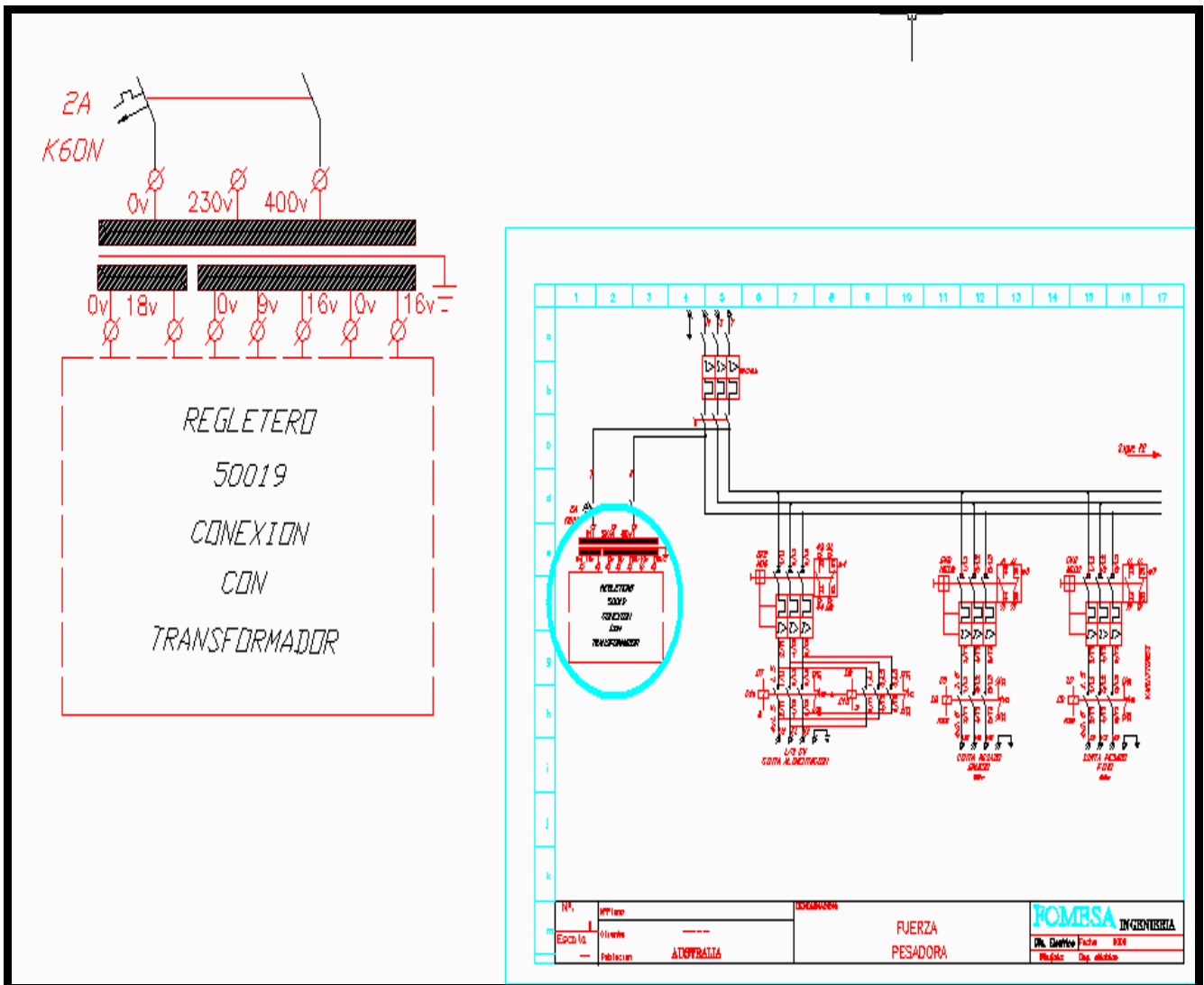


Figura 41: Plano ampliado transformador.

4.1.3. PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DE LA CINTA DE ALIMENTACIÓN.

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico el cual cuenta con un contacto NO y un NC, los cuales se utilizan para poder monitorizar su esta el guardamotor funcionando correctamente.

Luego tenemos un contactor inversor C1a y C1b

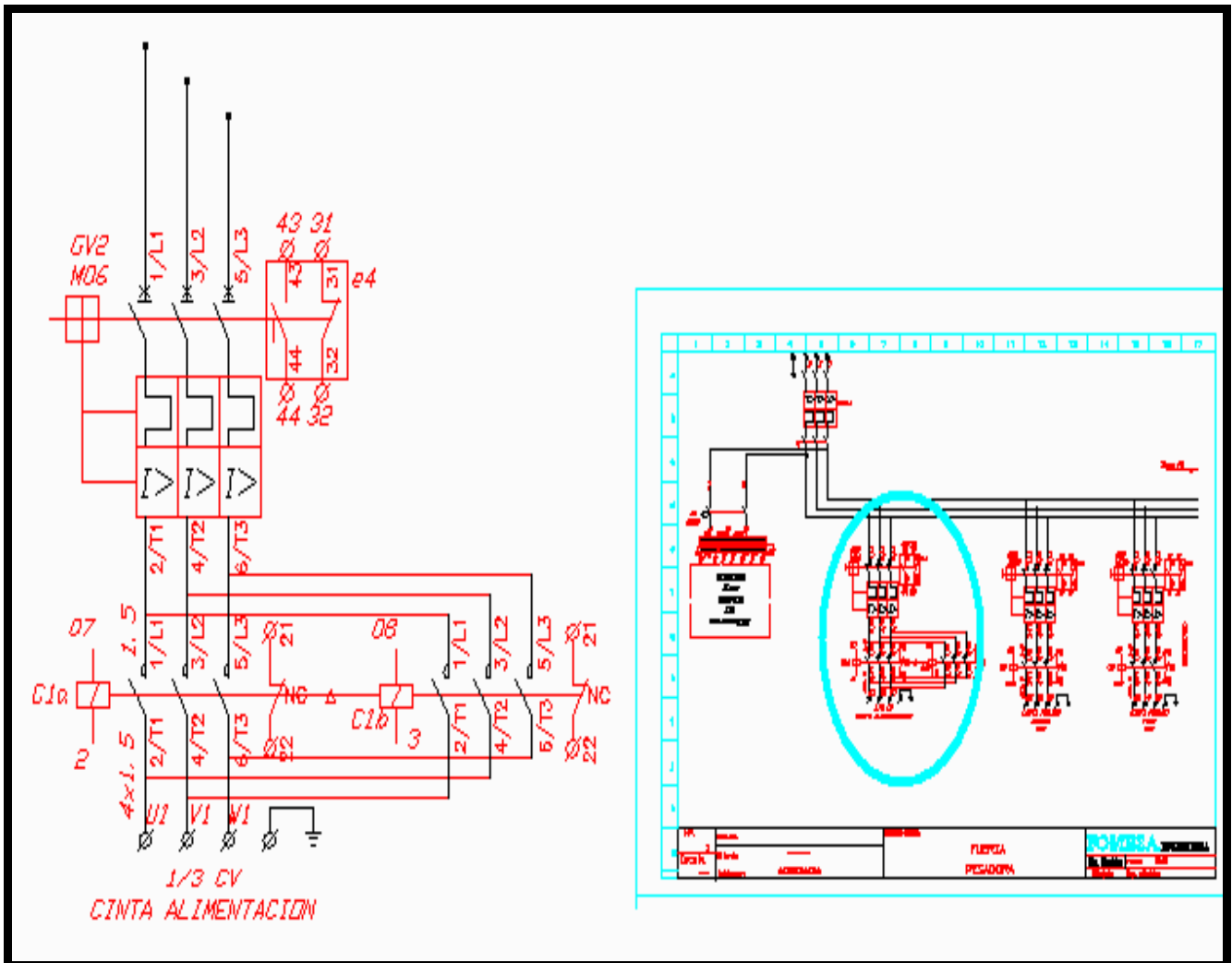


Figura 42: Plano ampliado conexionado motor cinta alimentación

4.1.4. PLANO CONEXIONADO MOTOR CINTA PESADO GRUESO

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico; Luego tenemos un contactor C2.

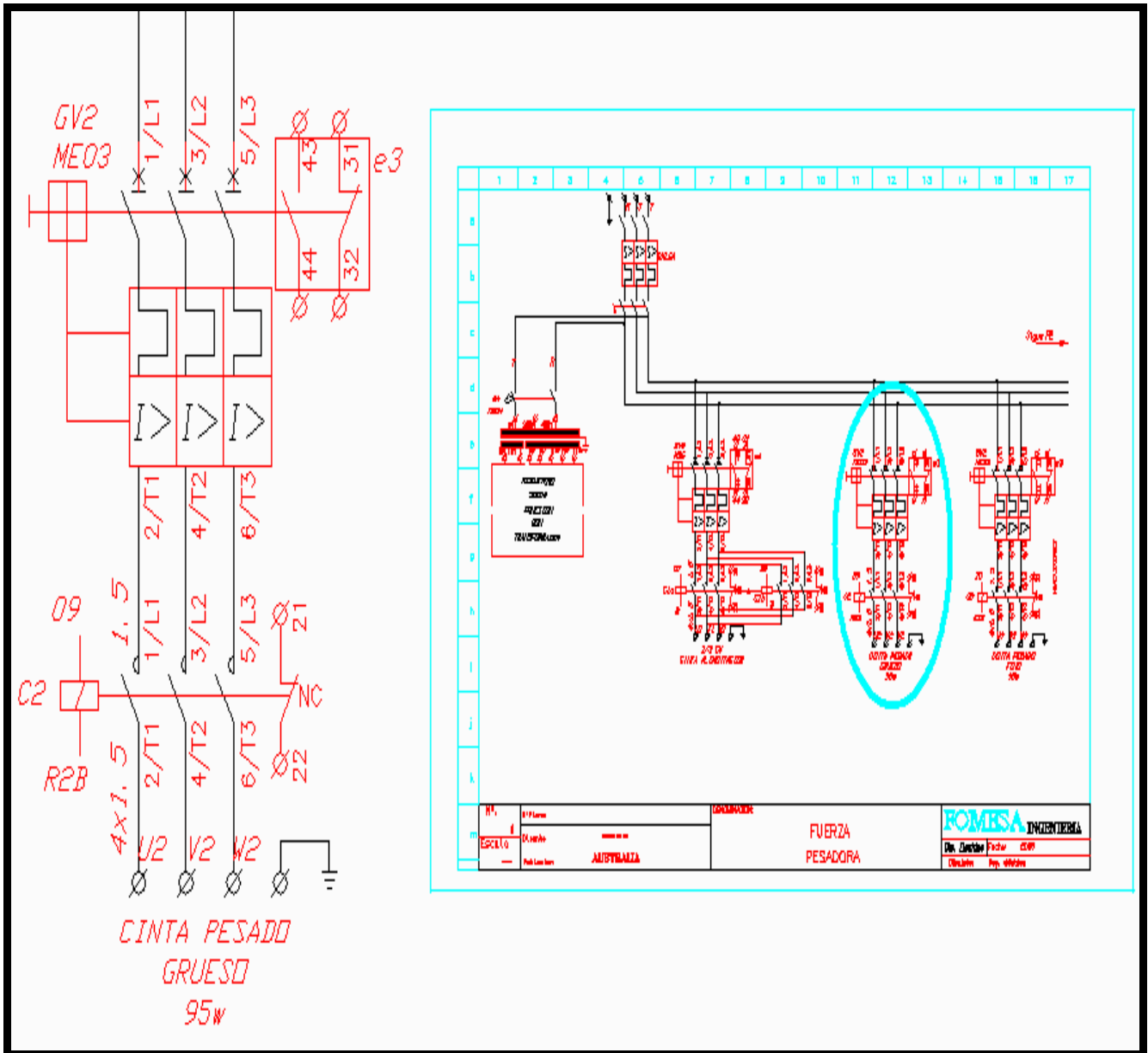


Figura 43: Plano ampliado conexionado motor cinta pesado grueso

4.1.5. PLANO CONEXIONADO MOTOR CINTA PESADO FINO

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico; Luego tenemos un contactor C3.

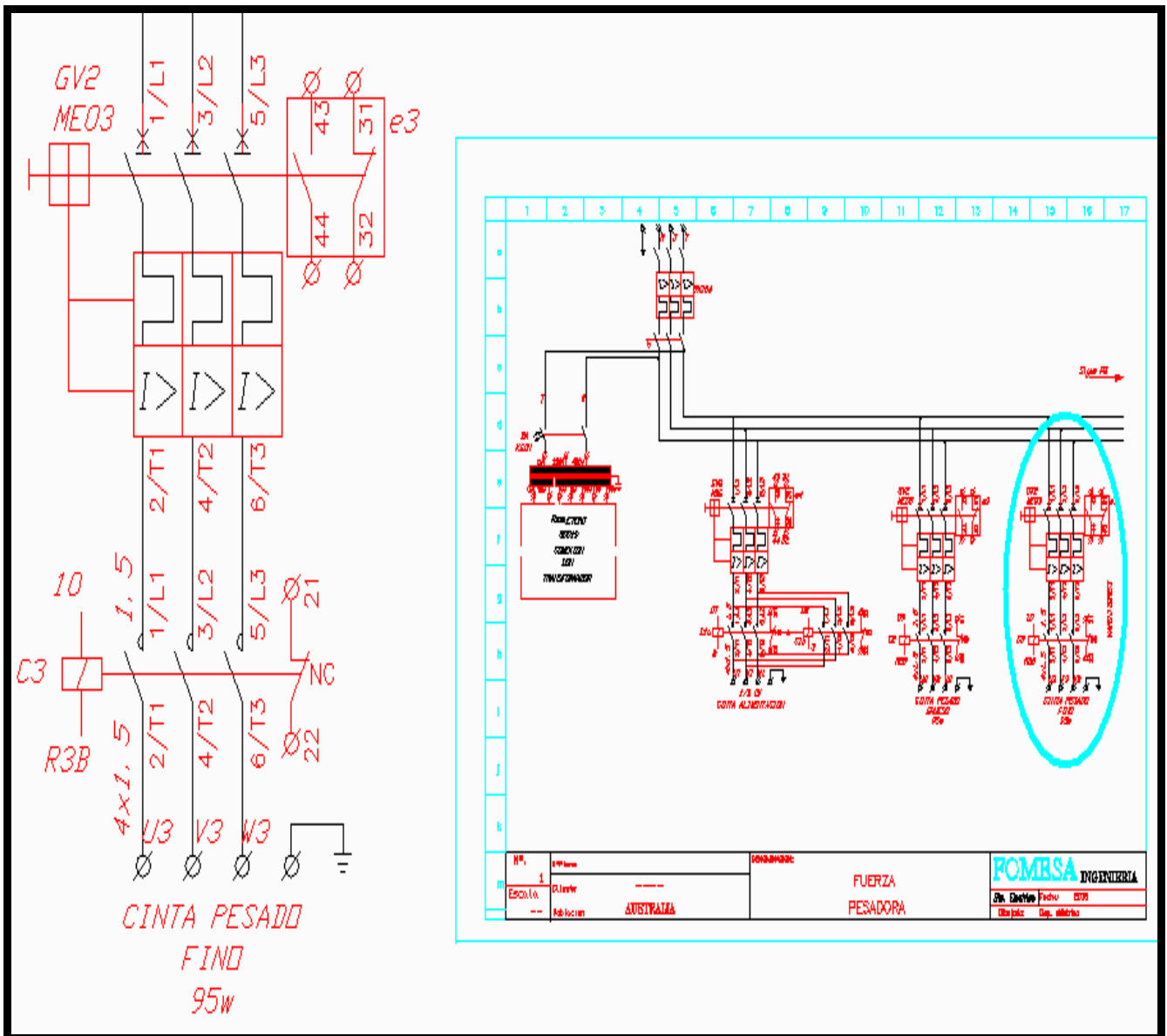


Figura 44: Plano ampliado conexionado motor cinta pesado fino

4.2. PLANO 2 : FUERZA PESADORA

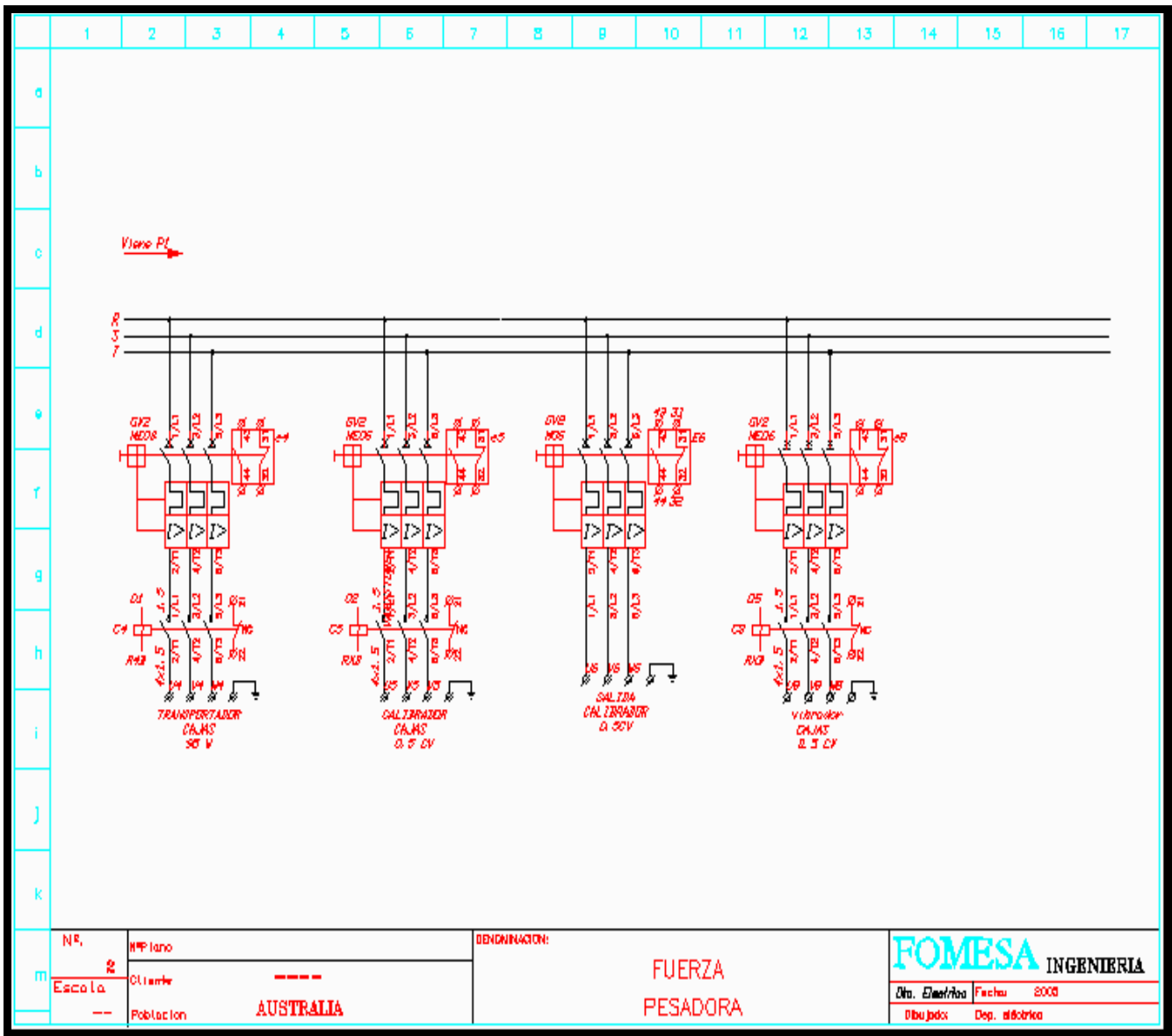


Figura 45: Plano 2 Fuerza pesadora

4.2.1 PLANO DEL CONEXIONADO TRANSPORTE DE CAJAS.

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico el cual cuenta con un contacto e4 se utilizan para poder monitorizar su esta el guardamotor funcionando correctamente. Luego tenemos un contactor C4.

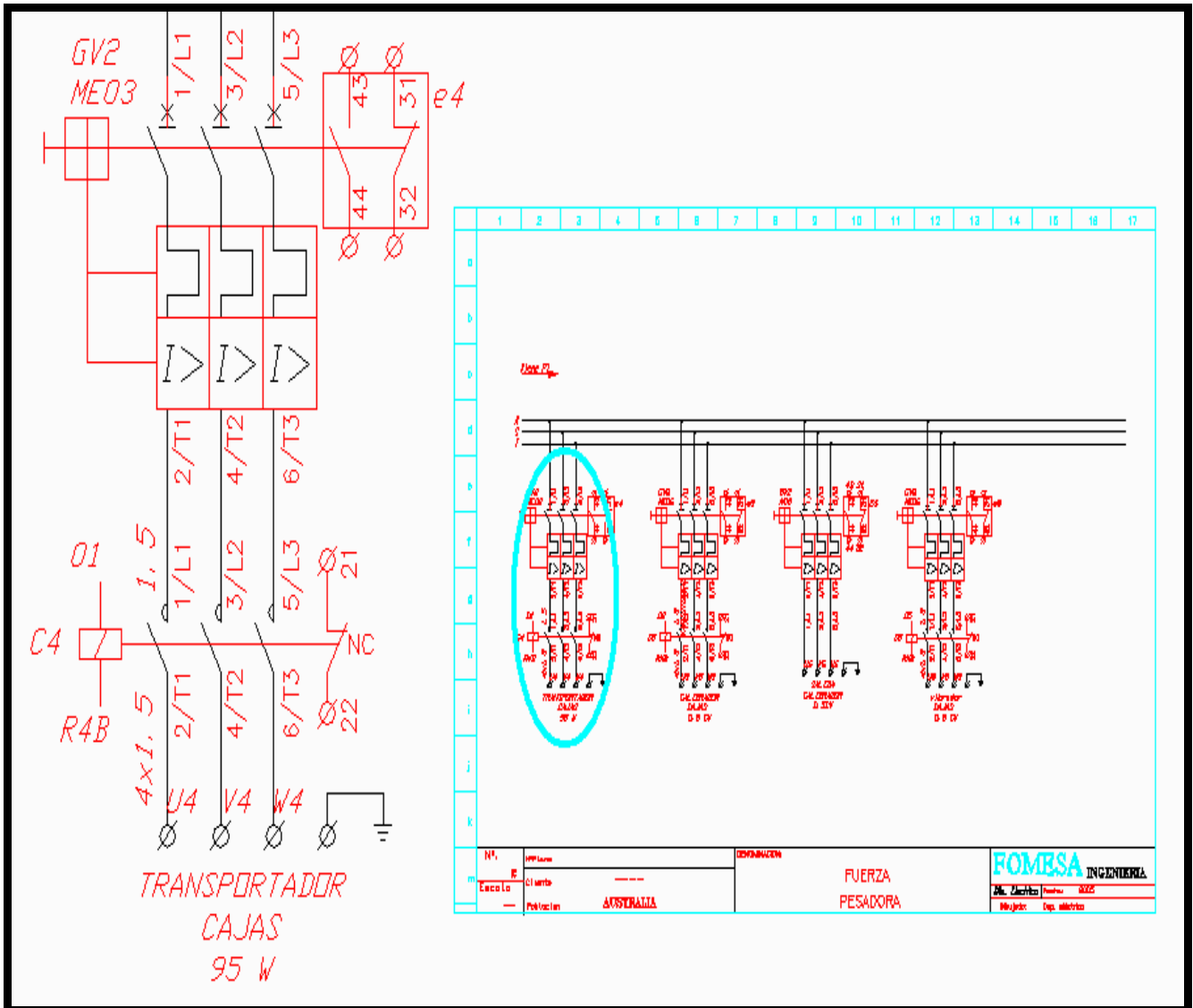


Figura 46. Plano ampliado transportador cajas.

4.2.2. PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DEL CALIBRADOR.

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico el cual cuenta con un contacto e5 se utilizan para poder monitorizar su esta el guardamotor funcionando correctamente. Luego tenemos un contactor C5

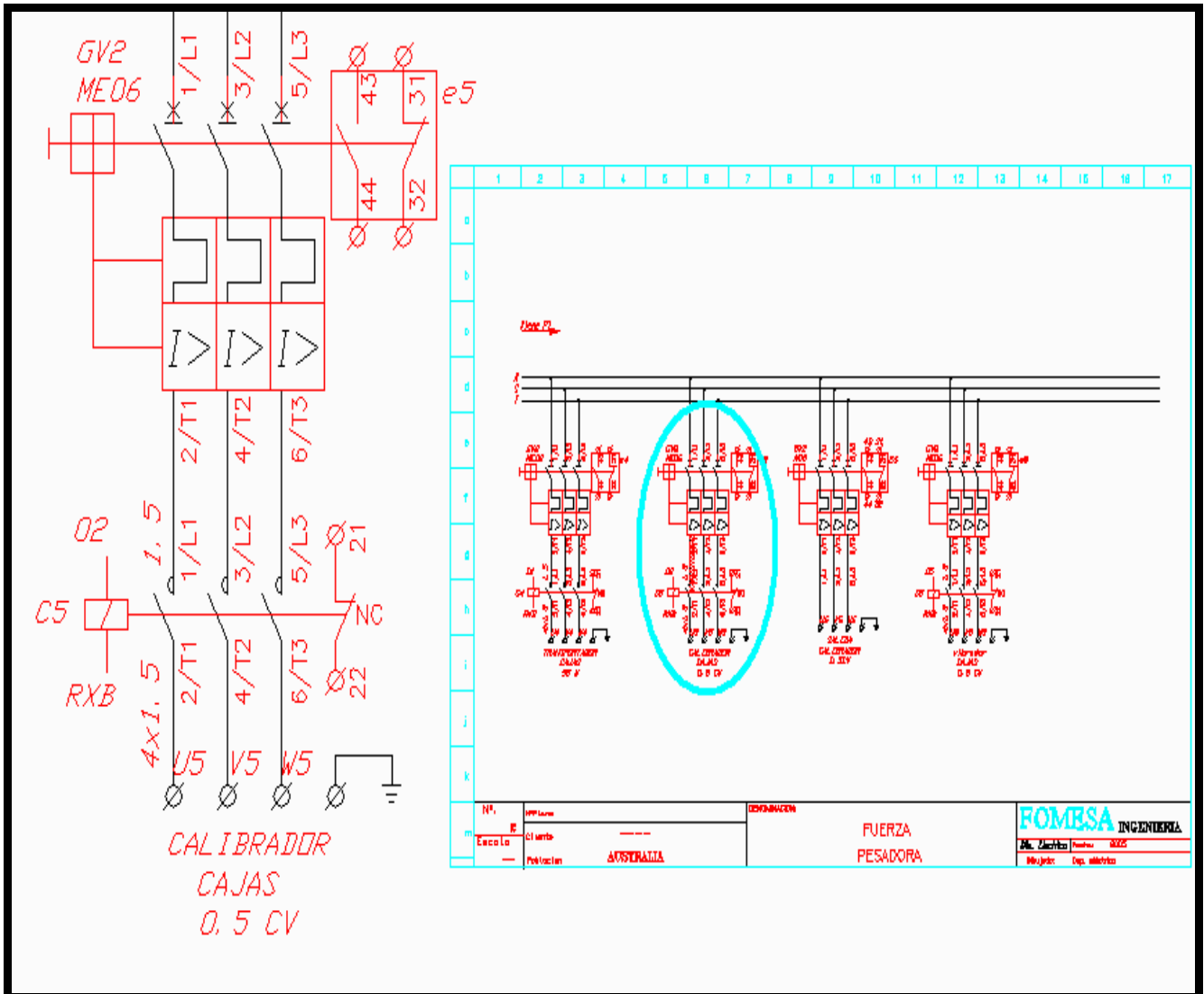


Figura 47: Plano ampliado transportador calibrador

4.2.3. PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DEL CALIBRADOR.

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico el cual cuenta con un contacto e6 se utilizan para poder monitorizar su esta el guardamotor funcionando correctamente. No tenemos contactor porque esta en marcha siempre.

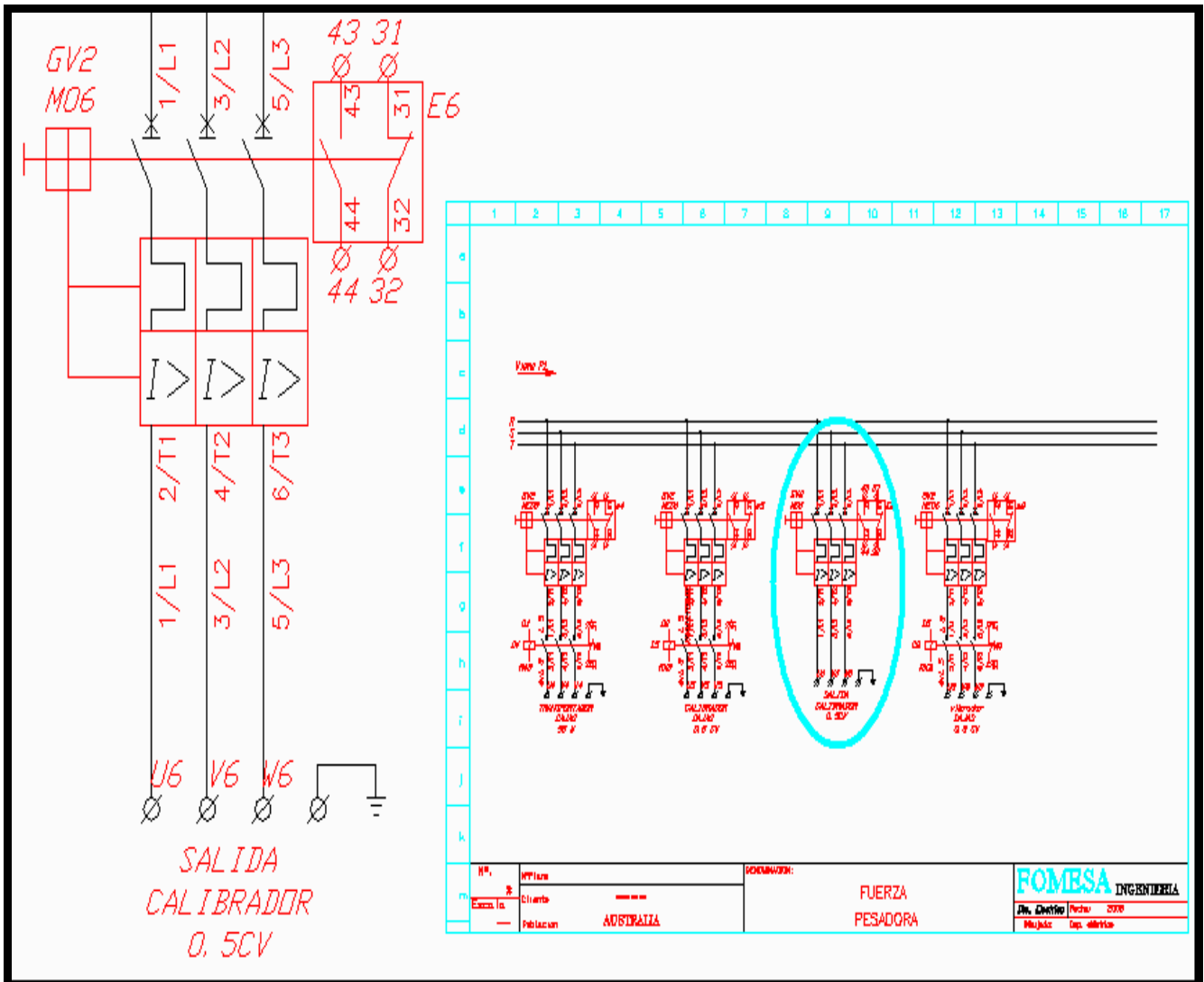


Figura 48: Plano ampliado transportador salida calibrador

4.2.4. PLANO DEL CONEXIONADO DEL MOTOR DEL CALIBRADOR.

En la parte superior tenemos GV2, que es el guardamotor o disyuntor magneto térmico el cual cuenta con un contacto e8 .Tenemos contactor C8.

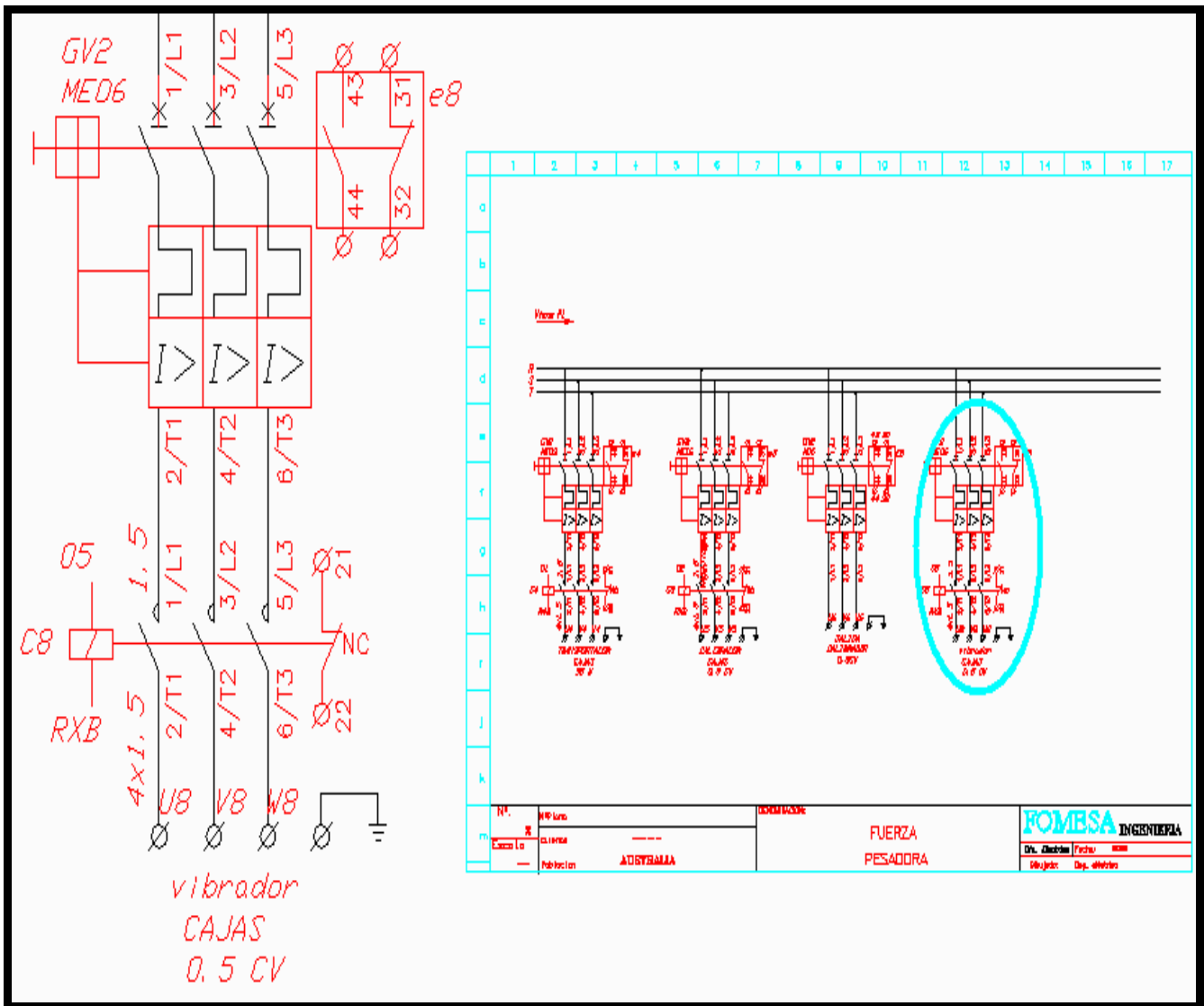


Figura 50: Plano ampliado vibrador.

4.3. PLANO DE ENTRADAS Y SALIDAS PLC

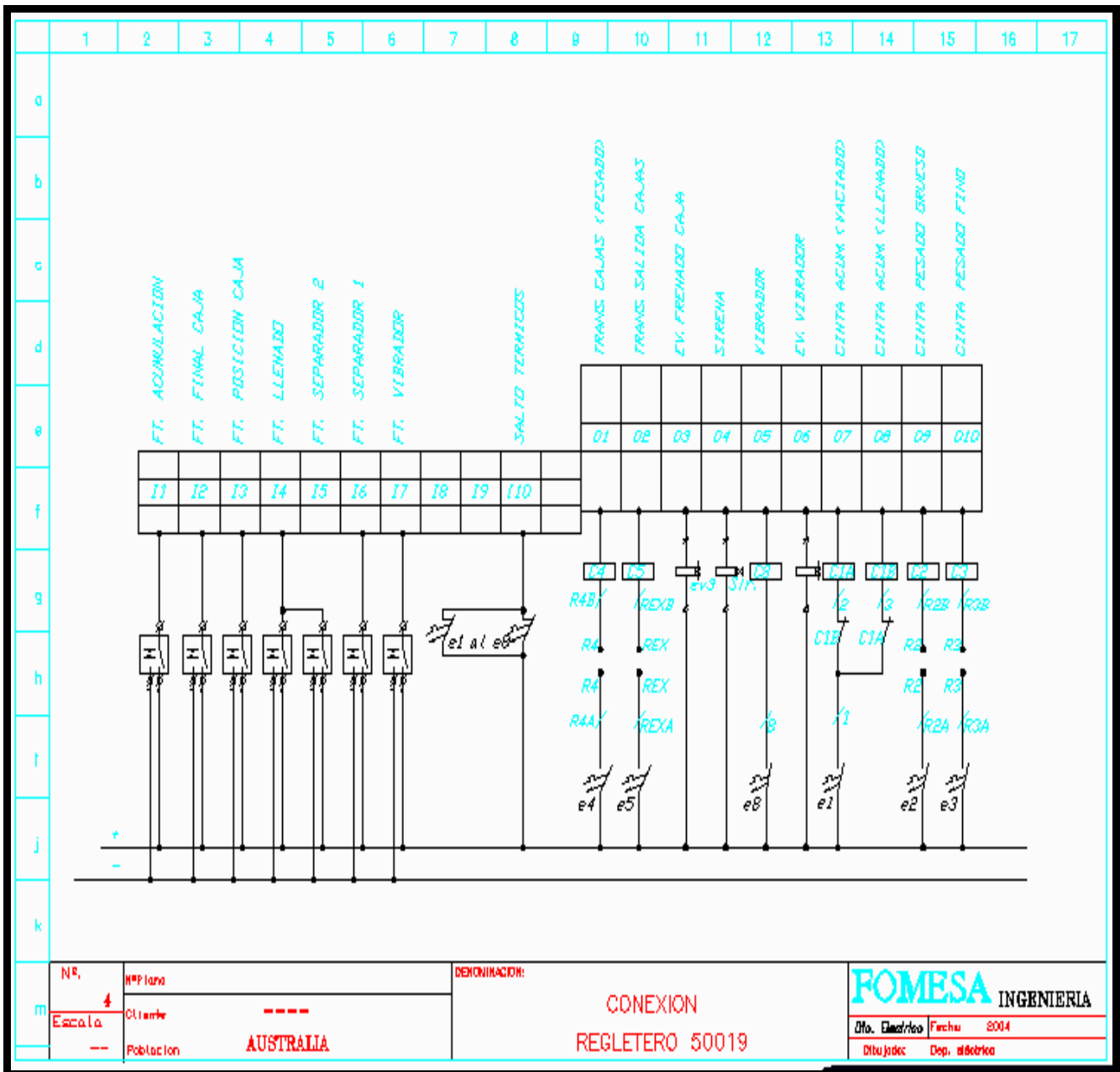


Figura 51: Plano entrada y salidas de plc

4.3.2 PLANO EXTENDIDO ENTRADAS PLC

En este plano observamos el conexionado de las señales de entrada al plc, las cuales vienen directamente de cada uno de los sensores; En la entrada I10 tenemos conexionado el paralelo de los contactos normalmente abiertos que salen del guardamotores.

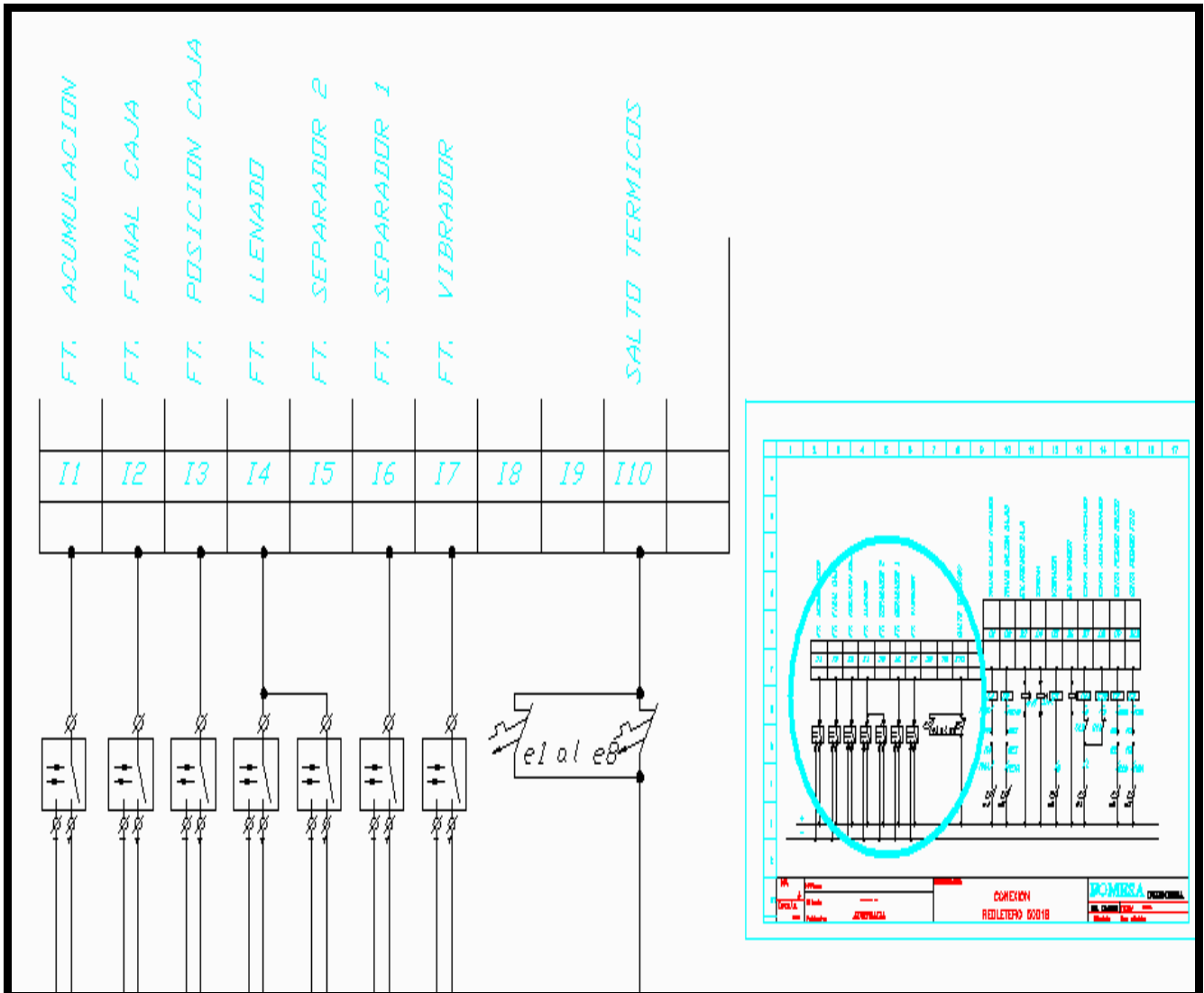


Figura 52: Plano extendido entrada plc

4.3.3 PLANO EXTENDIDO SALIDAS PLC

En este plano observamos el conexionado de las señales de salida del plc, las cuales van conectadas a los diferentes elementos dominados por el plc como contactores.

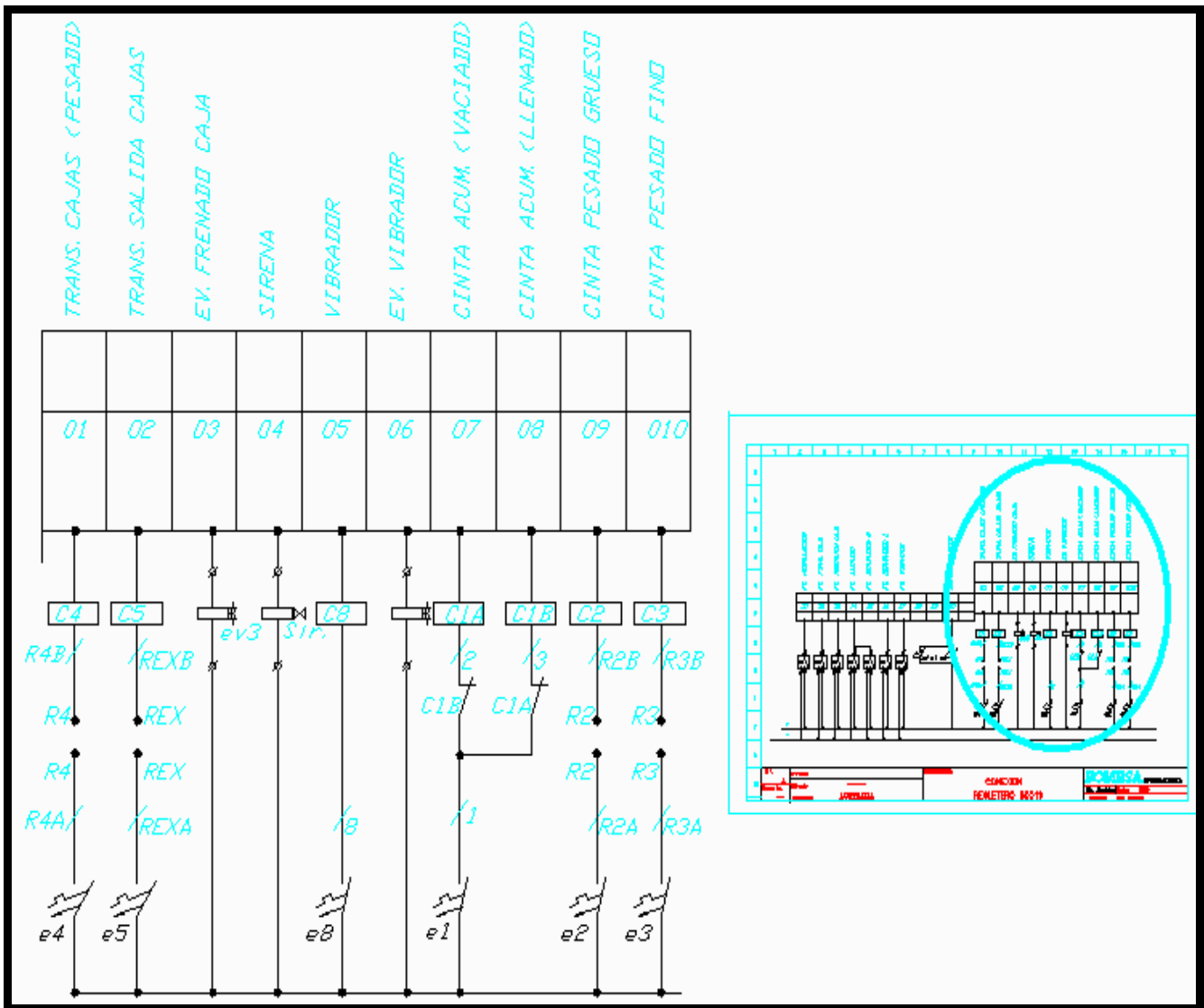


Figura 53: Plano extendido salidas plc

4.4. PLANO DE CONEXIONADO CÉLULA DE CARGA

En este plano podemos observar el conexionado de la célula de carga le cual necesita alimentación eléctrica entre GND “negro” y VCC”rojo”, 24 V, además de IN+ e IN-, por los cuales se configura el pesado en los limites requeridos, la malla o apantallado es como su nombre lo indica una malla que recubre el cableado de cuatro hilos evitando interferencias externas que puedan alterar la lectura de la célula de carga.

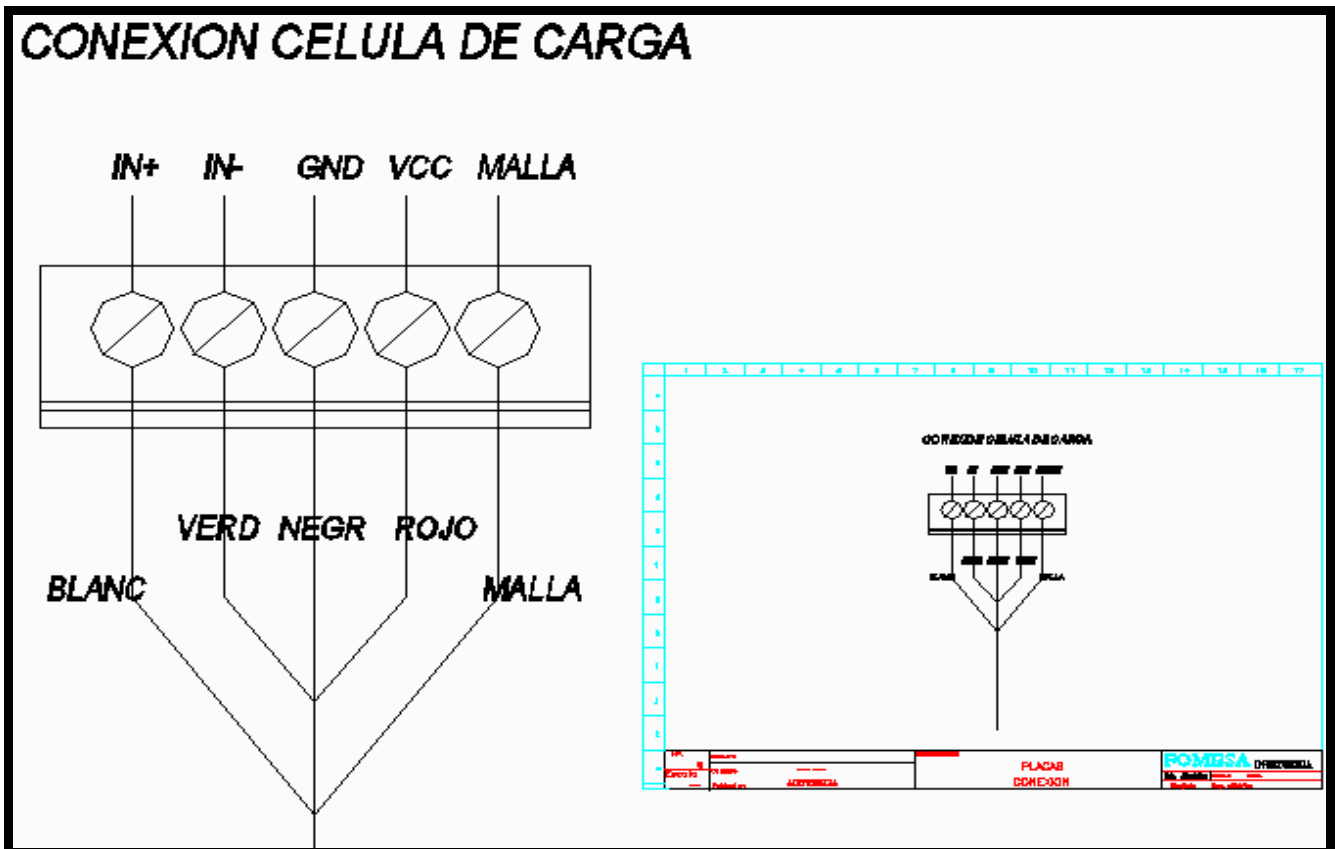


Figura 54: Plano extendido conexionado célula de carga

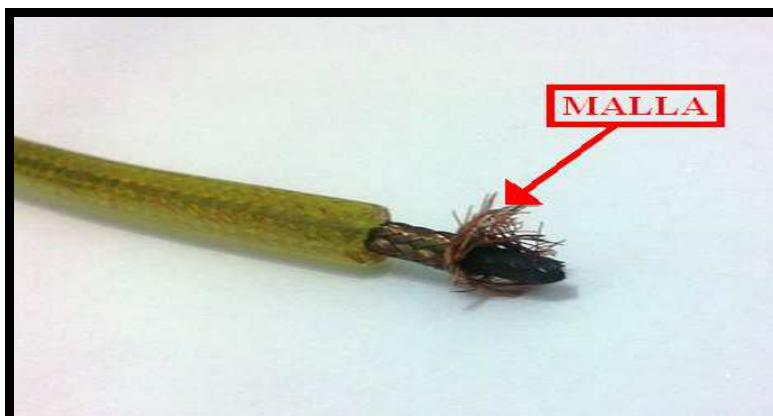


Figura 55: Malla de un cable

5. PLC.

5.1 PLC ELEGIDO PARA LA APLICACIÓN.

Se utilizara un plc, de la marca Unitronics Visilogic., referencia V280-18-b20, las características mas importante que cabe destacar de esta gama de plc es que tiene incluida la pantalla y el plc en un mismo modulo; otro elemento a destacar es la incorporación de una célula de pesado lo cual facilita la aplicación.



Figura 56: PIC V280-18-b20

5.2. MÓDULOS DE EXPANSIÓN I/O.

Para la aplicación utilizaremos tres módulos de expansión; en primer lugar una célula de pesado, en segundo lugar un modulo de entradas y en tercer lugar un modulo de salidas. La interconexión de los módulos con el plc se hace por medio Adaptador Remoto de Expansiones CANbus EX-RC1 con este adaptador podemos conectar hasta 60 equipos entre PLCs y Adaptadores remotos, con hasta **8** módulos de expansión por cada adaptador y a una distancia máxima de 1000 metros.



Figura 57: Modulo Ex - A1

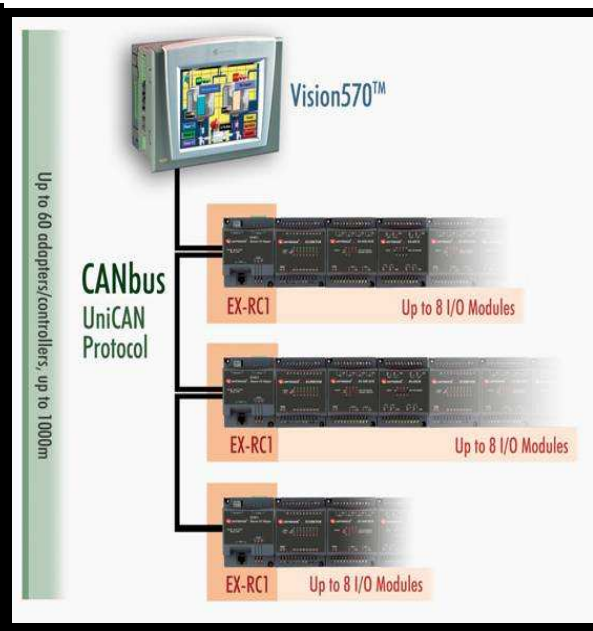


Figura 58: Conexión plc y módulos I/O

5.2.1. CÉLULA DE PESADO

Modulo empleado para medir el peso de por medio de un sensor el cual varia su impedancia según aumenta o disminuye el peso que soportan,



Figura 58: Modulo célula de pesado

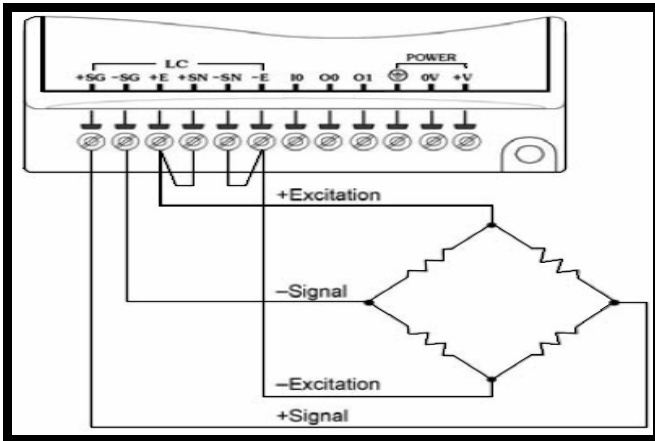


Figura 59: Esquema conecionado célula de pesado

En la figura anterior se observa que se aplica una tensión +E y -E, obteniendo una diferencia de tensión por +SG y -SG.

5.2.2. MODULO DE ENTRADA

Utilizaremos el modulo IO-DI16, lo que significa que es un modulo de 16 entradas digitales, “24 V”, para la aplicación es mas que suficiente.

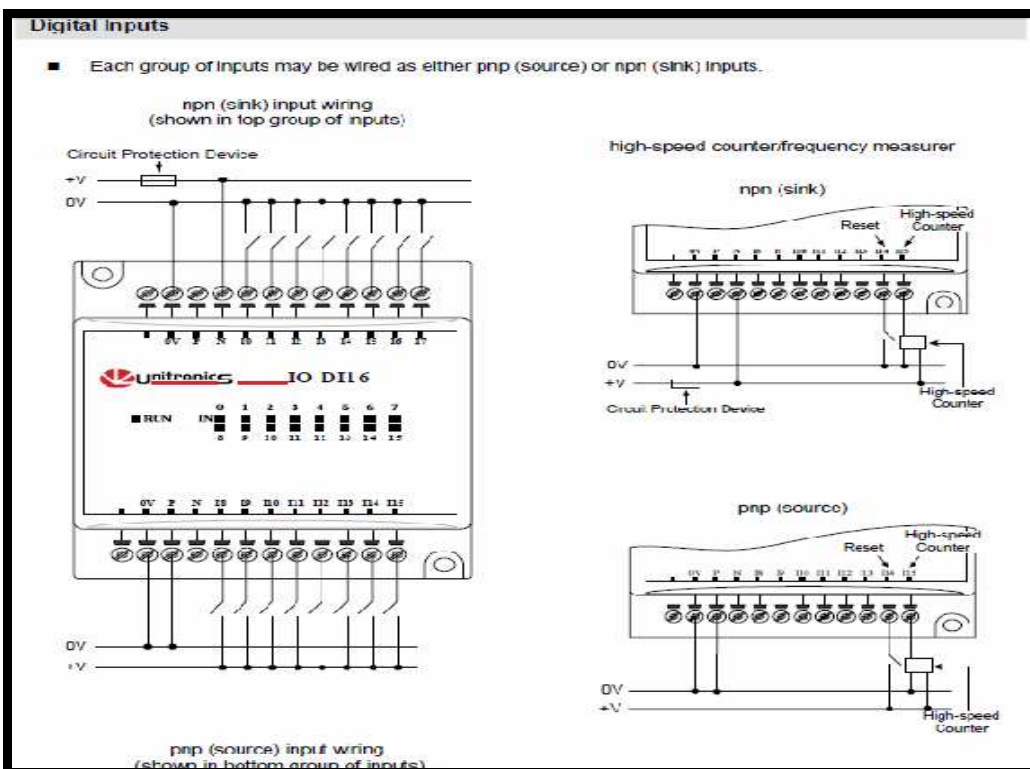


Figura 60: conecionado pnp o npn de el modulo entradas

En la figura anterior podemos ver como se debe conectar el modulo para trabajar con entradas pnp o npn, es importante tener en cuenta este tipo de dato, ya que dependiendo del tipo de sensores que utilicemos nos podrá funcionar bien o mal la aplicación.

5.2.3 MODULO DE SALIDA

Para esta aplicación utilizaremos el modulo IO-TO16, lo que significa que es un modulo de 16 salidas tipo transistor,

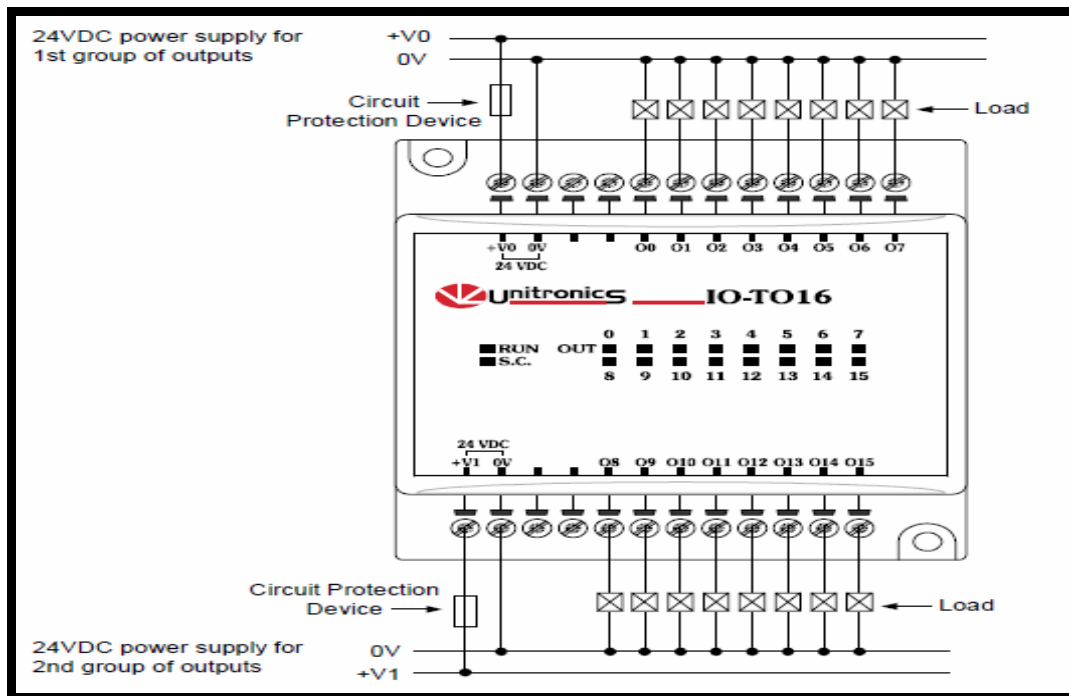


Figura 61: esquema conexionado modulo salida

Algo importante a destacar es que el modulo de salida tiene que tener conectado los 24V y el 0V.

5.3 PROGRAMA.

Para esta aplicación utilizaremos un lenguaje grafico LD, por su sencillez.

Vamos a analizar un extracto del programa, específicamente el de las barandillas, para ello explicaré cual es el funcionamiento y luego como lo desarrollamos con el software.

Definimos 3 estados de funcionamiento:

El primero el paso “0”, el estado de reposo. No hacemos nada, pero es importante pues de aquí partimos.

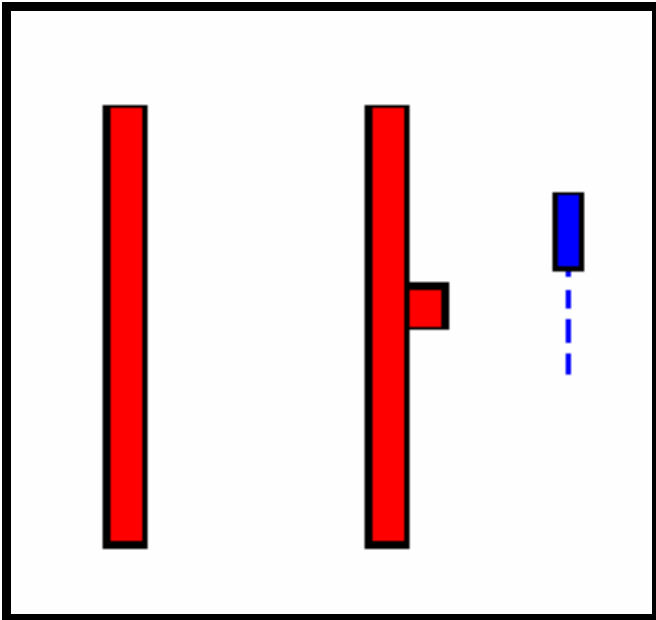


Figura 62: Paso 0, barandillas

El segundo El paso “1”, es este paso las barandillas se distancian hasta que la barandilla con la pestaña da señal al inductivo, en ese momento termina de distanciarse y termina el paso 1, es importante saber que se debe poder ejecutar el paso 1 colocando la maquina en manual y obligando a ejecutar este paso.

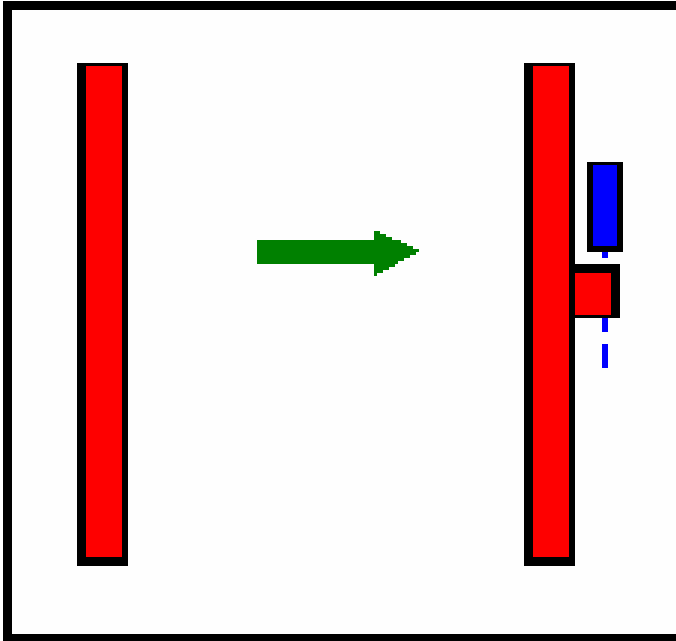


Figura 63: Paso 1, barandillas

El tercero es el paso “2”, en este paso las barandillas están distanciadas lo máximo y empezamos a acercarlas hasta que se cumpla un tiempo el cual se define y modifica por el usuario a la hora de programar cada formato, esto es por si se tiene diferentes tamaños de caja; es importante poder ejecutar el paso 2 colocando la maquina en manual y obligando a ejecutar este paso con esto aseguramos un ajuste fino del tamaño de la caja.

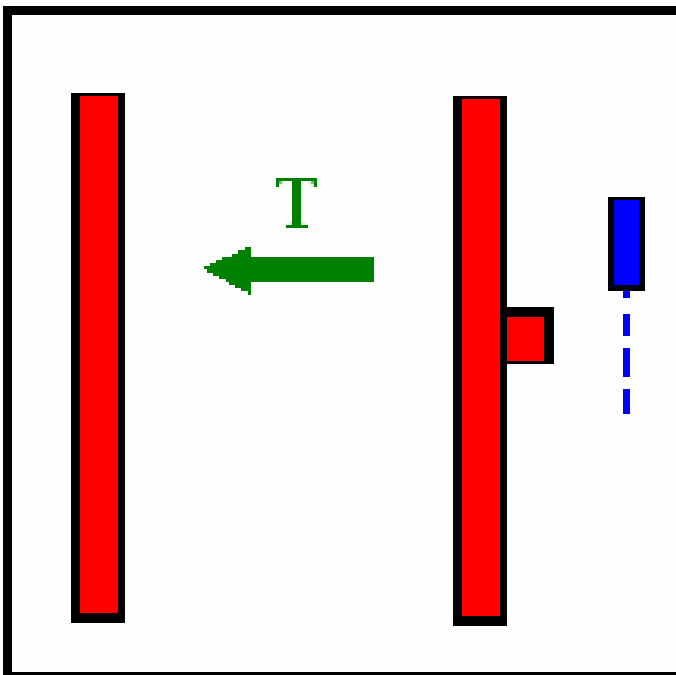


Figura 64: Paso 2, barandillas.

En la figura siguiente podemos observar una pantalla de la interfase que nos permite el software.

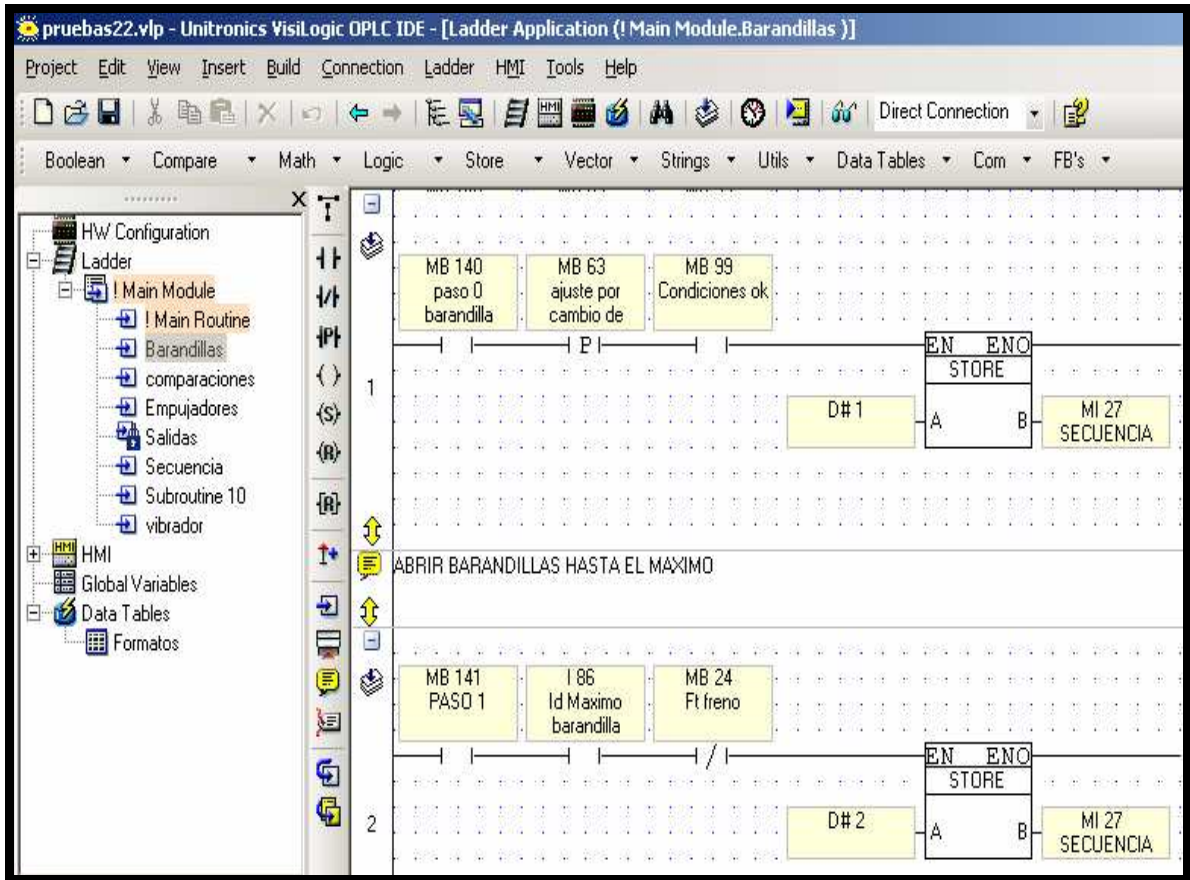
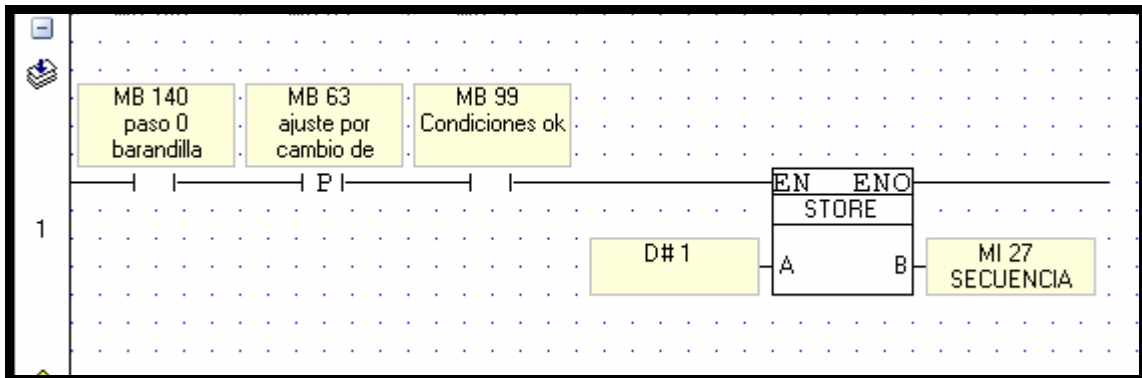
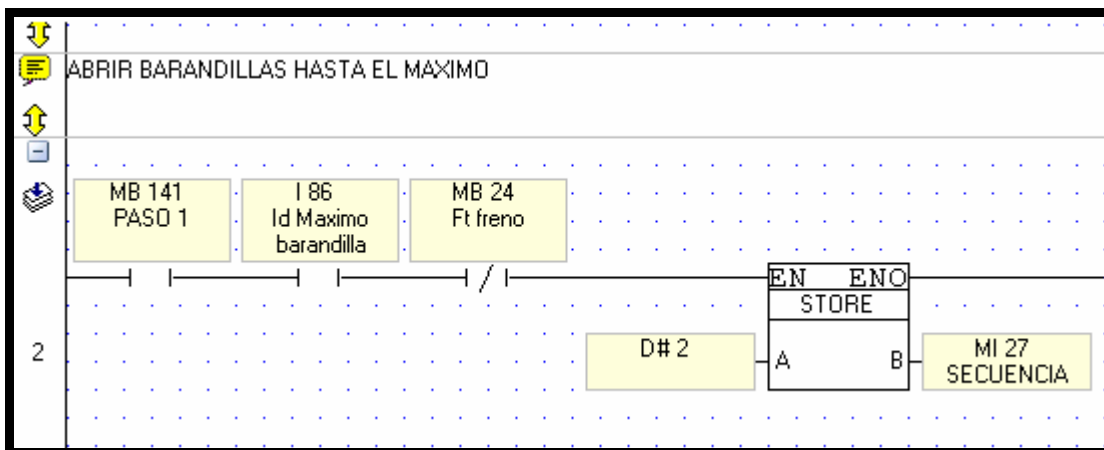


Figura 65: Interfase programa pesadora.

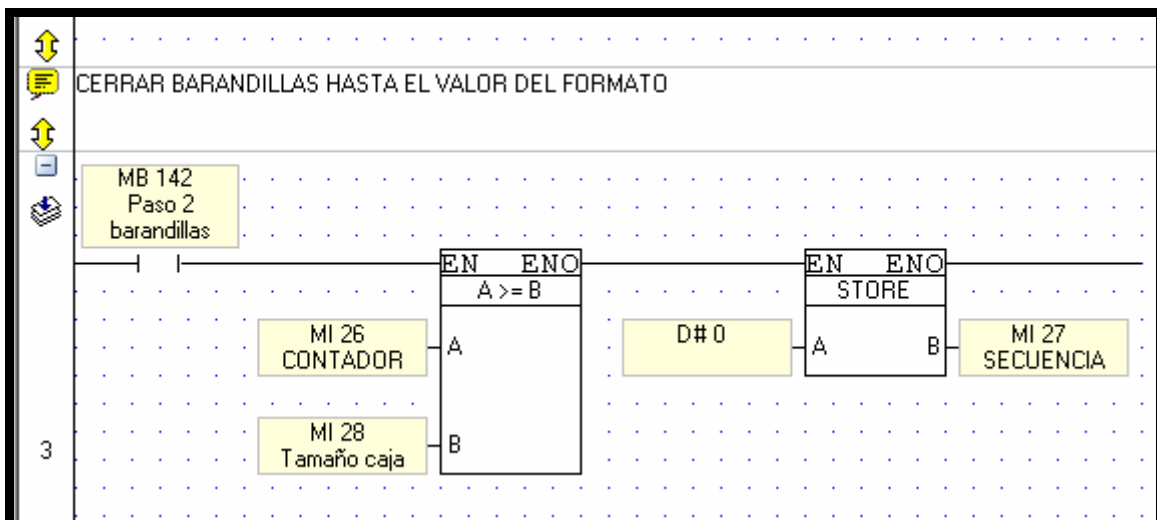
A continuación explicara cada línea de código.



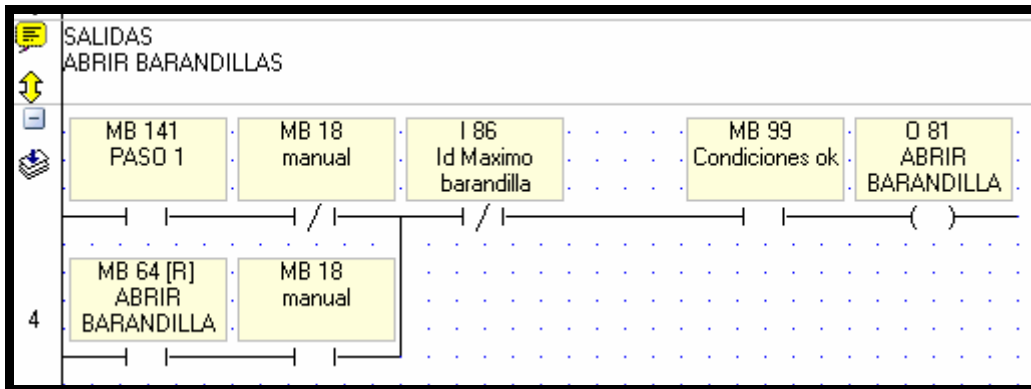
Si tenemos la “MB 140”, es decir estamos en el paso “0”, se cumplirá esta condición permitiendo que el flujo siga de izquierda a derecha, la siguiente condición es que se ejecute un flanco positivo es decir un cambio de 0 a 1 lógico en la variable “MB 63”, esta variable se modifica por medio de la pantalla, es importante aclarar que para que se cumpla la condición de flanco siempre debe haber un cambio de “1” a “0” o de “0” a “1”; Cumpliéndose esto analizamos la siguiente condición “MB 99”, esta variable nos indica que la maquina no esta en error; al cumplirse las 3 condiciones ejecutamos una acción sobre la variable “MI 27”, en este caso le asignamos el valor de 1, modificando en otra sección del programa el paso en el que encuentra la barandilla.



Al estar la “mb141” activa significa que estamos en el paso 1 a continuación verificamos que se han separado las barandillas lo máximo permitido cuando tenemos señal en la “I86” siendo esta el inductivo de máxima apertura; la condición de seguridad “MB24” significa que no debemos tener nada en la fotocélula del freno para poder ejecutar la acción sobre la “MI 2”, y al cumplirse las 3 condiciones asignamos un “2” es decir pasaremos al paso 2 de las barandillas.

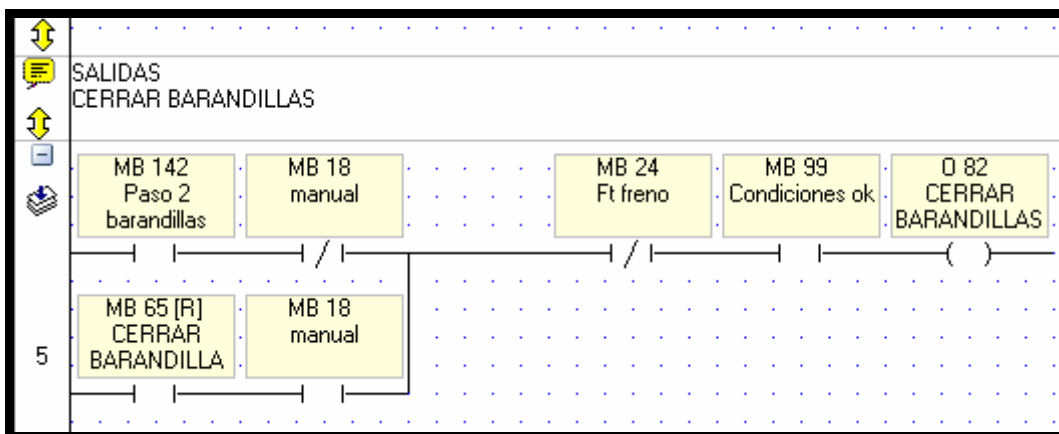


En esta línea de programa verificamos primero que estamos en el paso 2 cuando “MB 142” esta activa; luego se ejecuta un bloque de programa que compara “MI 26 y MI 28”, y cuando sean iguales el flujo continuara, “MI 28” es un valor que define el usuario según el tamaño de caja será mayor o menor y “MI 26” será nuestra variable de tiempo, al acercar las barandillas el tiempo que se designe se procederá a continuación a asignar “0” a la “MI 27” dejando en el paso “0” de nuevo las barandillas.



Esta línea tiene 2 posibles combinaciones la primera si “MB 141” es decir estamos en el paso 1, “MB 18” negada es decir no estamos en manual, “I 86 negado” es decir estamos separando las barandillas pero no hemos llegado al inductivo de máxima apertura, la maquina esta ok “MB 99” ejecutamos la salida “O 81” el cual es un motor que mueve un sinfin en un sentido separando las barandillas y parara cuando llega la lectura del inductivo.

Por otro lado el segundo camino, si oprimimos abrir barandillas por pantalla “MB 64” y la maquina esta en manual “MB 18” y las demás condiciones “I 86 y MB99” se cumplen moveremos el motor “O 81”.



Esta línea tiene dos posibles caminos el primero, si estamos en el paso 2 “MB 142”, no estamos en manual “MB 18 negado”, no tengo nada en el freno “MB 24”, la maquina no esta en error “MB 99”, activo la salida “O 82” quien mueve el mismo motor de las barandillas en el sentido contrario acercando las barandillas y parara cuando se cumpla el tiempo estipulado por el usuario ya que cuando se llegue a ese tiempo el paso pasara de 2 a paso 0.

El segundo camino si activa desde pantalla cerrar barandillas “MB 65” maquina en manual “MB 18” y cumpla “MB 24 negado MB 99 “cierro las barandillas “O 82”; cabe informar que si se cierra demasiado llegara un momento en el que no se pueda cerrar mas por un la mecánica de la maquina y si forzamos el movimiento podría derivar en salto de magnetotermico; se podría colocar un inductivo como limite de cerrado pero por costos para esta aplicación no se a considerado necesario.

6. CONCLUSIONES

- Al desarrollar el proyecto investigue y comprobé el funcionamiento de la mayoría de los elementos eléctricos y electrónicos que se usan en la construcción de maquinaria industrial y obtuve un conocimiento que es vital para la profesión.
- Estuve en cada una de las etapas de construcción de la maquina desde la fabricación y modificación de elementos en planos hasta llegar a la implantación practica de dichas modificaciones., lo que me permitió conocer el proceso de fabricación de máquinas industriales.
- Con el desarrollo del proyecto pude programar partes de código que se ajustan a las especificaciones del cliente y puse en práctica los diferentes tipos de lenguajes, además comprendí la filosofía de la programación grafica.
- Con la aportación que pude dar al proyecto puede desarrollar destreza en la elaboración de planos eléctricos en autocad, como también conocer la simbología que se utiliza en la práctica.

7. RESULTADOS

Como resultado final, la pesadora se implanta en una línea de producción de envasado de naranja, La instalación corre a cargo de Fomesa Ingeniería.

Al Acoplándose a la línea de producción se tienen en cuenta ciertas especificaciones de la maquina:

- Tensión de alimentación: 380 V
- Frecuencia de trabajo: 50 HZ
- Potencia instalada: 7 CV.
- Consumo de aire a 6 bar.: 10 L/min.
- Cadencias: 4 cajas/minuto máx.
- Al ser pesado en movimiento: Error \pm 5%.

El calibrado o tarado, se realiza en planta por el operario, colocando la caja o bandeja y oprimiendo el botón de tarado, con esta operación se consigue filtrar el peso de la caja para solo pesar el producto.

8. REFERENCIAS

- [1] Ricardo Mayo Bayon, Plc Visión General – Pág. 6
- [2] Ricardo Mayo Bayon, Plc Visión General – Pág. 19
- [3] http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA#Interfaz_humano-m.C3.A1quina
- [4] <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>
- [5] http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor_magn%C3%A9tico
- [6] http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor_por_corriente_diferencial
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/Guardamotor>
- [8] <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>
- [9] <http://www.iesmariaibars.org/materials/elecace/Inversion%20de%20giro.pdf> - Pág. 3
- [10] <http://www.iesmariaibars.org/materials/elecace/MOTOR.pdf>
- [11] <http://www.iesmariaibars.org/materials/elecace/PROTECCIONES.pdf> - Pág. 2
- [12] <http://es.wikipedia.org/wiki/Rele>