

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE  
AUTOMATIZACION MEDIANTE PLC, PARA EL ENCENDIDO  
DEL AIRE ACONDICIONADO, DE LAS AREAS ESTIRADO Y  
TEXTURIZADO EN LA EMPRESA ENKADOR.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO EN  
ELECTROMECHANICA**

**EDISON GEOVANNY NARANJO ANDRADE**

(edigeo2@hotmail.com)

**DIRECTOR: ING. GERMAN CASTRO MACANCELA**

(gammasserv@hotmail.com)

**Quito, Noviembre 2007**

## **DECLARACION**

Yo, Edison Geovanny Naranjo Andrade, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Edison Naranjo Andrade

## **CERTIFICACION**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por Edison Geovanny Naranjo Andrade, bajo mi supervisión.

---

Ing. GERMAN CASTRO MACANCELA  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## INDICE DE CONTENIDO

<b>Resumen</b>	7
<b>Presentación</b>	9

### CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. Las fibras textiles	10
1.1.1. Fibras de origen mineral	10
1.1.2. Fibras de origen vegetal	11
1.1.3. Fibras de origen animal	11
1.1.4. Fibras artificiales	11
1.1.5. Fibras sintéticas	12
1.2. Proceso de producción de fibras sintéticas	12
1.2.1. Hilatura	13
1.2.2. Estirado	16
1.2.3. Texturizado	17
1.2.4. Retorcido	18
1.2.5. Tinturado	19
1.2.6. Enconado	10
1.3. Acondicionamiento del aire	21
1.3.1. Introducción	21
1.3.2. Componentes	21
1.3.3. Equipo auxiliar para la generación de energía térmica	26
1.3.3.1. Área de refrigeración del centro de energía	27
1.3.3.2. Área de calderos o sistema de vapor	29

### CAPITULO II

#### DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL EN EL SOFTWARE TWIDO SOFT

2.1. Procedimiento para el diseño del circuito de control	30
2.1.1. Análisis de la instalación original	30
2.1.2. Descripción del circuito original	31
2.1.3. Determinación del orden secuencial de encendido	32
2.1.3.1. Tiempos de encendido entre uno y otro motor	33

2.1.4. Diseño del circuito de control para el PLC	34
2.1.4.1. Diseño de la estructura lógica de control	35
2.1.4.2. Diseño del circuito electromecánico	36
2.1.4.3. Descripción del funcionamiento del circuito diseñado	38
2.1.5. Software de programación del PLC, TwidoSoft V2.5	39
2.1.5.1. Introducción	39
2.1.5.2. Requerimientos mínimos	39
2.1.5.3. Lenguajes de programación de TwidoSoft	40
2.1.5.3.1. Lenguaje Ladder	40
2.1.5.3.2. Lenguaje de lista de instrucciones	42
2.1.5.4. Conexión entre PC y controlador Twido	43
2.1.5.5. Interfase de usuario	43
2.1.5.6. Creación de una aplicación	45
2.1.6. Programación del circuito de control en TwidoSoft	48

### **CAPITULO III**

#### **MONTAJE E INSTALACION ELECTRICA**

3.1. Introducción	68
3.2. Materiales	68
3.2.1. Controlador Lógico Programable (PLC)	68
3.2.1.1. Distribución de las salidas del controlador	69
3.2.2. Selectores	70
3.2.3. Pulsadores	71
3.2.4. Reles auxiliares de control	72
3.2.5. Elementos adicionales	72
3.3. Instalaciones físicas	73
3.4. Instalaciones eléctricas	75
3.4.1. Conexionado eléctrico	77

### **CAPITULO IV**

#### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

4.1. Introducción	79
4.2. Pruebas en el sistema implementado	80

4.2.1. Simulación del sistema implementado	80
4.3. Resultados	81
4.3.1. Problemas corregidos	82
4.4. Conclusiones	83
4.5. Recomendaciones	85
4.6. Bibliografía	86
ANEXOS	87
Anexo A. Circuitos de control	
Anexo B. Circuitos de fuerza	
Anexo C. Diagrama de conexionado	
Anexo D. Corrientes de arranque	
Anexo E. Programación del PLC	
Anexo F. Datos adicionales de Twido 24DRF	

## RESUMEN

La implementación de un sistema automático para el encendido de los motores eléctricos del sistema de tratamiento de aire mediante un PLC, corrige errores en corrientes de arranque cuando el aire acondicionado se activa en forma manual, para lograr este objetivo se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Identificación de la problemática causada por arranques manuales.
- Estudio de la instalación eléctrica actual.
- Análisis de la mejor opción para automatizar el proceso.

Del correcto funcionamiento del aire acondicionado depende la calidad de los productos de la empresa, por lo tanto, el proyecto se basa en un estudio resumido en cada uno de los capítulos distribuidos de la siguiente manera:

### CAPITULO I

Detalla el proceso de producción de fibras sintéticas en la empresa Enkador, haciendo especial énfasis en el Sistema de Aire Acondicionado, detallando sus partes componentes, su ubicación y sobre todo, explicando el papel que desempeña en la calidad del producto final.

### CAPITULO II

Da información acerca del funcionamiento del sistema manual y como este no cumple con las expectativas de la empresa. Se informa el estado de las instalaciones originales tanto en la parte eléctrica como en sus componentes físicos. Realiza un análisis de la instalación original para determinar la mejor solución, con base en esto se elabora una lógica de control que es implementada al circuito original, es decir es una modificación para lograr que el sistema sea automático. La principal herramienta es un Controlador Lógico Programable que es el encargado de realizar el arranque automático, pero previamente necesita de

programación para cumplir con esta tarea y de un software adecuado para que las instrucciones puedan ser interpretadas por el controlador.

### **CAPITULO III**

Una vez que se ha determinado la solución para que el sistema arranque en forma automática, es necesario implementarlo físicamente, seleccionando componentes eléctricos de acuerdo a la necesidad, tomando en cuenta su calidad y compatibilidad para futuras instalaciones en el mismo sistema. La instalación eléctrica se la realiza en una forma ordenada, utilizando nomenclatura y planos adecuados, con el fin de que el sistema tenga un correcto mantenimiento por parte del personal encargado, minimizando el esfuerzo.

### **CAPITULO IV**

Principalmente para demostrar que las corrientes de arranque de los motores eléctricos son los adecuados con el sistema automático, se realiza pruebas, y, valiéndose de herramientas de simulación para determinar tiempos de arranque, se observa que el proyecto cumple con sus objetivos. Se concluye y recomienda ciertos aspectos referentes al proyecto y a la formación profesional del estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, además se muestran las referencias bibliográficas utilizadas en el presente proyecto.



## **PRESENTACION**

### **AUTOMATIZACION INDUSTRIAL**

El presente trabajo es un paso importante para establecer una comunicación adecuada entre la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional y el medio externo, ya que, la Escuela el tener como misión principal propiciar el desarrollo del país en el campo tecnológico, necesita establecer un vínculo con la realidad industrial, que permita conocer las expectativas del sector productivo; no solo enfocándose en la parte práctica sino también en la administración, consiguiendo de ésta manera encaminar al graduado politécnico a ser la persona encargada de dar soluciones para cualquier tipo de problema, en el campo técnico o logístico.

En lo referente a la automatización, la responsabilidad que se impone hoy la humanidad, es la de orientarse a una sociedad globalmente viable, en la cual, la ciencia y la tecnología estén encaminadas a satisfacer las necesidades del hombre, a reducir el esfuerzo y crear un ambiente capaz de garantizar calidad de vida. Para una transformación así, se requiere de técnicas nuevas en aplicaciones de tecnología.

La automatización es un término frecuente que se utiliza en la actualidad, las industrias de elaboración de cualquier tipo de accesorios necesitan inevitablemente de ella para aumentar la producción, elevar la calidad del producto terminado y por consiguiente mejorar su prestigio en el mercado.

En este caso la empresa privada ha planteado su problemática, el objetivo entonces es contribuir con el sector productivo del país mediante la automatización para encontrar una solución viable, económica y a corto plazo, con la mentalidad de mejorar un proceso en beneficio del obrero, evitando reducir excesiva mano de obra, aunque esto último sería óptimo, las condiciones laborales del país no se prestan para ello.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. LAS FIBRAS TEXTILES**

El término fibras textiles se refiere a la materia capaz de reducirse a hilos y ser tejida para la elaboración de hilados, telas, lienzos, etc., a base de fibras, naturales o artificiales, que se someten a diversos procesos de preparación. Se utiliza diversos tipos según su origen:

- Fibras de origen mineral
- Fibras de origen vegetal
- Fibras de origen animal
- Fibras artificiales
- Fibras sintéticas

#### **1.1.1. FIBRAS DE ORIGEN MINERAL**

Dentro de este tipo de fibras encontramos a la fibra de vidrio, que puede tejerse como las fibras textiles, se fabrica estirando vidrio fundido hasta diámetros inferiores a una centésima de milímetro y se pueden producir tanto hilos multifilamento largos y continuos como fibras cortas de 25 o 30 centímetros de largo. Una vez tejida para formar telas, la fibra de vidrio resulta ser un excelente material para cortinas y tapicería debido a su estabilidad química, solidez y resistencia al fuego y al agua. Los tejidos de fibra de vidrio, sola o en combinación con resinas, constituyen un aislamiento eléctrico excelente. Impregnando fibras de vidrio con plásticos se forma un tipo compuesto que combina la solidez y estabilidad química del vidrio con la resistencia al impacto del plástico. Otras fibras de vidrio, muy útiles, son las empleadas para transmitir señales ópticas en comunicaciones informáticas y telefónicas mediante la nueva tecnología de la fibra óptica, en rápido crecimiento.

Además, se pueden obtener fibras de algunos metales como el oro y la plata, los cuales pueden ser convertidos en hilos continuos, que, son utilizados en la fabricación de tejidos para el culto religiosos y trajes regionales.

### **1.1.2. FIBRAS DE ORIGEN VEGETAL**

Las principales fibras vegetales son: el Algodón, ya que es la fibra textil más comúnmente utilizada e importante en el mundo, debido a su cantidad, su bajo costo y su utilidad. También se fabrica a partir de plantas como el Lino y el Esparto.

### **1.1.3. FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL**

Si bien es cierto, algunos insectos y arañas producen filamentos continuos de seda en sus abdómenes, solamente el gusano de seda es el único que produce la seda auténtica utilizada en los productos textiles.

La lana y la piel protectora de los animales, también son utilizados. Las fibras del pelo y de la lana no son continuas y si están destinadas a la fabricación de productos textiles deben hilarse.

### **1.1.4. FIBRAS ARTIFICIALES**

Es necesario establecer una clara distinción entre los conceptos sintético y artificial.

El término sintético hace referencia a un producto obtenido a partir de elementos químicos. Por ejemplo, el amoníaco se consigue a partir del hidrógeno y el oxígeno. Por el contrario, el adjetivo artificial, se refiere a un producto elaborado mediante compuestos ya existentes en la naturaleza.

Las fibras textiles artificiales poseen propiedades semejantes a las de las fibras naturales. Aunque pueden obtenerse a partir de proteínas vegetales presentes en determinadas plantas, las aplicaciones industriales no se reducen al campo textil;

se emplea, asimismo, en la fabricación de papel, plásticos o explosivos.

### **1.1.5. FIBRAS SINTETICAS**

La elaboración de fibras sintéticas textiles, se realiza a partir de materias primas que se encuentran con relativa facilidad y son, en términos generales, poco costosas: carbón, alquitrán, amoníaco, petróleo, además de subproductos derivados de procesos industriales, el producto final lo muestra la figura 1.1.

Las operaciones químicas realizadas con estos materiales permiten obtener resinas sintéticas que, tras su hilado y solidificación, resultan elásticas, ligeras y muy resistentes tanto al desgaste como a la presencia de ácidos u otros agentes externos.

La incorporación de un colorante al polímero permite teñir el material antes de su hilado, lo que se traduce en un óptimo nivel de estabilidad cromática en la fibra, que, además de no desteñir, elimina la necesidad de recurrir a posteriores operaciones de fijado del tinte.

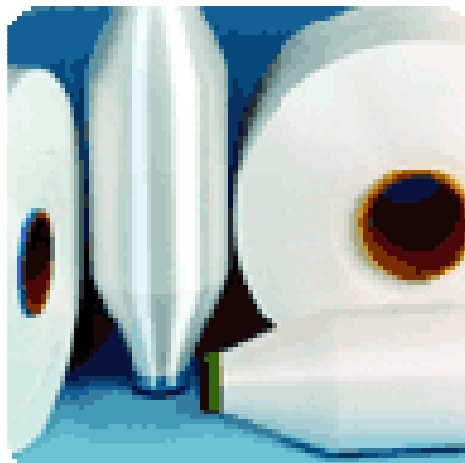


Figura 1.1 Presentación final de las fibras sintéticas, en la Industria Textil

## **1.2. PROCESO DE PRODUCCION DE FIBRAS SINTETICAS**

El proceso de fabricación de fibras sintéticas en Enkador se realiza en seis áreas de producción:

- Hilatura
- Estirado
- Texturizado
- Retorcido
- Tinturado
- Enconado

### 1.2.1. HILATURA

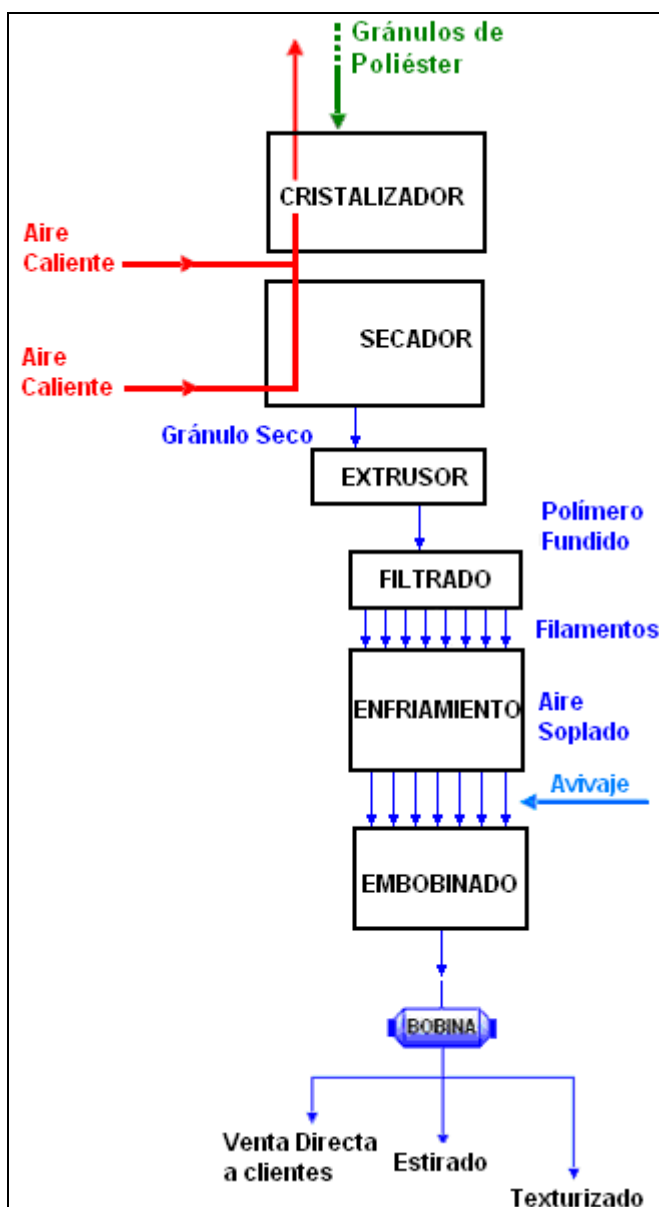


Figura 1.2 Proceso de secado, fusión del gránulo y embobinado

La primera y principal etapa en la producción de fibras en la planta, es la etapa de

Hilatura, la figura 1.2 muestra el proceso, el cual se detalla a continuación.

La materia prima (Gránulo de Poliéster) es transportada neumáticamente a los silos de almacenamiento ubicados en el nivel 18 metros, para luego pasar a un sistema PIOVAN (Cristalizador – Secador) mostrado en la figura 1.3, donde se seca al gránulo mediante aire caliente en circuito cerrado, a una temperatura de 135 – 145 °C en el cristalizador y de 155 – 165 °C en el secador.

El nivel de gránulo se controla tanto en los silos del nivel 18m y en los Piovanes en los 15 metros, para garantizar un abastecimiento constante de gránulo, es decir cuando se ha consumido el gránulo, se envía una señal de un elemento sensor de nivel a un controlador el cual da las ordenes necesarias para activar la entrada de gránulo a los tanques Cristalizador y Secador respectivamente.

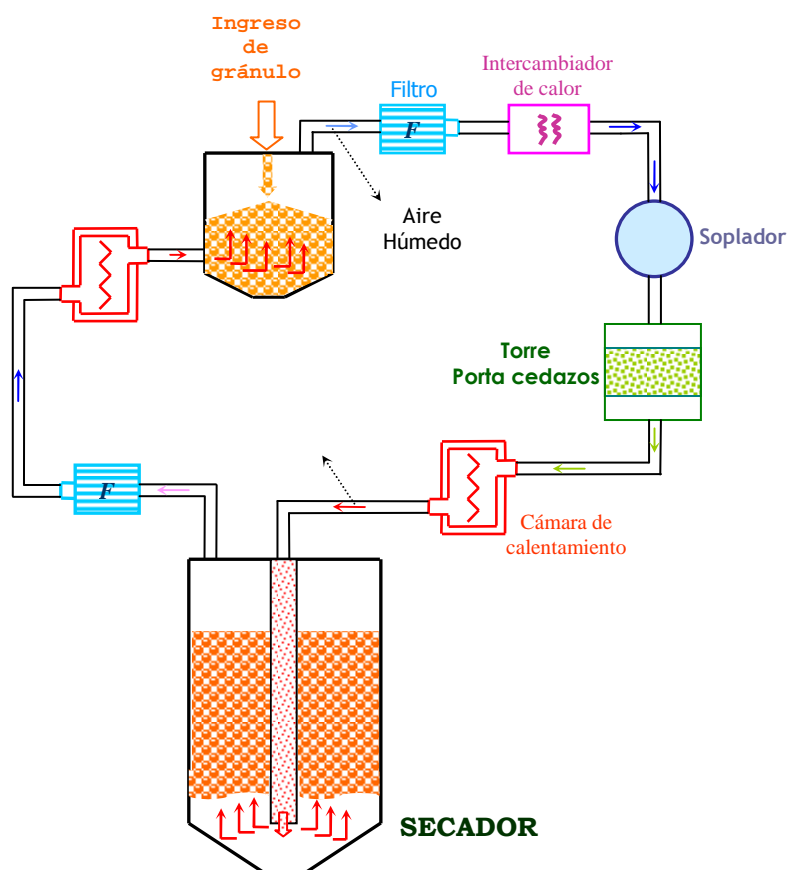


Figura 1.3 Sistema PIOVAN, equipo para el proceso de cristalizado y secado del gránulo

Luego el gránulo pasa a un extrusor, en donde se funde a temperaturas de 285 °C a 305 °C, este proceso se observa en la figura 1.4.

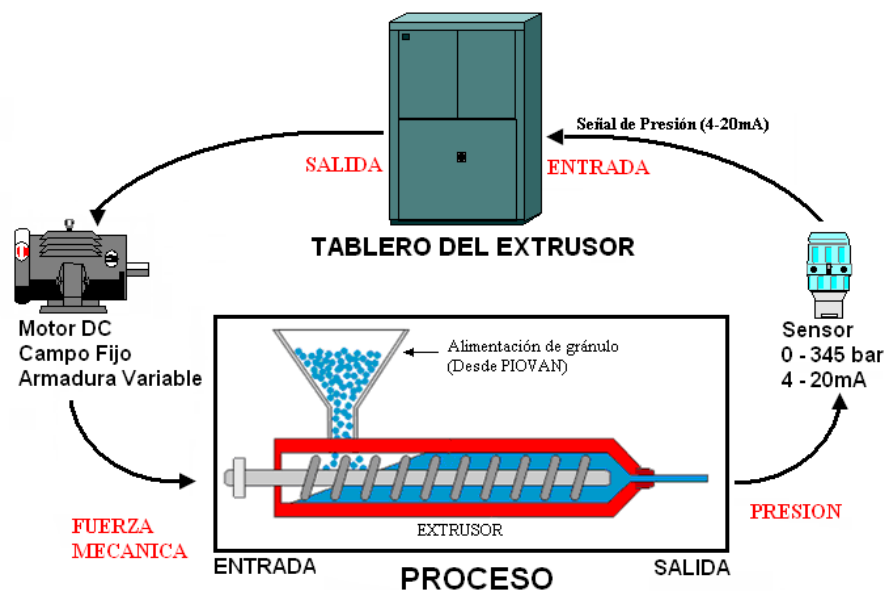


Figura 1.4 Extrusor, equipo para fundir el polímero

Posterior al proceso de extrusión, el polímero fundido va luego a placas hiladoras con la ayuda de una serie de bombas de hilar, pero esto antes de haber pasado por un paquete de filtrado para retener impurezas.

Los filamentos son enfriados con aire en el interior de las Cajas de Soplado, con éste enfriamiento el polímero se solidifica.

El aire que se utiliza para el procedimiento anterior proviene del sistema de aire acondicionado el cual emplea agua fría y vapor para humidificar y calentar, con lo que se logra controlar la temperatura y la humedad relativa.

A continuación, a los filamentos se les adiciona avivaje que es una sustancia química que da al hilo características antiestáticas y lubricantes que evitan el daño del mismo durante posteriores procesos.

Por último se enrolla el hilo en la zona de embobinado, las bobinas obtenidas pueden ser vendidas o pasar al tratamiento de Texturizado o Estirado.

### 1.2.2. ESTIRADO

La finalidad de este procedimiento es dar al producto una mejor tenacidad y elongación, esto se logra orientado en forma homogénea a las fibras del hilo, como lo indica la siguiente ilustración:

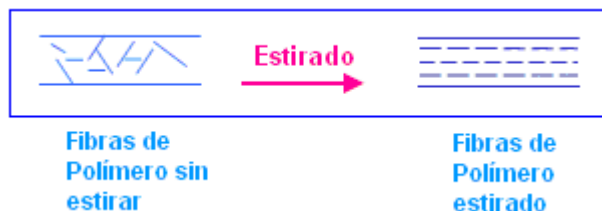


Figura 1.5 Orientación de las fibras en el proceso de Estirado

Para el proceso de orientación del hilo se dispone de tres máquinas estiradoras, las mismas que utilizan el procedimiento que muestra la figura 1.6, para cumplir con su objetivo, que a continuación se describe.

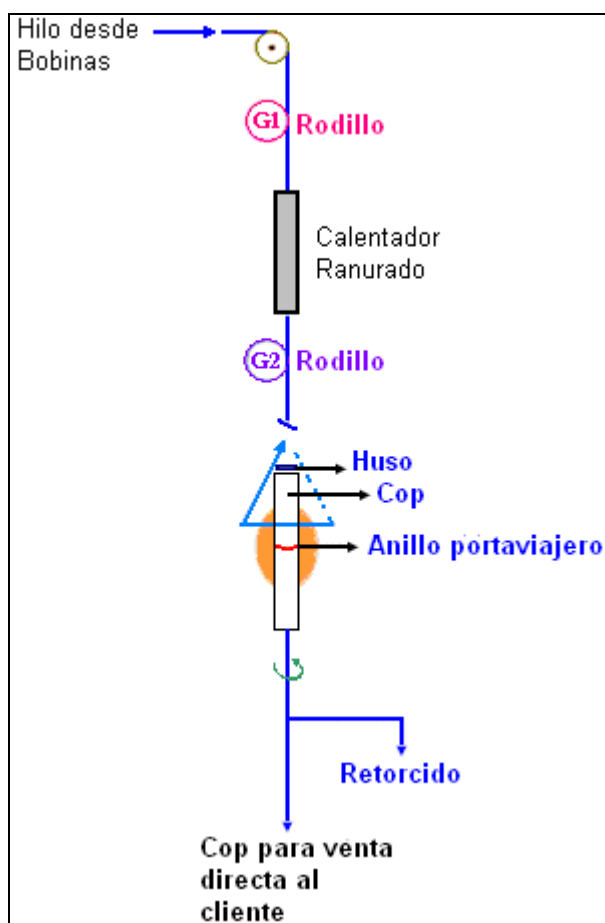


Figura 1.6 Proceso de orientación del hilo



Las bobinas provenientes de hilatura son primeramente enrolladas en el rodillo G1, el cual tiene una temperatura mayor a la del hilo produciéndose un efecto calórico que ayuda a la orientación de las fibras del polímero.

La fibra atraviesa entonces un calentador para dirigirse a otro rodillo G2 en el cual nuevamente es enrollado, el estiramiento se da por la diferencia de velocidad lineal que existe entre los dos rodillos.

El hilo que sale del segundo rodillo, G2, se enrolla sobre su huso con la ayuda del Anillo Portaviajero, obteniéndose así un Cop, que en forma similar al producto de Hilatura puede venderse directamente al cliente o pasar a posteriores procesos.

### 1.2.3. TEXTURIZADO

El texturizado es el proceso mediante el cual el hilo de bobinas aumenta su contextura o volumen, con el fin de darle más elasticidad y suavidad.

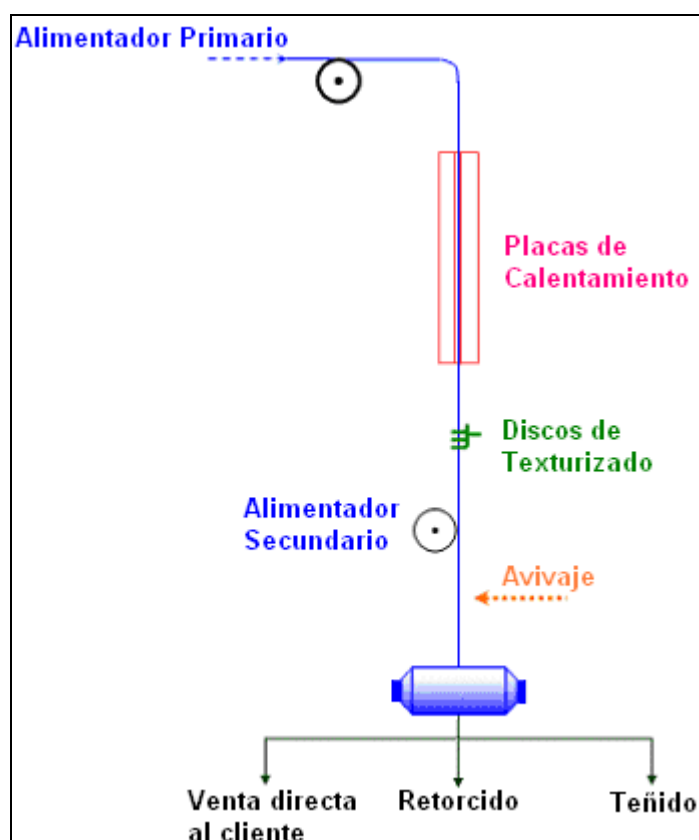


Figura 1.7 Proceso de voluminizar al hilo

La figura 1.7, indica el procedimiento de Texturizado, el alimentador primario lleva al hilo hacia las placas de calentamiento, en donde se produce un estirado para orientar las fibras del polímero por efectos calóricos, al llegar a los agregados es en donde se da propiamente el proceso de texturizado ya que debido a la fricción se produce una distorsión mecánica.

A continuación el Alimentador Secundario lleva el hilo hacia el rodillo motriz en donde se forma la bobina de producto final.

#### 1.2.4. RETORCIDO



Figura 1.8 Retorcido del hilo

Retorcer es el proceso mediante el cual el hilo obtiene una cierta cantidad de vueltas sobre su propio eje, como se ilustra en la figura 1.8. La fibra se vuelve entonces más resistente ya que existe una mejor cohesión.

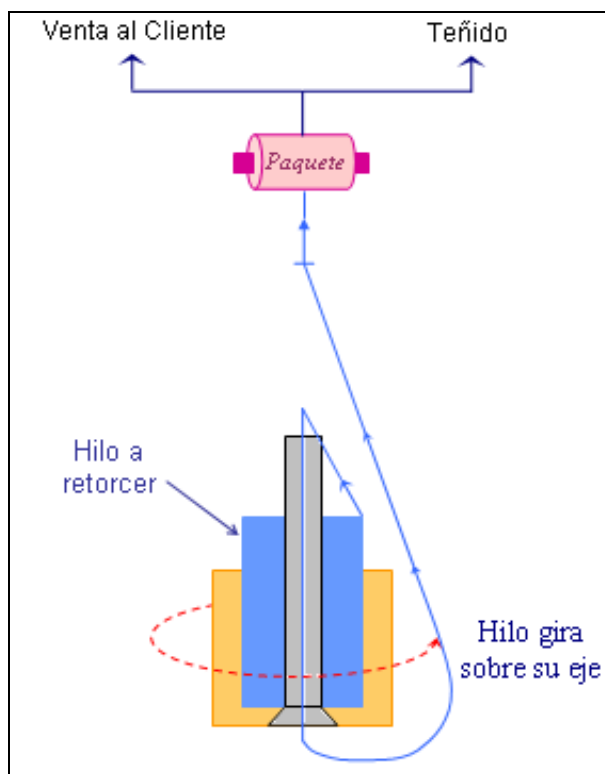


Figura 1.9 Proceso de torcer al hilo para una mayor resistencia

En la figura 1.9 se puede ver que el hilo a retorcer es colocado en una olla portabobinas, una hebra de hilo se hace pasar por el interior del cono, sale de este y atraviesa por una serie de poleas hasta envolverse en un nuevo núcleo.

Se dispone de máquinas de retorcido para hilo liso, texturizado y de poliamida, el producto final de este proceso puede ser directamente vendido o ser teñido.

### 1.2.5. TINTURADO

El teñido de hilo se realiza con colorantes poco solubles en agua, éstos son los llamados colorantes dispersos.

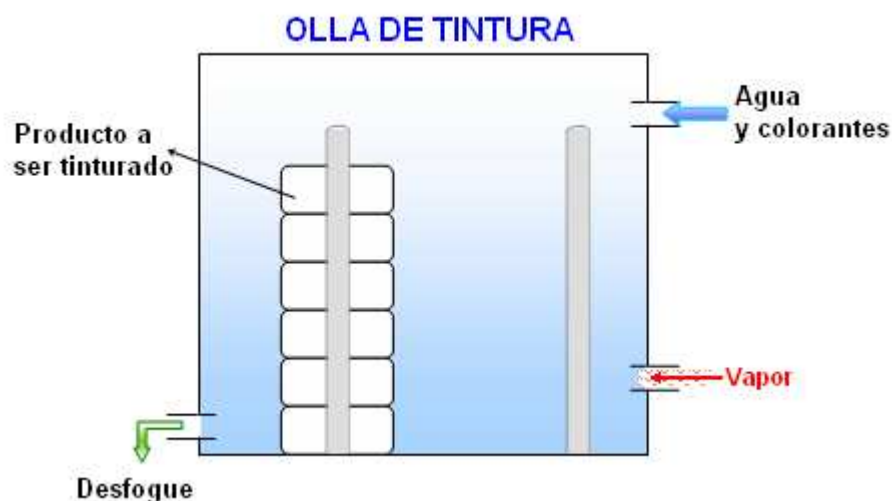


Figura 1.10 Proceso de tinturar al hilo

Una vez que ha ingresado el producto a ser teñido, la Olla de Tintura de la figura 1.10, se llena de agua caliente para realizar un enjuague al hilo para retirar el avivaje y evitar problemas de fijación de color.

Los colorantes son preparados en una serie de recipientes inoxidables y luego por efectos de gravedad bajan hacia las Ollas de Tintura, este preparado circula a través del producto con ayuda de una motobomba, el colorante se impregna en la superficie del hilo y luego pasa hacia su interior.

Se realiza un baño reductor con agua caliente, este es un proceso para eliminar residuos de colorante evitando que se cristalice.

Todo el hilo debe ser sometido a un sistema de secado, para eliminar completamente la humedad, y luego de determinado período de estacionamiento pasar al siguiente proceso.

### 1.2.6. ENCONADO

Es el proceso de pasar el hilo teñido, a un cono, para tener una mejor presentación, añadiéndole un porcentaje de avivaje para mejorar el devanado y facilitar el trabajo a los clientes.

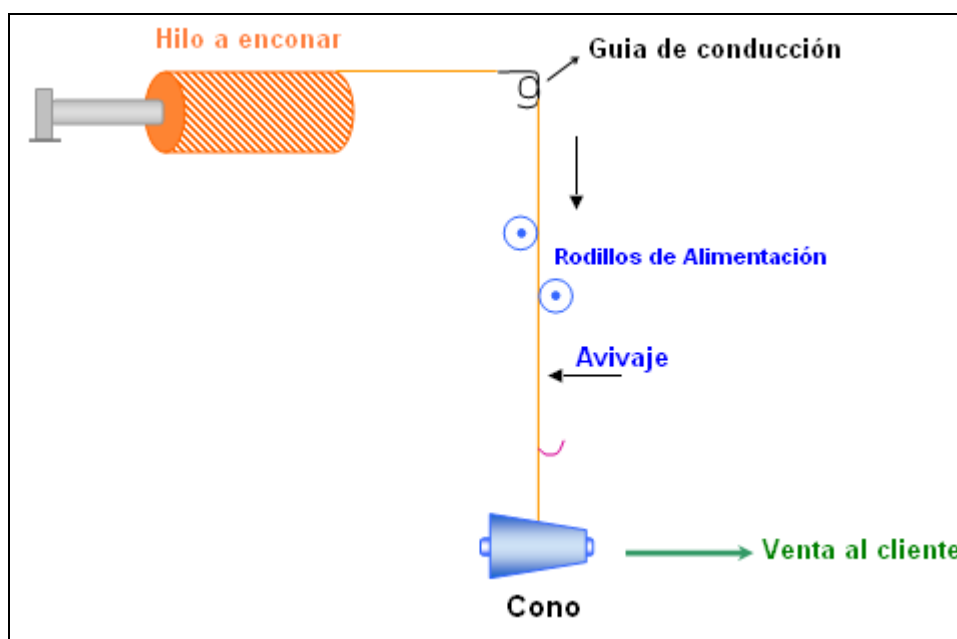


Figura 1.11 Proceso de cambiar la presentación del hilo

En la figura 1.11, de manera análoga a las máquinas retorcedoras, en enconado se enrolla el hilo varias veces por medio de rodillos motrices que elevan la temperatura, haciendo que este sea más manejable, facilitando así el proceso de enconado.

En esta área se trabaja en función de la estética del producto final, sin olvidar las necesidades del consumidor.

### 1.3. ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

#### 1.3.1. INTRODUCCION

El sistema de acondicionamiento de aire es un conjunto de equipos destinados a proporcionar el tratamiento del mismo para un ambiente interior, con el objetivo de establecer y mantener una determinada temperatura y humedad.

El proceso productivo de las fibras sintéticas en las áreas de Texturizado y Estirado debe realizarse dentro de un ambiente de dos parámetros principales, temperatura y humedad relativa.

Estas condiciones deben ser 20 °C de temperatura y 60% de humedad relativa, para que la fibra sintética no altere su característica en cuanto a su tensión y elongación, en especial el nylon, para ello, el sistema de acondicionamiento de aire realiza la siguiente función:



Figura 1.12 Estructura general del equipo de tratamiento de aire

#### 1.3.2. COMPONENTES

Para mantener estables los valores de temperatura y humedad relativa, se tienen cuatro sistemas de aire acondicionado, dos para Estirado y dos para Texturizado, que se distribuyen por medio de ductos a todo el sector, los sistemas son idénticos con una estructura que se muestra en la figura 1.13:

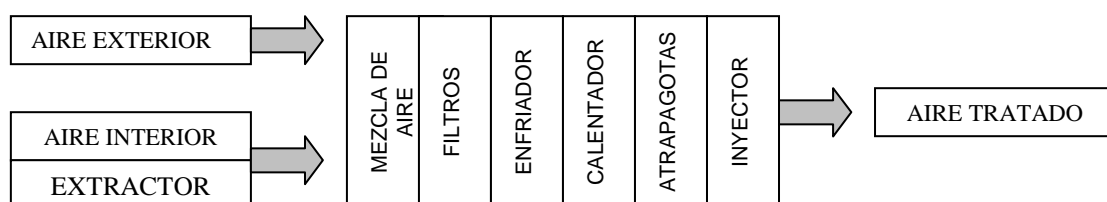


Figura 1.13 Estructura detallada del equipo de tratamiento de aire

Extractor: Por medio de un extractor, como el de la ilustración 1.14, ingresa aire del interior de las instalaciones en cantidades reguladas por persianas (dampers) a la cámara de mezcla de aire. Propiamente no es un proceso de extracción sino de recirculación.

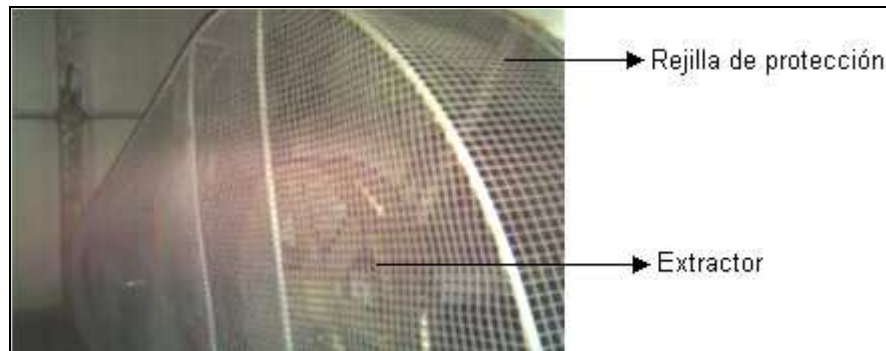


Figura 1.14 Ventilador, para controlar el volumen de aire

Cámara de mezcla de aire: Se dice que es una mezcla debido a que ingresa aire del exterior y también del interior, como se puede observar en la figura 1.15.

La cámara posee un indicador de presión diferencial, con el fin de indicar si los filtros ubicados en este lugar necesitan mantenimiento, es decir, en el caso de existir una presión de aire elevada se tendrá la certeza de que los filtros se encuentran saturados de impurezas.



Figura 1.15 Cámara de mezcla de aire

Filtros: Retienen la contaminación del aire mediante texturas de finas fibras de vidrio continuas y compactas, en el lado de entrada de aire tienen un tejido flojo mientras que en la salida un tejido más compacto y denso.

Las fibras están ubicadas en un marco de cartón con rejillas metálicas las cuales sujetan al material filtrante.

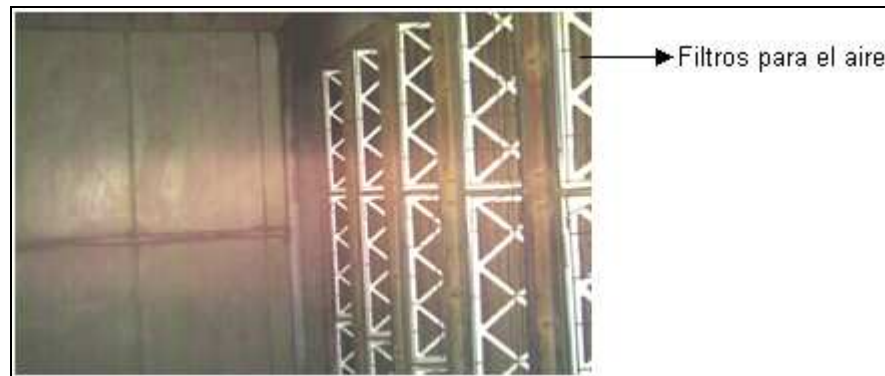


Figura 1.16 Dispositivos para limpieza del aire (filtros)

Radiadores: Utilizados para el enfriador, como se observa en la figura 1.17, y el calentador de la figura 1.18, este tipo de unidad está constituido por secciones huecas de hierro fundido a través de las cuales fluye vapor o agua helada en este caso en particular. Son muy usados en sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, pero ya no se utilizan en las construcciones nuevas. Los otros tipos de radiadores son en general más económicos y tienen un aspecto más atractivo.



Figura 1.17 Radiadores de hierro fundido (Enfriador)



Figura 1.18 Radiadores de hierro fundido (Calentadores)

Humidificador: Usa flautas de vapor para humedecer el aire según determine el sistema.



Figura 1.19 Flautas que inyectan vapor

Atrapagotas: Son láminas con cierta curvatura, con el propósito de retener las gotas de agua producidas por la condensación.



Figura 1.20 Láminas que quiebran el flujo del aire para retener gotas de agua

Sensores y Ductos: La temperatura y humedad relativa son registrados por medio de un sensor que se encuentra colocado en cada uno de los sistemas de aire acondicionado, éste tiene las características de la tabla 1.1:

Marca:	Dwyer
Modelo:	657, transmisor de temperatura y humedad relativa
Rango humedad relativa:	0-100%
Rango temperatura:	32 a 158°F (0-70°C)
Salidas:	2 canales, cada uno 4-20 mA
Voltaje de alimentación:	10-35 VDC
Largo del cable	48 pulgadas (1.22 metros)

Tabla 1.1 Características del sensor de temperatura y humedad relativa



Las figuras 1.21, 1.22, muestran respectivamente el sensor y ductos instalados en el sistema de acondicionamiento de aire:



Figura 1.21 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa

En lo referente a los ductos, éstos son construidos con láminas de acero galvanizado, en este caso se usan ductos rectangulares debido a que circula baja presión (hasta 3 inH<sub>2</sub>O). Las uniones son herméticas para reducir en lo posible las fugas de aire.



Figura 1.22 Ductos, vías de circulación del aire a presión

En la figura 1.23 se muestra un esquema completo del sistema de acondicionamiento de aire con todas sus partes componentes descritas con anterioridad.

Se puede observar además el orden y ubicación en que se encuentran cada uno de los componentes del sistema de tratamiento de aire, con lo cual se visualiza de mejor manera la estructura.

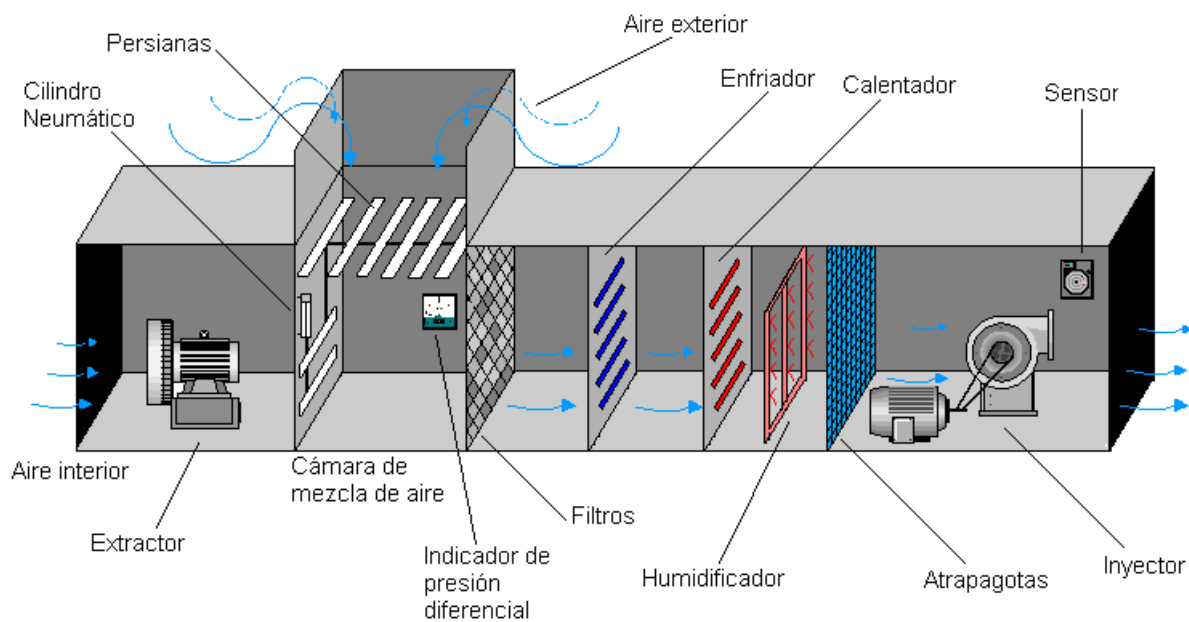


Figura 1.23 Sistema de acondicionamiento de aire para las áreas de Estirado y Texturizado

### 1.3.3. EQUIPO AUXILIAR PARA LA GENERACION DE ENERGIA TERMICA

El sistema de Aire Acondicionado necesita de vapor y agua fría, los cuales son generados en el Centro de Energía de la planta, como se ilustra en la figura 1.24.

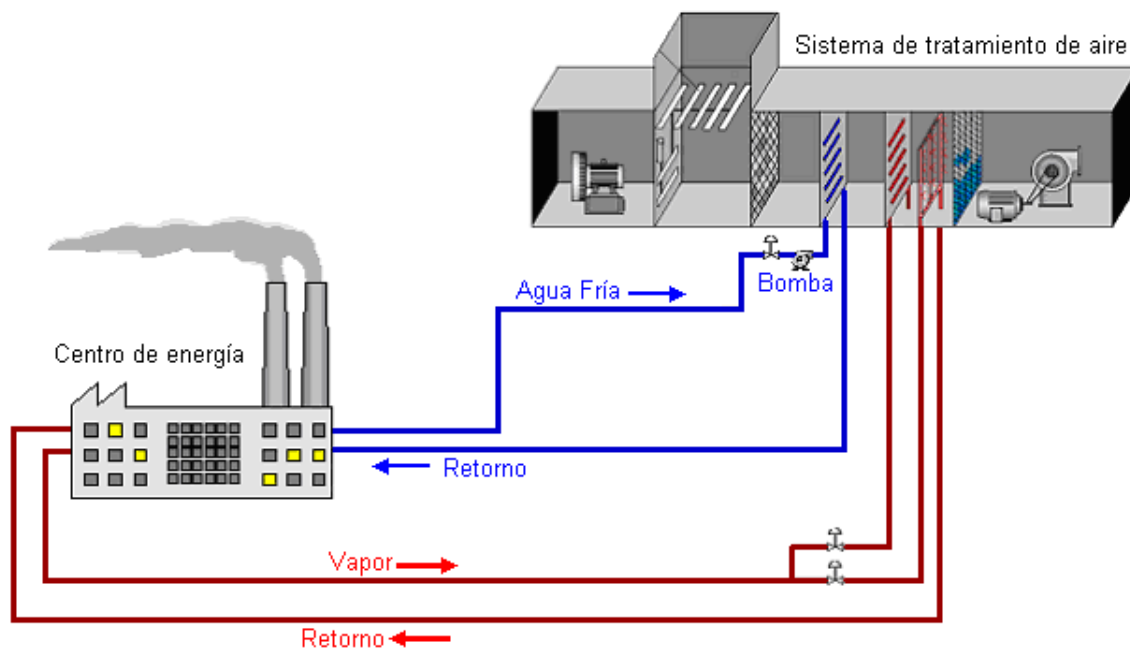


Figura 1.24 Generación de energía para el sistema de tratamiento de aire

### 1.3.3.1. Área de Refrigeración del Centro de Energía

El Centro de Energía tiene cuatro equipos de refrigeración de la marca CARRIER, cuyo objetivo es enfriar el agua (hasta 5 °C) que se emplea en el sistema de aire acondicionado, para ello se sigue el proceso que indica la figura 1.25.

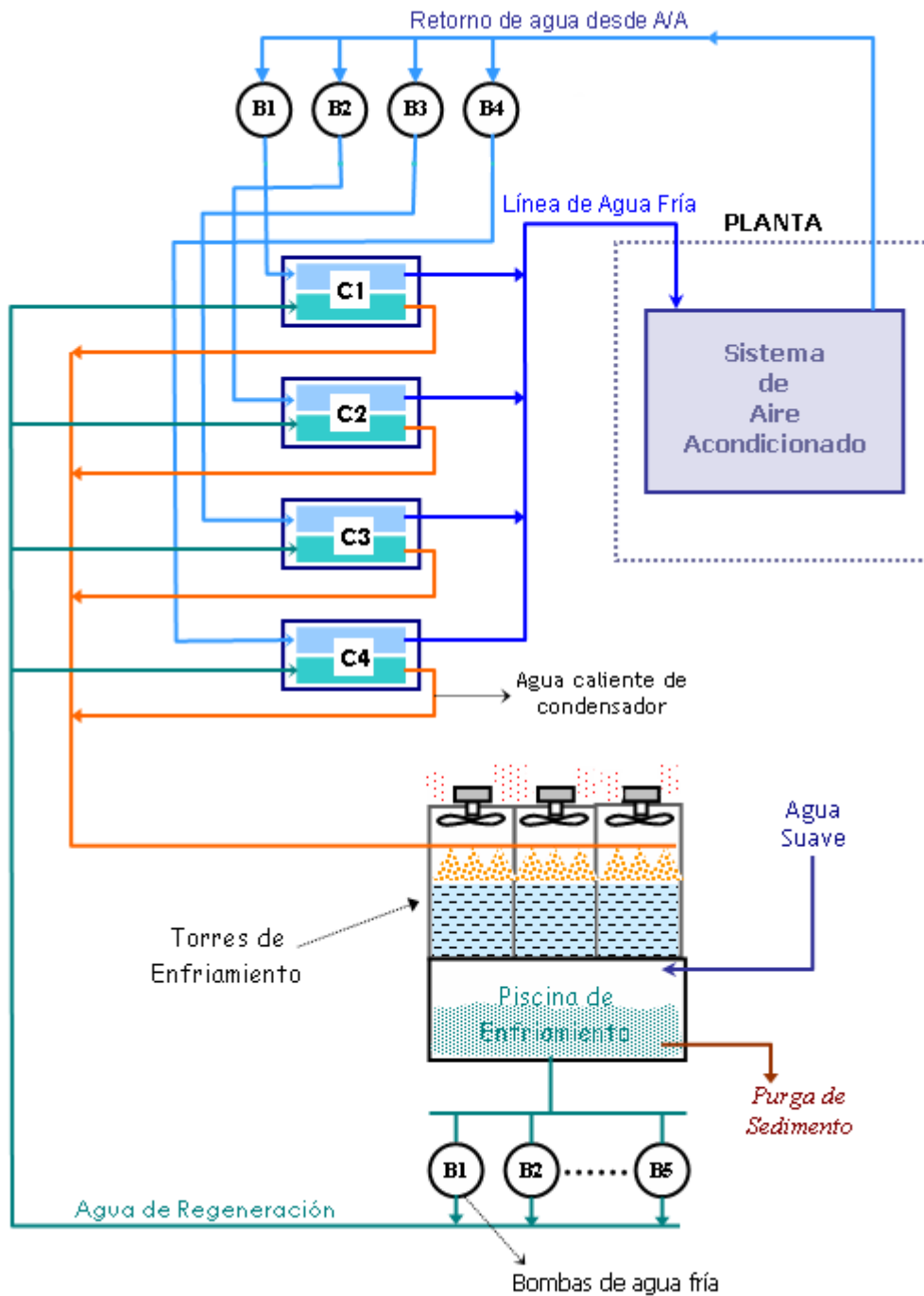


Figura 1.25 Producción de agua fría para el sistema de tratamiento de aire

Para conseguir el agua fría, se utiliza el sistema de refrigeración por compresión, como el de la figura 1.26, el cual emplea cuatro elementos en el ciclo: evaporador, compresor, condensador y válvula electrostática.

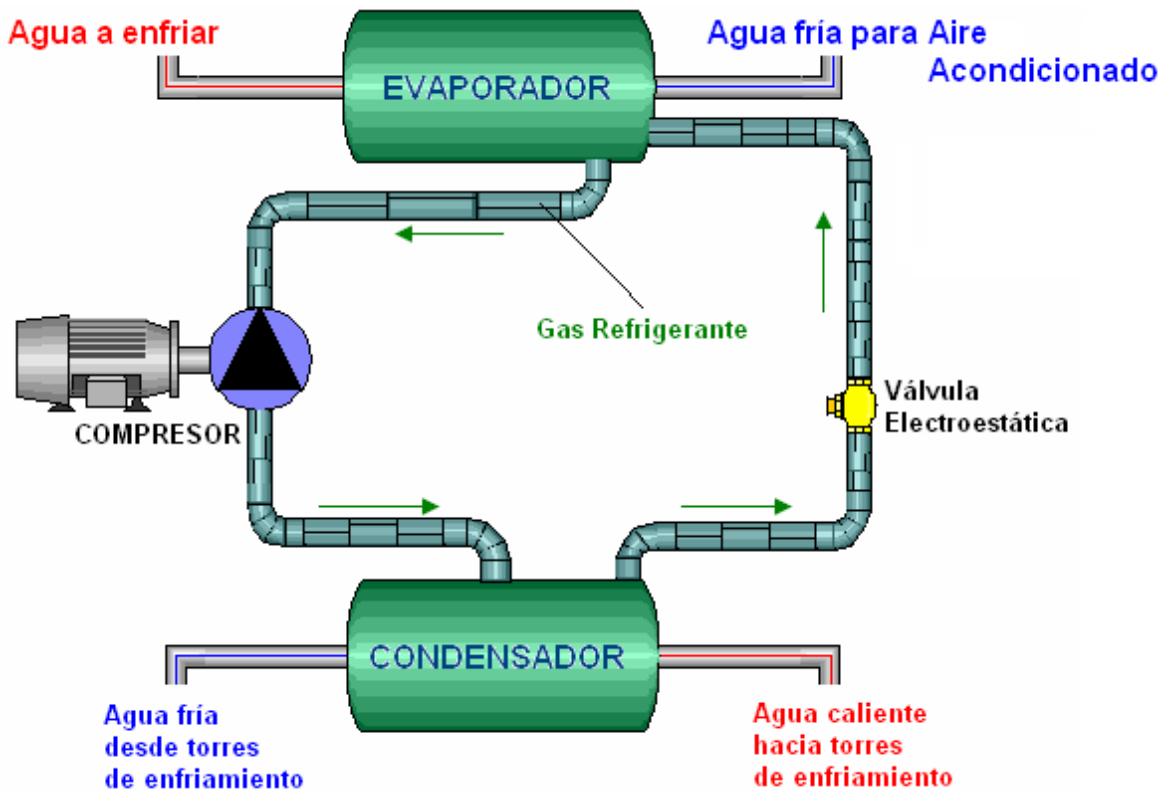


Figura 1.26 Proceso del sistema de refrigeración

En el condensador es en donde se enfría el agua para el aire acondicionado, que proviene del retorno del mismo, el enfriamiento se produce gracias al gas refrigerante (Freon 512) que contiene el evaporador.

Como el gas refrigerante se calienta, se lo regenera, el gas pasa a un compresor movido por un motor que incrementa su presión, lo cual aumenta su temperatura. El gas sobrecalentado a alta presión se transforma posteriormente en líquido por medio de un condensador refrigerado por agua.

Después del condensador, el líquido pasa por una válvula electrostática, donde su presión y temperatura se reducen hasta alcanzar las condiciones que existen en el evaporador.

### 1.3.3.2. Area de Calderos o Sistema de Vapor

El sistema tiene dos generadores de vapor del tipo pirotubular, de marca Cleaver Brook D500 PHP y otro Steam D350 PHP, el primero se encuentra trabajando constantemente mientras que el segundo entra como respaldo.

En general los principales elementos que conforman el sistema son: dos bombas de agua, un ventilador que sirve como aire secundario de combustión, dos bombas de alimentación de combustible, compresor para atomizar el combustible, indicadores de nivel de agua, control de presión de vapor, control de temperatura de ingreso de combustible y además se dispone de control de la llama de combustión mediante una fotocelda que sensa los rayos infrarrojos emitidos por la llama, en caso de no ser detectados detiene el sistema completo incluyendo las bombas de combustible. La configuración física de los elementos anteriormente mencionados se pueden ver en la figura 1.27.

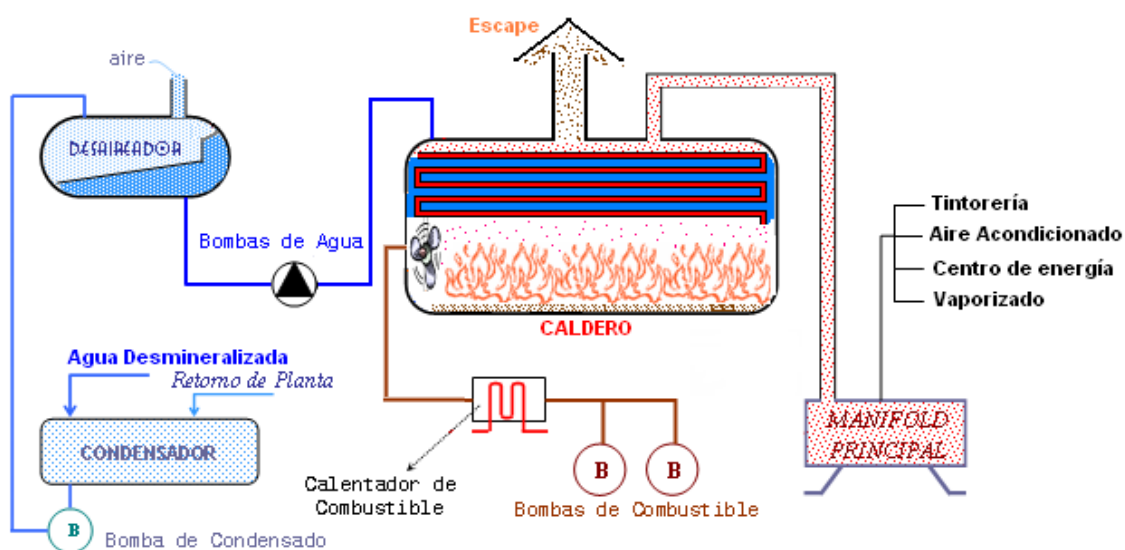


Figura 1.27 Caldero del tipo pirotubular, para la generación de vapor

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL EN EL SOFTWARE TWIDO SOFT**

#### **2.1. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL**

Para el diseño del circuito de control se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Análisis de la instalación original.
- Descripción del circuito original.
- Determinación del orden secuencial de encendido de los motores eléctricos.
- Diseño del circuito de control.
- Conocimiento del software TwidoSoft.
- Programación del circuito de control en TwidoSoft.

##### **2.1.1. ANALISIS DE LA INSTALACION ORIGINAL**

Con el objetivo de determinar cual es la configuración del circuito de control que en ese entonces venía operando en forma manual, se realizó una investigación de las conexiones existentes en el tablero destinado al encendido del sistema.

La figura 2.1 muestra el tablero de control original, en su parte externa, el tablero corresponde a la sección Estirado, las luces superiores indican que el motor está apagado, las luces de los pulsadores indican que el motor está encendido.

En primer lugar se identificó el tipo de voltaje que alimenta al circuito de control, éste es de 110 VAC que proviene de un transformador que reduce el voltaje de 440 VAC utilizado para el circuito de fuerza a 110 VAC para el circuito de control.

Partiendo de que los pulsadores para el encendido de todos los motores son dobles (marcha-paro) y además poseen luz piloto incorporada para indicar que el motor está encendido, se determinó, en la parte de conexionado eléctrico, que existe un punto común para los dos pulsadores, además de alimentación de voltaje extra para la luz de señalización. Se tiene también otras luces piloto, una por cada motor, para indicar que los mismos están apagados (H1 a H14).



Figura 2.1 Tablero de control original

Una vez hecho esto se encontró que el circuito de control existente tenía la configuración típica de lo que en términos de control se conoce como circuito con memoria.

Cabe resaltar que para el presente trabajo se ha tomado como referencia la numeración existente en las conexiones del tablero.

### **2.1.2. DESCRIPCION DEL CIRCUITO ORIGINAL**

Los circuitos de control para el encendido son idénticos para todos los catorce motores eléctricos, como se puede ver en la sección Anexo A, láminas N° 1, 2, 3 y 4. La alimentación proviene de un interruptor bipolar termomagnético principal denominado E59, uno de sus polos está marcado con el número 2 mientras que el otro con el número 4.

Es decir la nomenclatura E59-2 corresponde a la fase, mientras que E59-4 al conductor neutro. Las correspondientes derivaciones de los conductores principales están en las borneras así como también por el interior de las canaletas.

Los interruptores EB13 a EB16 en el área de Estirado son de accionamiento manual y físicamente no se encuentran en el tablero de control, sino cerca de los motores en la parte superior de la planta. Son utilizados como elementos de seguridad, ya que cuando se hacen los debidos mantenimientos a los motores se corre el riesgo de que alguien los encienda tomando en cuenta que el mando es remoto.

Los interruptores EB20 a EB23 cumplen con la misma función, con la diferencia de que se encuentran en el área de Texturizado.

Para los demás motores no se tiene este elemento de seguridad ya que su tarea es únicamente la de circulación de agua fría.

Con los pulsadores B1 a B14 se pone en marcha el motor eléctrico, mientras que los que utilizan la nomenclatura PB1 a PB14 son el paro individual de cada motor, se cuenta además con un contacto cerrado de un rele térmico en serie con la bobina en caso de sobrecorrientes.

En síntesis se trata de un circuito con memoria, que cuando actúa el contactor, éste se auto alimenta con un contacto abierto y apaga la luz piloto que indica que el motor está parado, esto último con un contacto cerrado.

### **2.1.3. DETERMINACION DEL ORDEN SECUENCIAL DE ENCENDIDO DE LOS MOTORES ELECTRICOS**

Debido a que existen cuatro sistemas de Aire Acondicionado en la zona en cuestión, es necesario determinar una secuencia adecuada de encendido así como también los tiempos de entrada entre uno y otro motor.



### 2.1.3.1. Secuencia de encendido

Tomando en cuenta que los motores accionan inyectores, extractores y bombas de circulación, se ha designado una secuencia de accionamiento en forma general, que expone la figura 2.2.

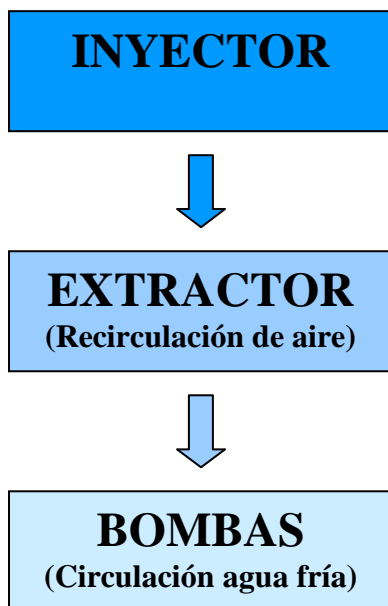


Figura 2.2 Orden general de accionamiento de los diferentes tipos de motores

Se ha adoptado esta secuencia para precautelar que las instalaciones no se presuricen, como se observa, es evidente que luego de accionar el inyector entra el extractor con lo que se nivela la circulación de aire. Las bombas de circulación entran al final del procedimiento.

### 2.1.3.2. Tiempos de encendido entre uno y otro motor

Realizando una investigación en el circuito de fuerza en las instalaciones físicas, se identificó la potencia de cada uno de los motores con el fin de conocer el pico de corriente que éstos alcanzan al momento del arranque.

Los circuitos de fuerza son los mostrados en la sección Anexo B, láminas N° 14, 15, 16 y 17.

Con ayuda de un osciloscopio, se pudo observar gráficamente el pico de corriente, información útil para obtener el tiempo de encendido entre uno y otro motor.

Las gráficas obtenidas se pueden ver en la sección de Anexo D, gráficas A.1 a A.14. Una vez obtenidos estos valores se establecen tiempos de encendido entre cada motor, como lo indica la figura 2.3, con una cierta tolerancia, alargando el valor de tiempo de estabilidad.

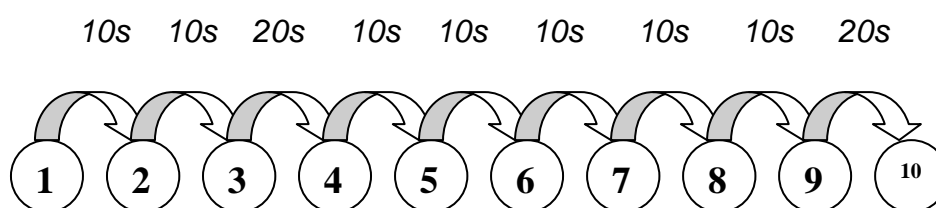


Figura 2.3 Tiempos de accionamiento entre una y otra salida del PLC Twido

## 2.1.4. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL PARA EL PLC

### 2.1.4.1. Diseño de la estructura lógica de control

Los datos de secuencia y tiempo, son la base para la elaboración del circuito de control. Aplicando la secuencia general a los cuatro sistemas de aire acondicionado, se obtiene el orden de encendido de la tabla 2.1:

Tomando en cuenta que el PLC (Controlador Lógico Programable) tan solo dispone de diez salidas y se tienen catorce motores, las dos últimas salidas accionan las cuatro bombas de circulación de agua fría y dos pequeños extractores, es decir la salida nueve enciende tres motores a la vez y la salida número diez, a los tres restantes también en conjunto.

Al tener los datos suficientes para la elaboración de la secuencia lógica y basándose en la nomenclatura de la tabla 2.1, el programa, se estructura como lo muestra la figura 2.4:



1	Inyector	Sistema 1	Estirado	C2
2	Recirculación	Sistema 1	Estirado	C4
3	Inyector	Sistema 1	Texturizado	C8
4	Recirculación	Sistema 1	Texturizado	C10
5	Inyector	Sistema 2	Estirado	C1
6	Recirculación	Sistema 2	Estirado	C3
7	Inyector	Sistema 2	Texturizado	C9
8	Recirculación	Sistema 2	Texturizado	C11
9	Bombas	Sistemas 1 y 2	Estirado	C5 C6 C7
10	Bombas	Sistemas 1 y 2	Texturizado	C12 C13 C14

Tabla 2.1 Secuencia de encendido de motores eléctricos

#### 2.1.4.2. Diseño del circuito electromecánico

En lo relacionado al circuito electromecánico, los elementos principales son dos tipos de temporizadores: de pulsos y On-Delay, para cumplir con la secuencia lógica de programación.

Temporizadores de pulsos (TP), se utilizan para generar pulsos de duración determinada. Este retardo se puede programar con TwidoSoft, tienen la característica de la figura 2.5 y su descripción en la tabla 2.2.

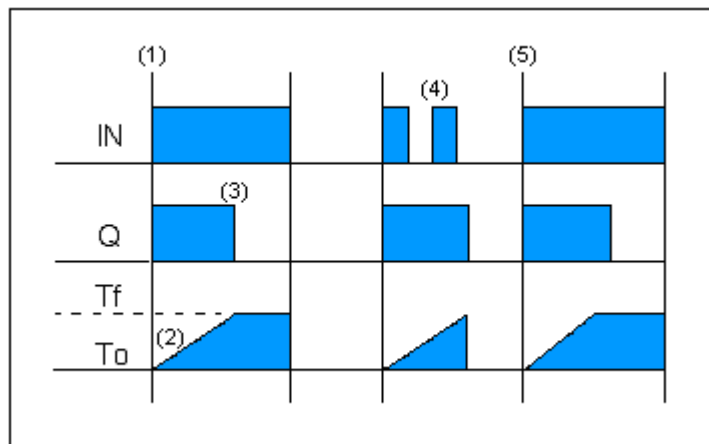


Figura 2.5 Funcionamiento del temporizador tipo Pulsos

Fase	Descripción
1	El temporizador se ejecuta en el flanco ascendente de la entrada IN. El valor $T_0$ se pone a 0.
2	Comienza el conteo del tiempo establecido.
3	Una vez alcanzado el tiempo final $T_f$ , el temporizador se desactiva
4	El primer pulso que se da al temporizador, es el que lo activa, sin importar pulsos de activación que se den a continuación, el temporizador se desactivará según el tiempo establecido.
5	Si el pulso de activación es permanente, el temporizador actúa también dependiendo del tiempo establecido.

Tabla 2.2 Descripción del funcionamiento del temporizador TP, referente a la figura 2.5

El temporizador TON (temporizador de retardo a la conexión), figura 2.6, se utiliza para controlar las acciones de retardo a la conexión.

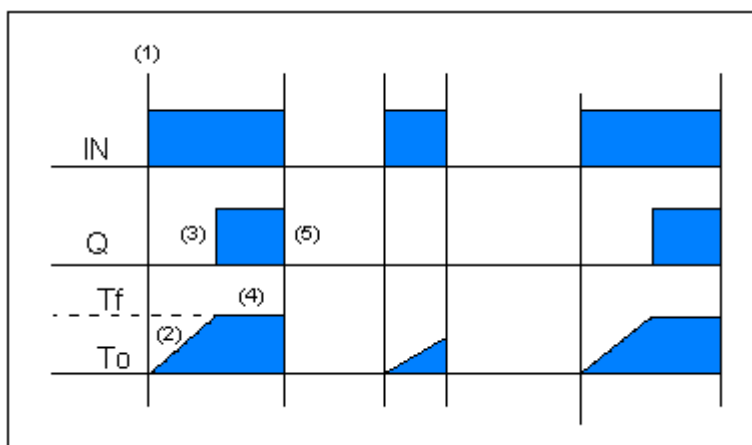


Figura 2.6 Funcionamiento del temporizador tipo On-Delay

La tabla 2.3 describe el funcionamiento del temporizador de tipo TON.

Fase	Descripción
1	El temporizador inicia en el flanco ascendente de la entrada IN.
2	El valor actual $T_0$ aumenta de 0 a $T_f$ .
3	El bit de salida $T_f$ se establece en 1 cuando el valor actual llega a su valor total.
4	El bit de salida $T_f$ permanece en 1 mientras la entrada IN esté en 1.
5	Si se detecta un flanco descendente en la entrada IN, el temporizador se detiene, aun cuando el temporizador no haya alcanzado el valor $T_f$ , y $T_0$ vuelve a cero.

Tabla 2.3 Descripción del funcionamiento del temporizador TON, referente a la figura 2.6

El diseño del circuito electromecánico de control para el accionamiento secuencial temporizado de cada una de las salidas del controlador se puede ver en la sección Anexo A, láminas N° 5, 6 y 7.

#### **2.1.4.3. Descripción del funcionamiento del circuito diseñado**

Con respecto a los circuitos de la sección Anexos A, láminas N° 5, 6 y 7:

- La variable de entrada I0.0 inicia la secuencia de encendido.
- La salida Q0.0 se activa con el pulsador I0.0.
- Un contacto auxiliar abierto de Q0.0 da un pulso de inicio al temporizador TP0.
- TP0 cierra su contacto abierto durante un tiempo de 11 segundos.
- El contacto abierto de TP0 activa a su vez a un temporizador On-Delay TON0, programado para 10 segundos, con esto se consigue simular un pulso de arranque de un segundo.
- El temporizador TON0 cierra su contacto abierto durante un segundo, como se mencionó anteriormente, (ya que TP0 permanece cerrado por 11 segundos y TON0 por 10 segundos), éste es el pulso para iniciar una nueva secuencia como la descrita en los pasos anteriores.
- Con el objetivo de asegurar que se cumpla una sola secuencia por cada pulso de inicio dada en I0.0, se ha colocado un temporizador de pulsos y otro de tipo On-delay auxiliares (TPAUX, TONAUX), además de otra bobina interna M1 que es la encargada mediante su contacto cerrado de deshabilitar a la entrada I0.0.

- Un nuevo pulso de inicio es permitido únicamente cuando se haya concluido el período anterior en su totalidad, es decir, cuando se hayan accionado en forma secuencial las salidas Q0.0 a Q0.9.
- La salida Q0.9, que es la última, desactiva la bobina interna M1, habilitando de esta manera nuevamente al pulsante de inicio I0.0, con lo que la secuencia se encuentra lista para ser iniciada nuevamente.

## **2.1.5. SOFTWARE DE PROGRAMACION DEL PLC, TWIDO SOFT V2.5**

### **2.1.5.1. Introducción**

TwidoSoft posee un entorno gráfico para crear, configurar y administrar aplicaciones de controladores programables Twido. TwidoSoft es una aplicación que permite realizar programas con distintos tipos de lenguaje después de transferir la aplicación para que se ejecute en el controlador.

Para el desarrollo del trabajo, el software posee elementos para simplificar la programación y configuración tales como:

- Programación Ladder o mediante instrucciones.
- Múltiples ventanas para el trabajo con diversas aplicaciones.
- Cortar, copiar y pegar funciones.
- Animación en tiempo real de los elementos.
- Auto detección de errores de programación.

### **2.1.5.2. Requerimientos mínimos**

TwidoSoft es un software basado en Windows de 32 bits para computadores personales (PC), se ejecuta bajo los siguientes sistemas operativos:

- Microsoft Windows 98 segunda edición.
- Microsoft Windows 2000 Professional o
- Microsoft Windows XP.

La configuración mínima necesaria para utilizar TwidoSoft es la siguiente:

- Pentium, 300 MHz.
- 128 MB en memoria RAM.
- 40 MB de espacio disponible en el disco duro.

### 2.1.5.3. Lenguajes de programación en Twidosoft

Un controlador programable lee entradas, resuelve la lógica basada en un programa y entrega resultados en las salidas. Crear un programa de control para un controlador Twido consiste en escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación de Twido.

Para elaborar programas de control, el usuario dispone de los siguientes lenguajes de programación:

- Lenguaje ladder (escalera).
- Lenguaje de lista de instrucciones.

#### 2.1.5.3.1. Lenguaje Ladder

El lenguaje tipo ladder es una forma de representar circuitos electromecánicos de manera que pueda ser interpretado por el controlador, en TwidoSoft por cada línea de programación se utiliza los denominados Rung o escalones como lo muestra la figura 2.7:

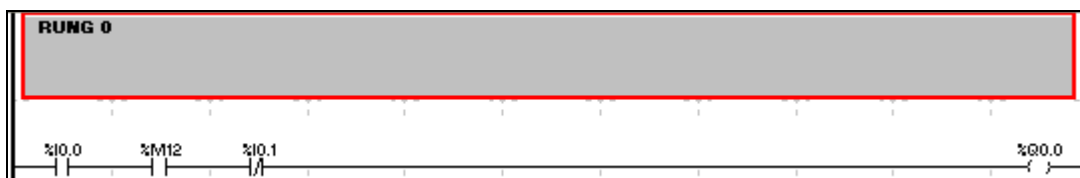


Figura 2.7 Programación Ladder en TwidoSoft



Cada escalón se compone de siete filas por once columnas, como se ilustra en la figura 2.8.

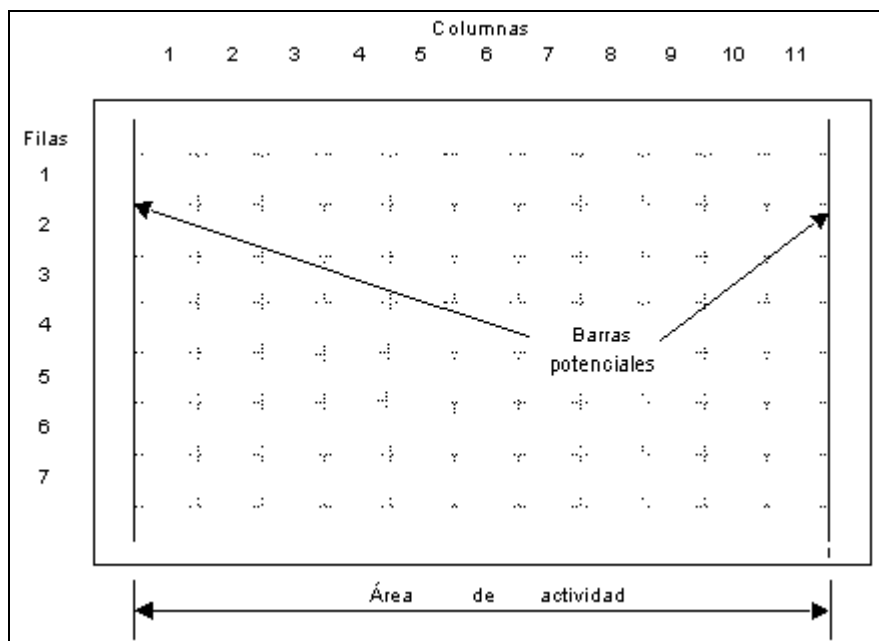


Figura 2.8 Estructura de los escalones en el lenguaje Ladder

Los elementos más utilizados para la creación de un programa en este lenguaje, así como su respectiva nomenclatura se detallan en la tabla 2.4 para los contactos, en la tabla 2.5 los elementos de conexión, las bobinas en la tabla 2.6 y los bloques de función en la tabla 2.7.

Nombre	Elemento gráfico	Ejemplo Nomenclatura	Descripción
Contacto normalmente abierto		%I0.0, %M0.0 para auxiliar	Establece contacto cuando el objeto de control está en estado 1 lógico.
Contacto normalmente cerrado		%I0.1, %M0.1 para auxiliar	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 0.
Contacto para detectar un flanco ascendente		%I0.2	Flanco ascendente: detecta el cambio de 0 a 1 del objeto de control.
Contacto para detectar un flanco descendente		%I0.5	Flanco descendente: detecta el cambio de 1 a 0 del objeto de control.

Tabla 2.4 Contactos para el lenguaje ladder

Nombre	Elemento gráfico	Función
Conexión horizontal	—	Conecta en serie los elementos gráficos de comprobación y de acción entre dos barras potenciales.
Conexión vertical		Conecta los elementos gráficos de comprobación y de acción en paralelo.

Tabla 2.5 Elementos de conexión

Nombre	Elemento gráfico	Ejemplo Nomenclatura	Función
Bobina directa	—( )—	%Q0.0	La salida toma el resultado de 1 lógico según la programación del área de comprobación.
Bobina inversa	—( / )—	%Q0.1	La salida toma el resultado de 0 lógico según la programación del área de comprobación.

Tabla 2.6 Elementos actuadores


Nombre	Elemento gráfico	Función
Temporizadores, contadores, registros, etc.		Cada bloque de función utiliza entradas y salidas que permiten conexiones con otros elementos gráficos. Las salidas de los bloques de función no se pueden conectar entre sí (conexiones verticales).

Tabla 2.7 Bloques de función

### 2.1.5.3.2. Lenguaje de lista de instrucciones

Un programa de lista de instrucciones es una serie de expresiones lógicas que el controlador ejecuta en forma secuencial, cada línea de programación tiene tres componentes:

- Número de línea
- Código de instrucción
- Operandos

La estructura de estos tres elementos se pueden ver en la figura 2.9.

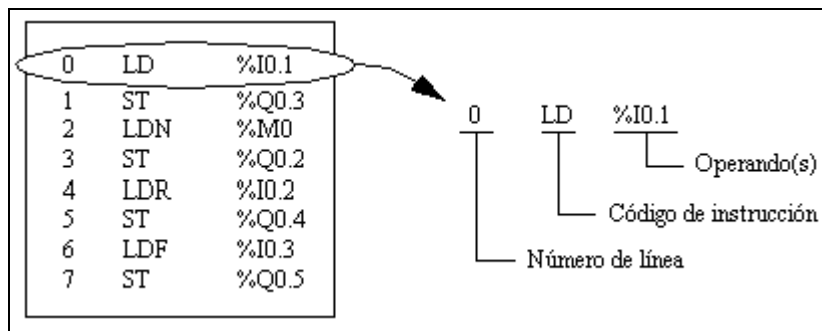


Figura 2.9 Estructura de programación en lenguaje de lista de instrucciones

Los números de línea se generan automáticamente al introducir una instrucción, el código de instrucción es un símbolo para un operador que identifica la operación que se va a realizar mientras que los operandos son números, dirección o símbolo que representa un valor que puede manipular un programa en una instrucción.

#### 2.1.5.4. Conexión entre PC y controlador Twido

Una vez terminada la programación en el Software es necesario cargar este programa en la memoria del controlador para ello se utiliza el cable TSX PCX 1031, este cable convierte la señal proveniente del puerto serial de la PC a otra señal que puede ser interpretada por el controlador lógico programable.



Figura 2.10 Cable de conexión Twido-PC

#### 2.1.5.5. Interfase de usuario

Al iniciar TwidoSoft, Windows despliega la ventana de la aplicación que muestra la figura 2.11, aquí se proporciona una ventana vacía, lista para comenzar a trabajar, los elementos básicos son:

Barra de título: Sirve para identificar tanto la aplicación como el archivo en uso.

Barra de estado: en la barra de estado se describe la aplicación actual y algunas actividades que TwidoSoft realiza en segundo plano, como por ejemplo guardar o imprimir.

Barra de menús: contiene las órdenes que hay que seleccionar para crear, imprimir o guardar las aplicaciones.

Area de programación: muestra el programa que se teclea con todos sus elementos como contadores, temporizadores, etc.

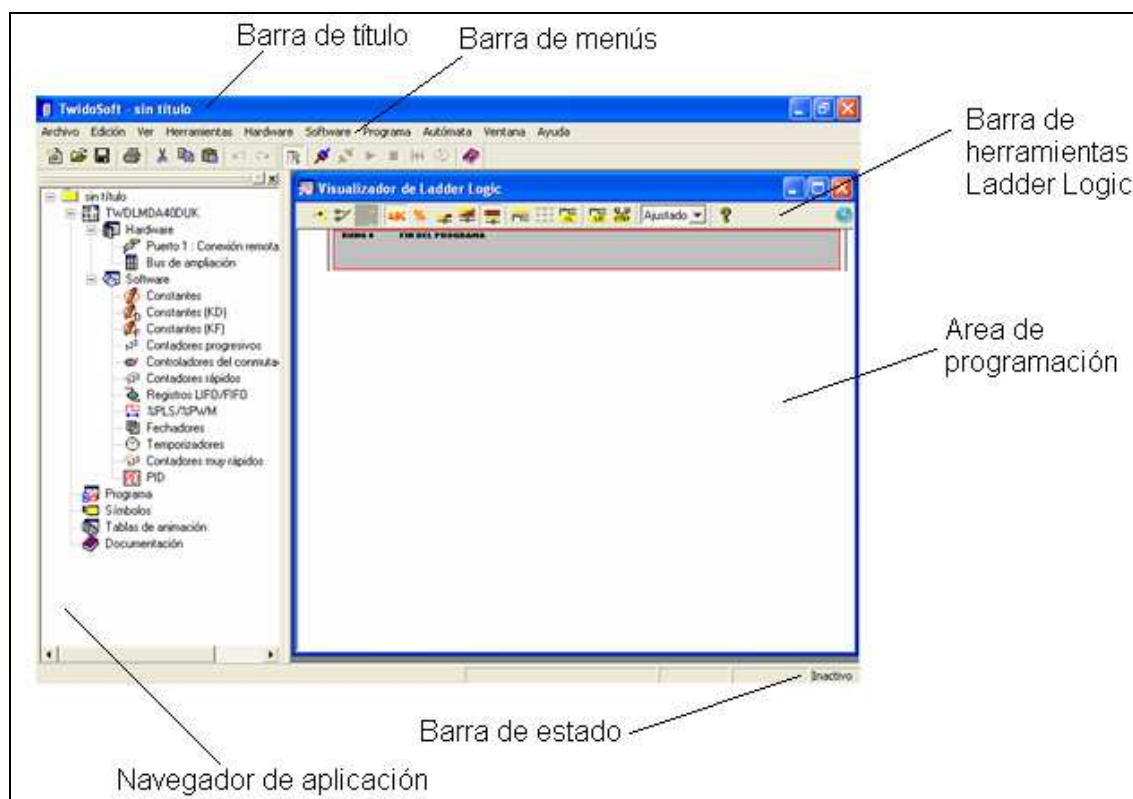


Figura 2.11 Entorno de programación del Software TwidoSoft

Barra de herramientas Ladder Logic: se utiliza para seleccionar las instrucciones gráficas que se van a insertar en un programa Ladder.

Navegador de aplicación: es una ventana adicional que proporciona una vista en árbol de una aplicación.

### 2.1.5.6. Creación de una aplicación

Para crear una aplicación nueva, se sigue los pasos que se indican a continuación. En la ventana principal del software:

Seleccionar Archivo → Nuevo en el menú principal, figura 2.12.

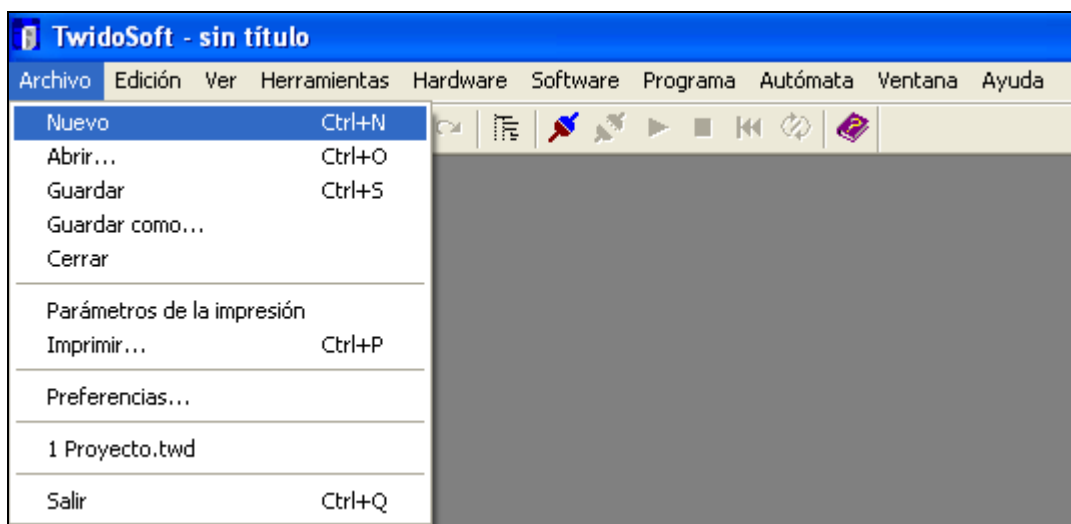


Figura 2.12 Primer paso para la creación de una aplicación

Seleccionar Archivo → Guardar, ó → Guardar como, en el menú principal, figura 2.13.

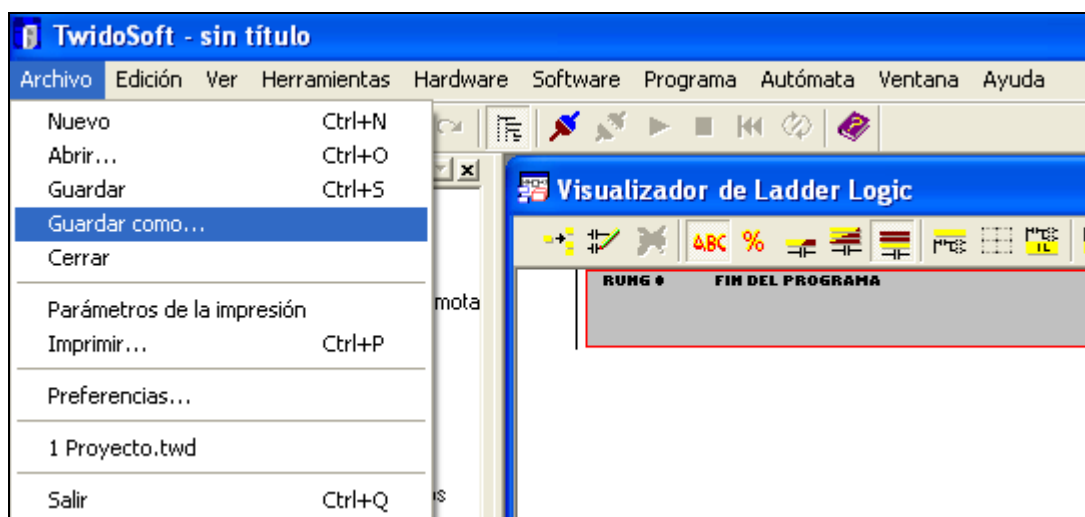


Figura 2.13 Segundo paso para la creación de una aplicación

Luego aparecerá el cuadro de diálogo Selección de archivos, aquí escribir un nombre de archivo para el archivo de la aplicación. Éste es el nombre de archivo

externo de la aplicación. El nombre de archivo se crea con la extensión predeterminada .TWD. A menos que se haya seleccionado otro directorio, el archivo se guardará en el subdirectorio *aplicaciones* del directorio en el que se ha instalado el programa TwidoSoft. El nombre del archivo y la ruta aparecen en una barra de título de la ventana principal del software.

Por último seleccionar en el menú principal: Hardware → Cambiar controlador base..., hecho esto aparecerá una ventana de selección del controlador lógico programable como lo ilustra la figura 2.14, este paso es importante para que al momento de la conexión no existan conflictos.

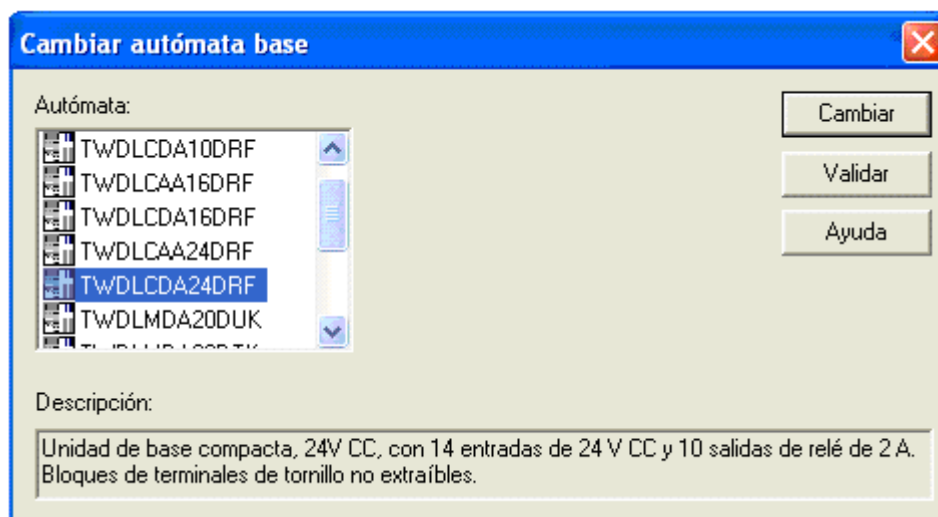


Figura 2.14 Tercer paso para la creación de una aplicación

Luego de los pasos descritos con anterioridad el usuario puede comenzar a programar en el área de trabajo.

### 2.1.6. PROGRAMACION DEL CIRCUITO DE CONTROL EN TWIDOSOFT

Se traslada el diseño del circuito electromecánico, descrito en el presente capítulo sección 2.1.4.2., al lenguaje tipo escalera para que sea interpretado por el controlador a través de su correspondiente software, las líneas de programación, en TwidoSoft, así como la descripción de cada elemento se pueden observar a continuación en las gráficas 2.15 a 2.36.

### Escalón 0

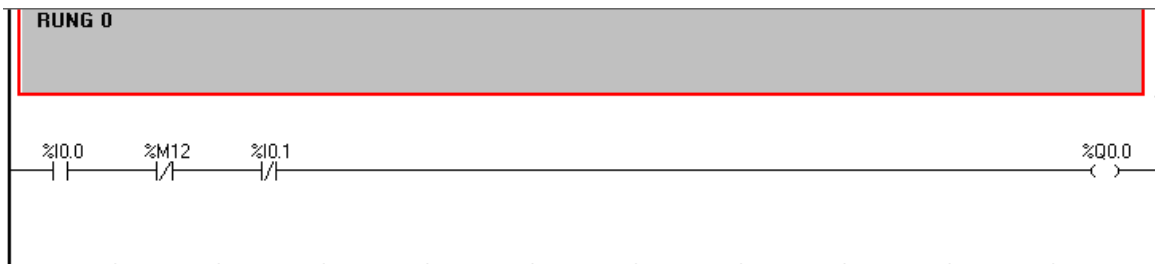


Figura 2.15 Línea de programación N° 1

descripción:

Contacto abierto %I0.0: Entrada del PLC, inicio de secuencia.

Contacto cerrado %M12: Contacto bobina auxiliar que condiciona el funcionamiento del circuito a cumplir una secuencia completa antes de iniciar nueva secuencia.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

Bobina principal %Q0.0: Salida del PLC, que acciona el primer motor.

### Escalón 1

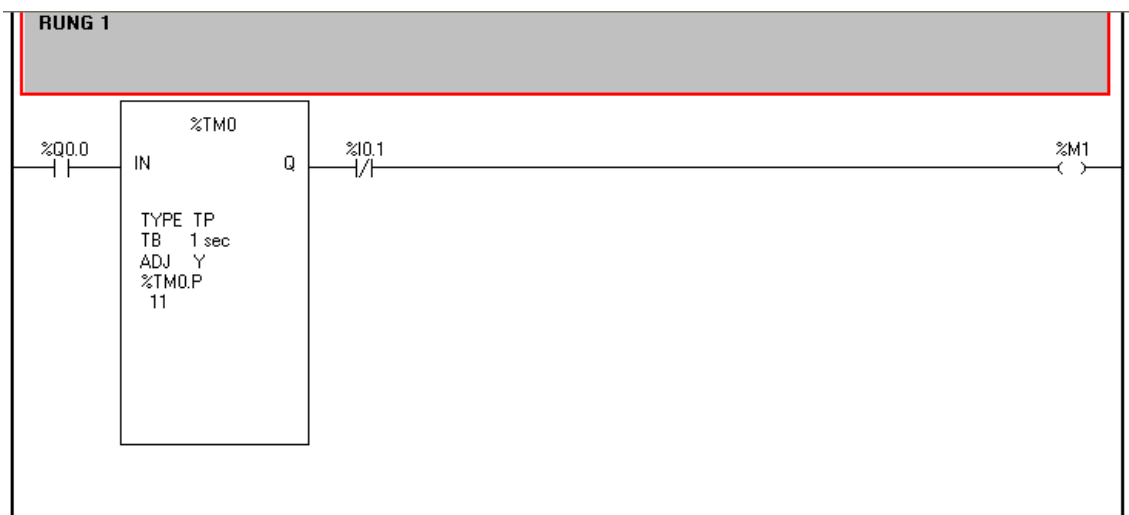


Figura 2.16 Línea de programación N° 2

descripción:

Contacto abierto %Q0.0: Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

Temporizador %TM0: Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM0.P). El contacto %Q0.0 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

Bobina auxiliar %M1: Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

### Escalón 2

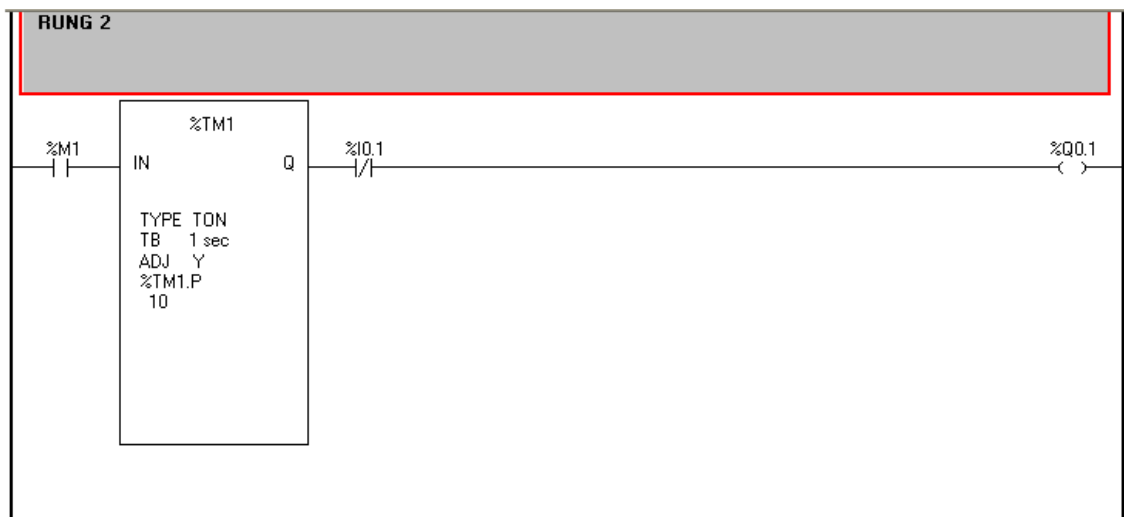


Figura 2.17 Línea de programación N° 3

descripción:

Contacto abierto %M1: Contacto de la bobina auxiliar %M1 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.



Temporizador %TM0: Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM0.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.1 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

### Escalón 3

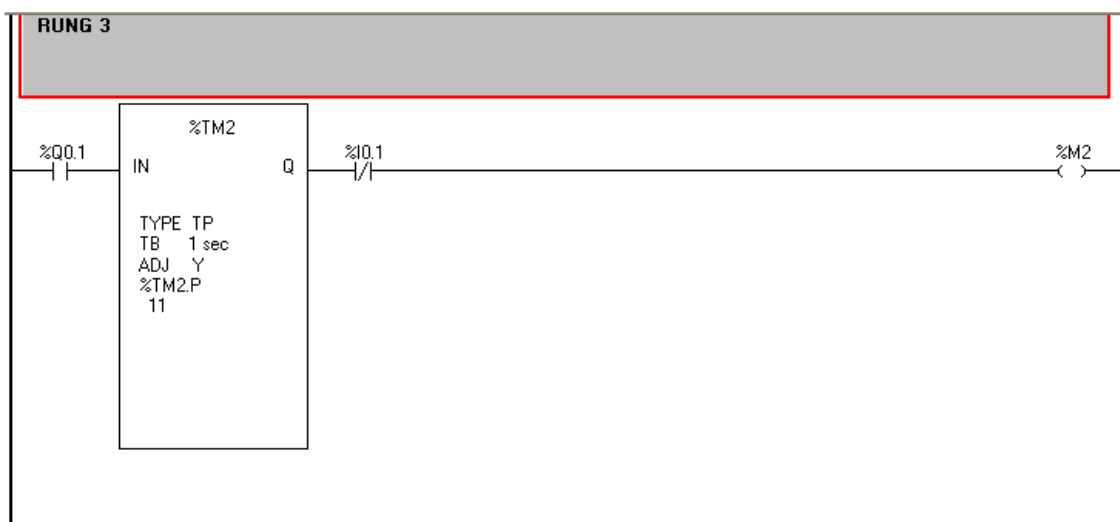


Figura 2.18 Línea de programación N° 4

descripción:

Contacto abierto %Q0.1: Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

Temporizador %TM2: Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM2.P). El contacto %Q0.0 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11

segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

Bobina auxiliar %M2: Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

#### Escalón 4

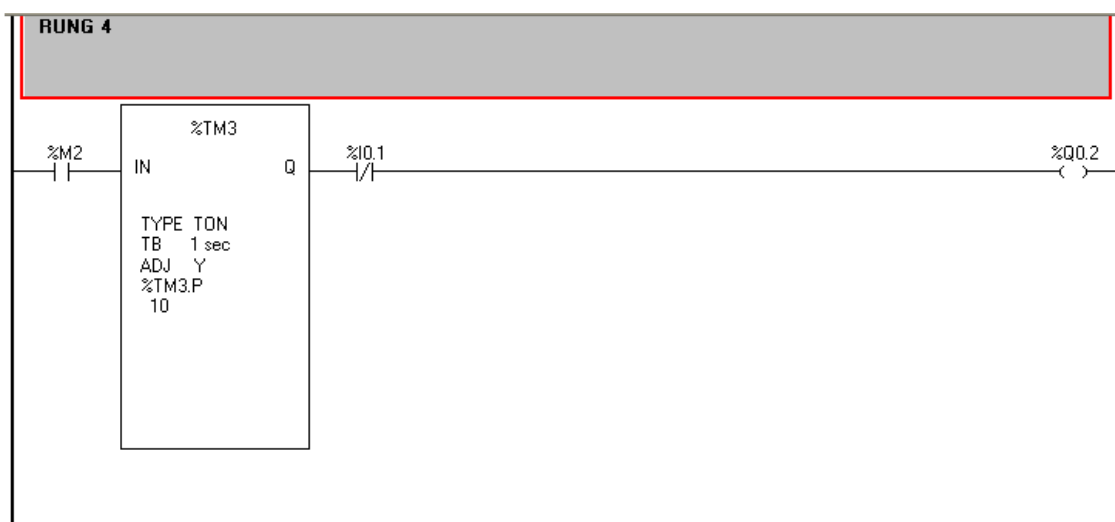


Figura 2.19 Línea de programación N° 5

descripción:

Contacto abierto %M2: Contacto de la bobina auxiliar %M2 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

Temporizador %TM0: Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM0.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.2 se cierra

durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

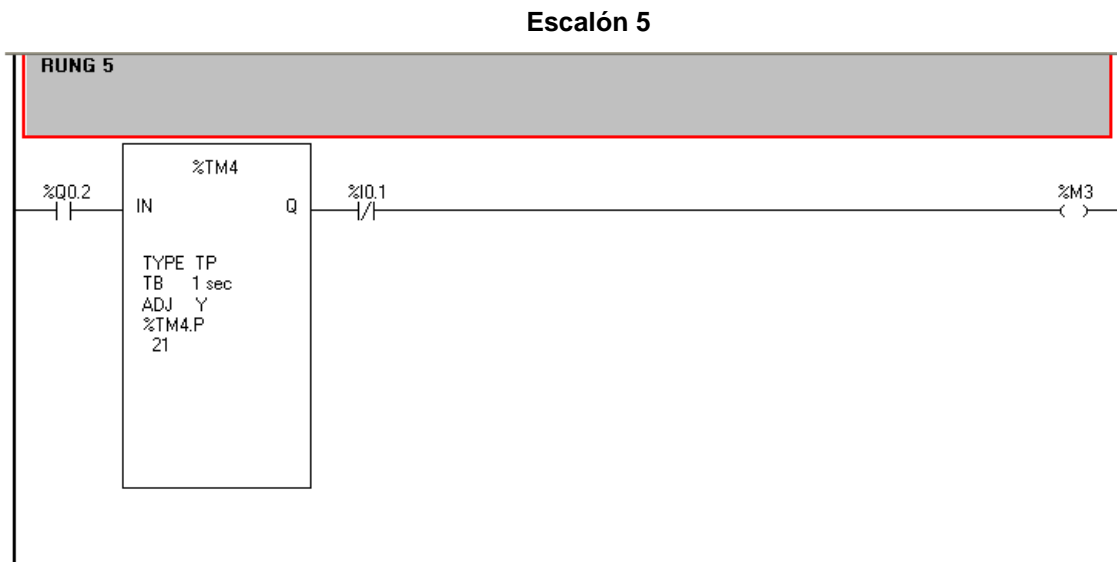


Figura 2.20 Línea de programación N° 6

descripción:

Contacto abierto %Q0.2: Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

Temporizador %TM4: Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 21 segundos (%TM4.P). El contacto %Q0.2 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 21 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

**Bobina auxiliar %M3:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

#### Escalón 6

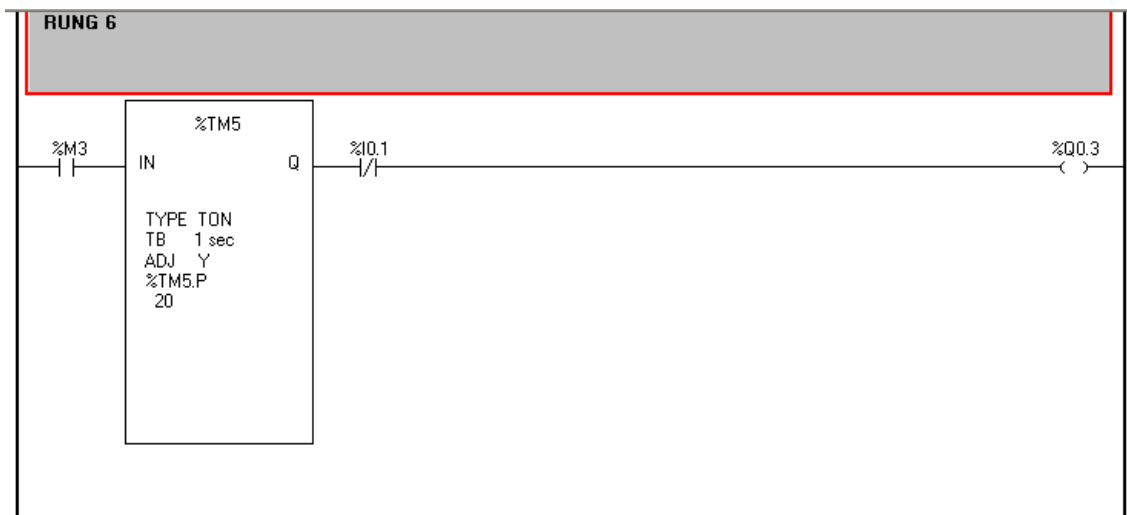


Figura 2.21 Línea de programación N° 7

descripción:

**Contacto abierto %M3:** Contacto de la bobina auxiliar %M3 que permanece cerrado por un tiempo de 21 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM5:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM5.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.3 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

## Escalón 7

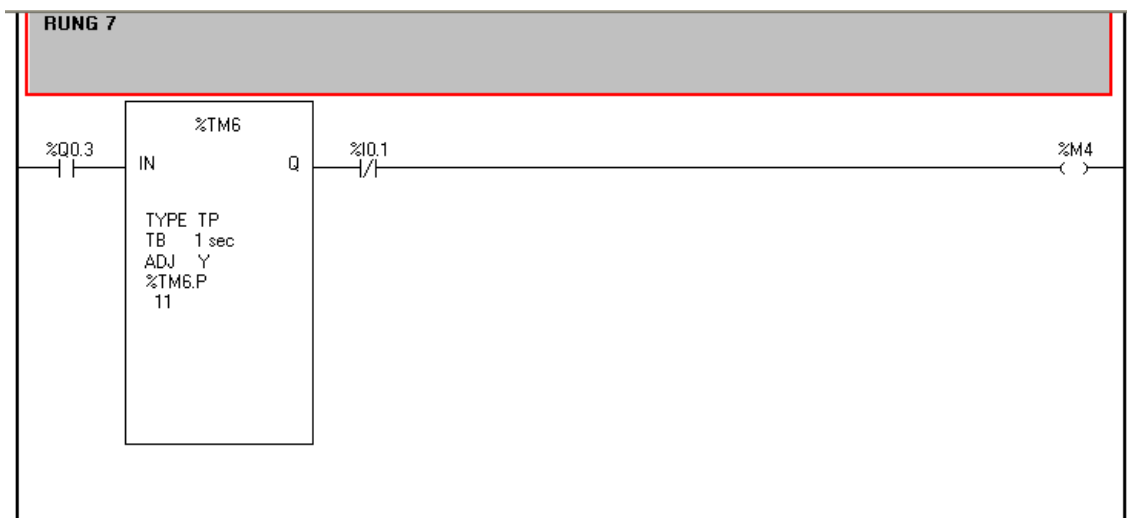


Figura 2.22 Línea de programación N° 8

descripción:

**Contacto abierto %Q0.3:** Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

**Temporizador %TM6:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM6.P). El contacto %Q0.3 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

**Bobina auxiliar %M4:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

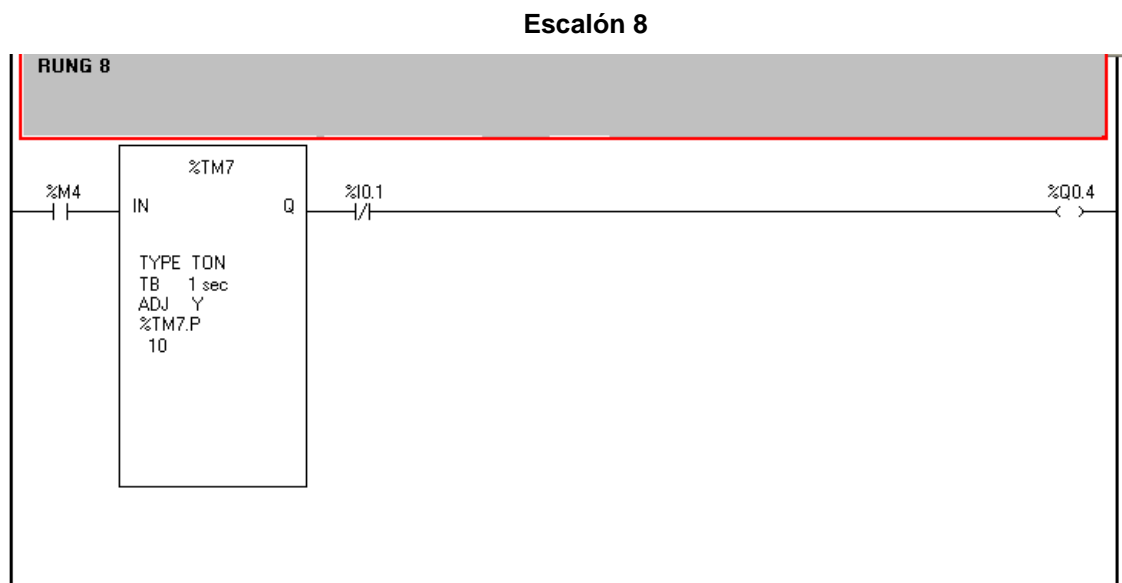


Figura 2.23 Línea de programación N° 9

descripción:

**Contacto abierto %M4:** Contacto de la bobina auxiliar %M4 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM7:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM7.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.4 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

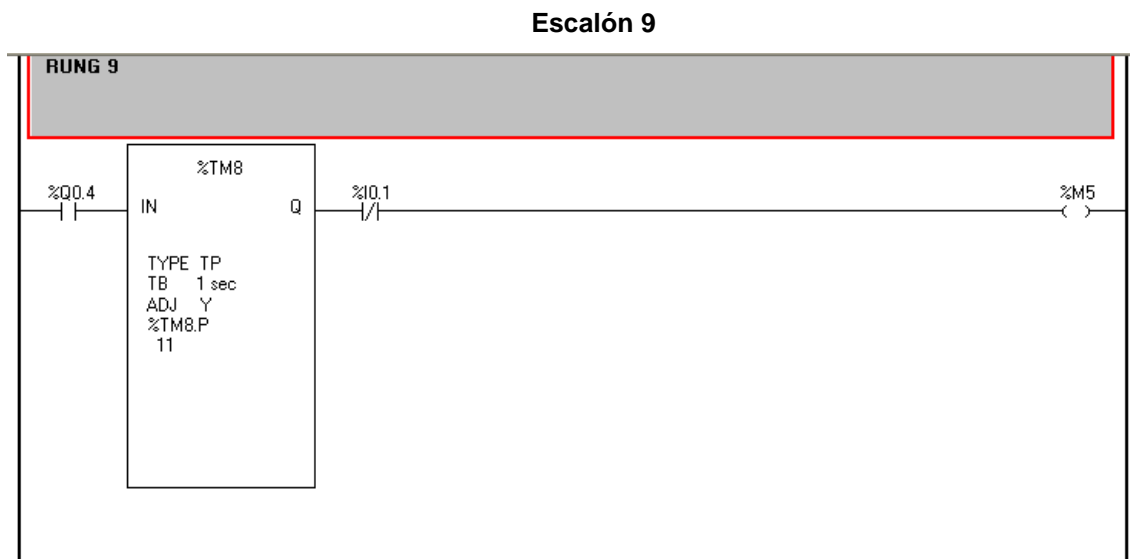


Figura 2.24 Línea de programación N° 10

descripción:

- Contacto abierto Q0.4:** Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.
- Temporizador %TM8:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM8.P). El contacto %Q0.4 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.
- Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.
- Bobina auxiliar %M5:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

## Escalón 10

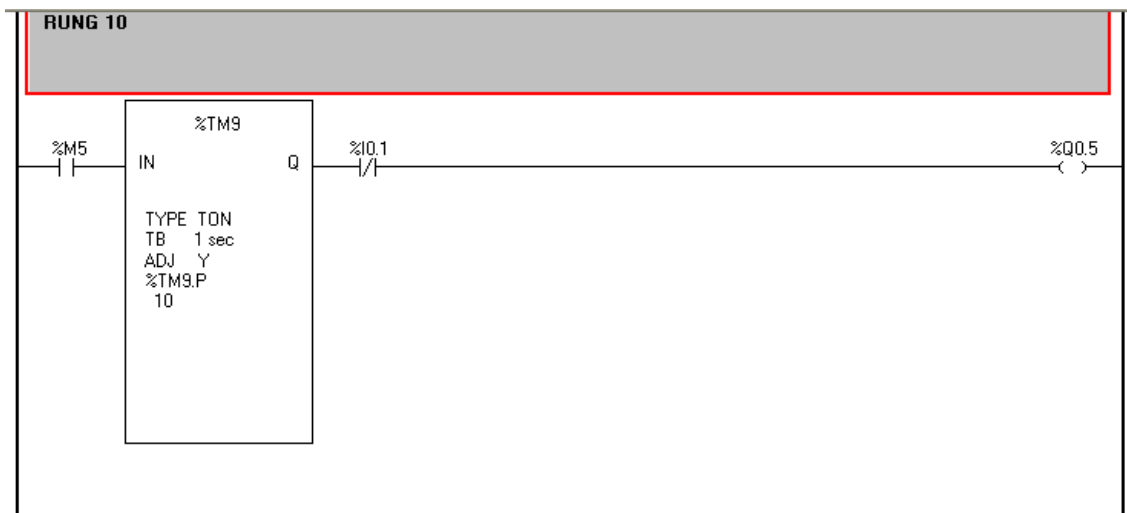


Figura 2.25 Línea de programación N° 11

descripción:

**Contacto abierto %M5:** Contacto de la bobina auxiliar %M5 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM9:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM0.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida %Q0.5 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.



## Escalón 11

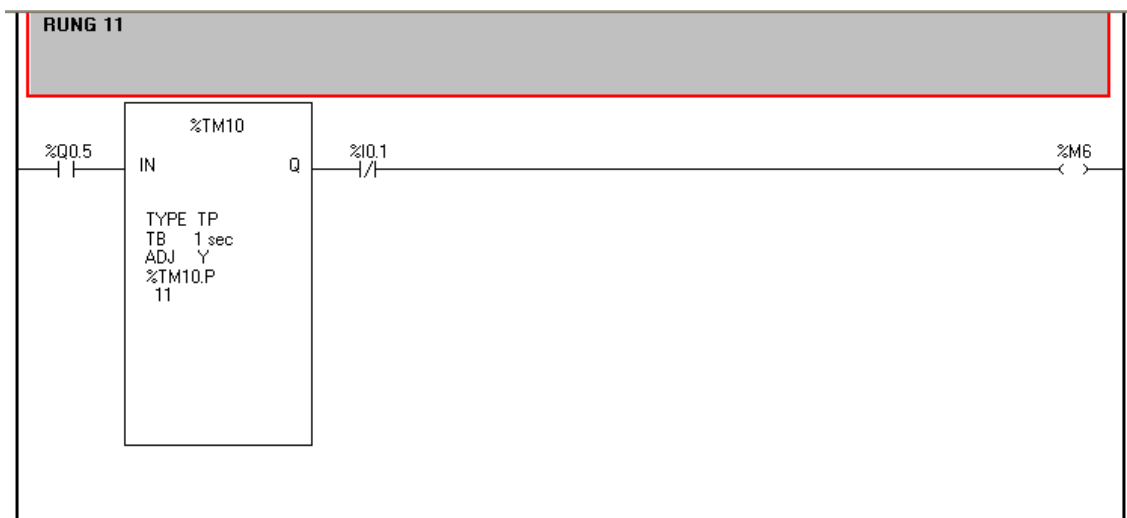


Figura 2.26 Línea de programación N° 12

descripción:

**Contacto abierto %Q0.5:** Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

**Temporizador %TM10:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM10.P). El contacto %Q0.5 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

**Bobina auxiliar %M6:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

## Escalón 12

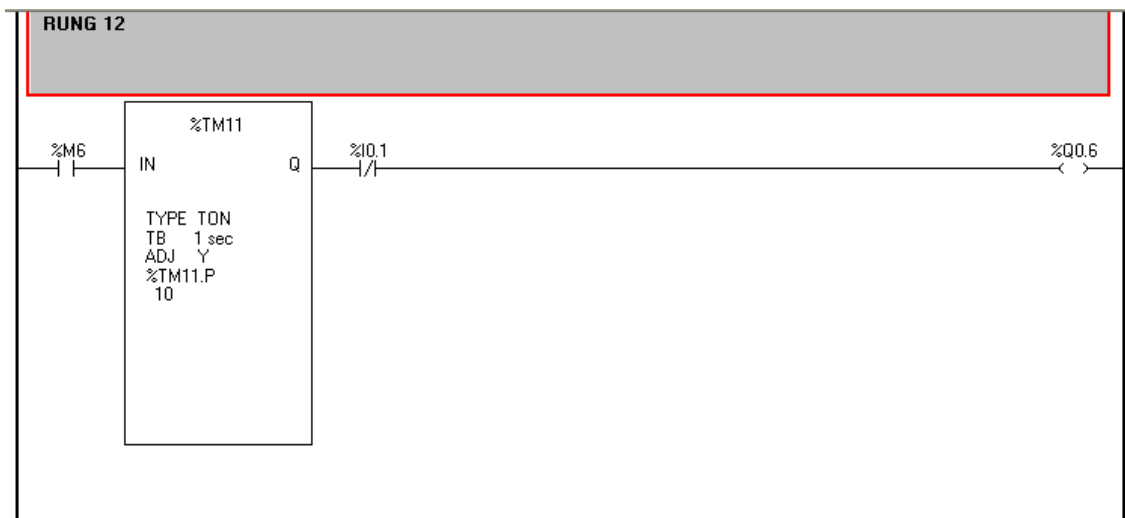


Figura 2.27 Línea de programación N° 13

descripción:

**Contacto abierto %M6:** Contacto de la bobina auxiliar %M6 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM11:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM11.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.6 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general

## Escalón 13

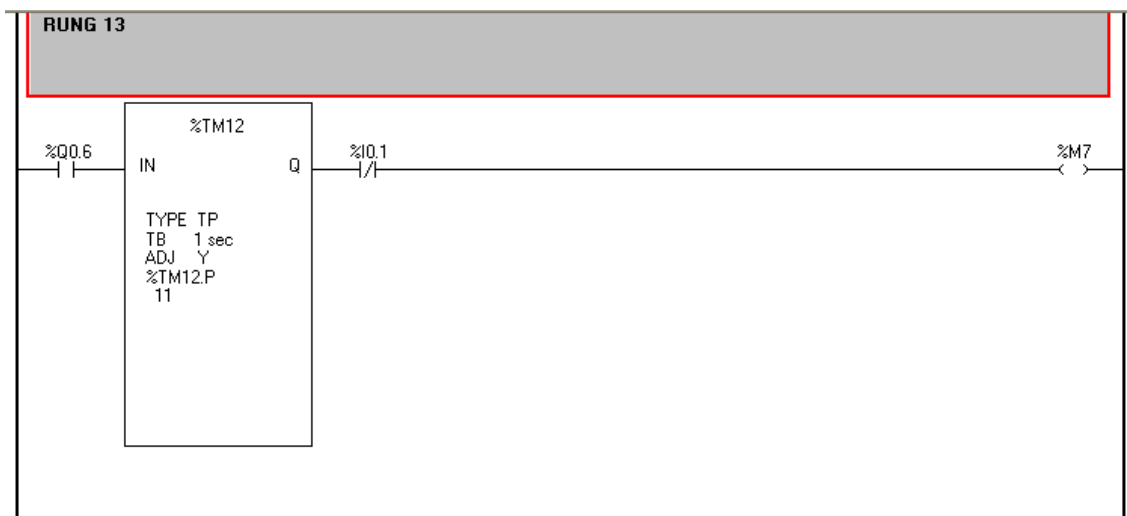


Figura 2.28 Línea de programación N° 14

descripción:

Contacto abierto %Q0.6: Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

Temporizador %TM12: Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM12.P). El contacto %Q0.6 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

Bobina auxiliar %M7: Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

## Escalón 14

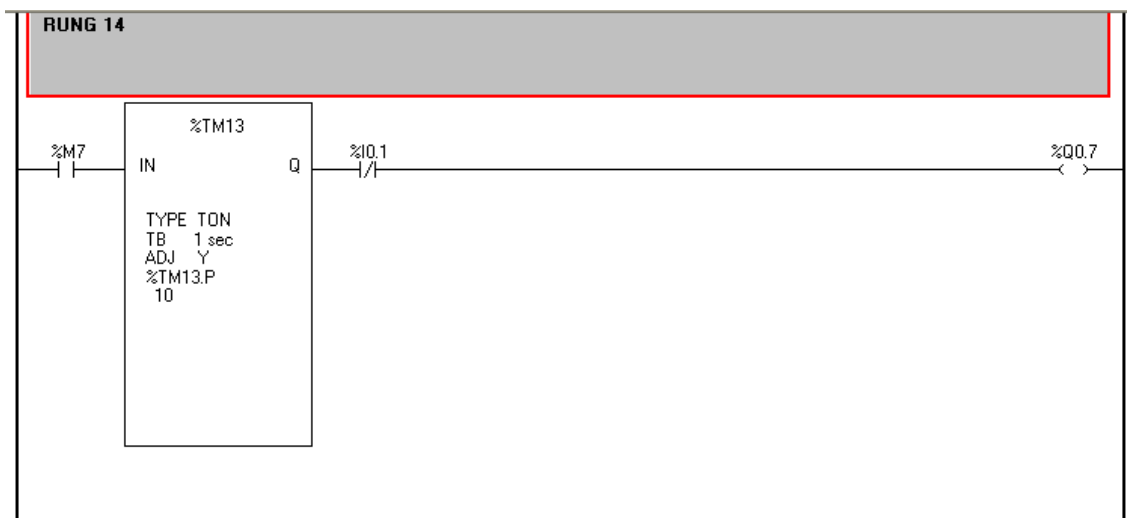


Figura 2.29 Línea de programación N° 15

descripción:

**Contacto abierto %M7:** Contacto de la bobina auxiliar %M7 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM13:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM0.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.7 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general

## Escalón 15

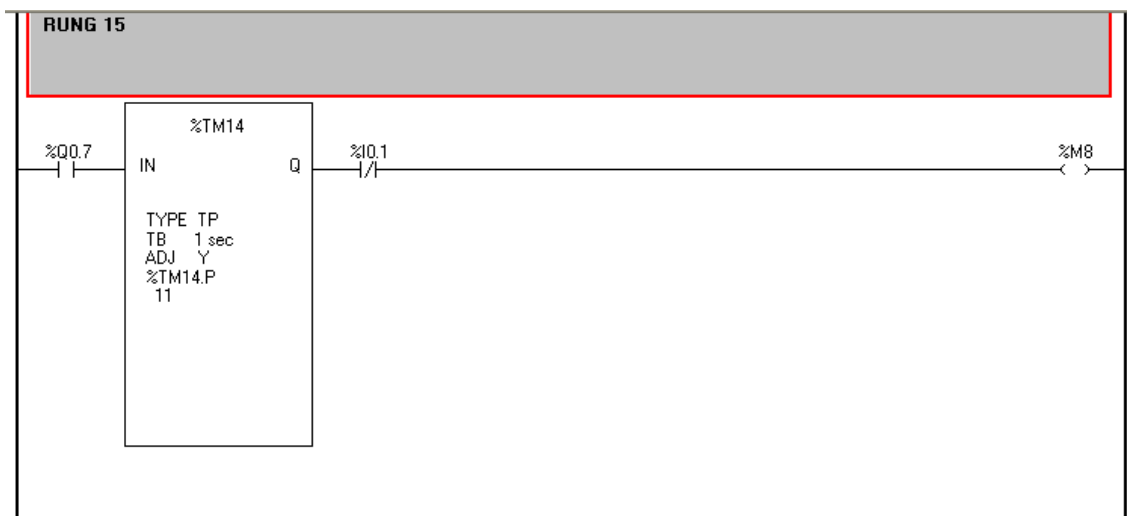


Figura 2.30 Línea de programación N° 16

descripción:

**Contacto abierto %Q0.7:** Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

**Temporizador %TM14:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 11 segundos (%TM14.P). El contacto %Q0.7 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 11 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

**Bobina auxiliar %M8:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

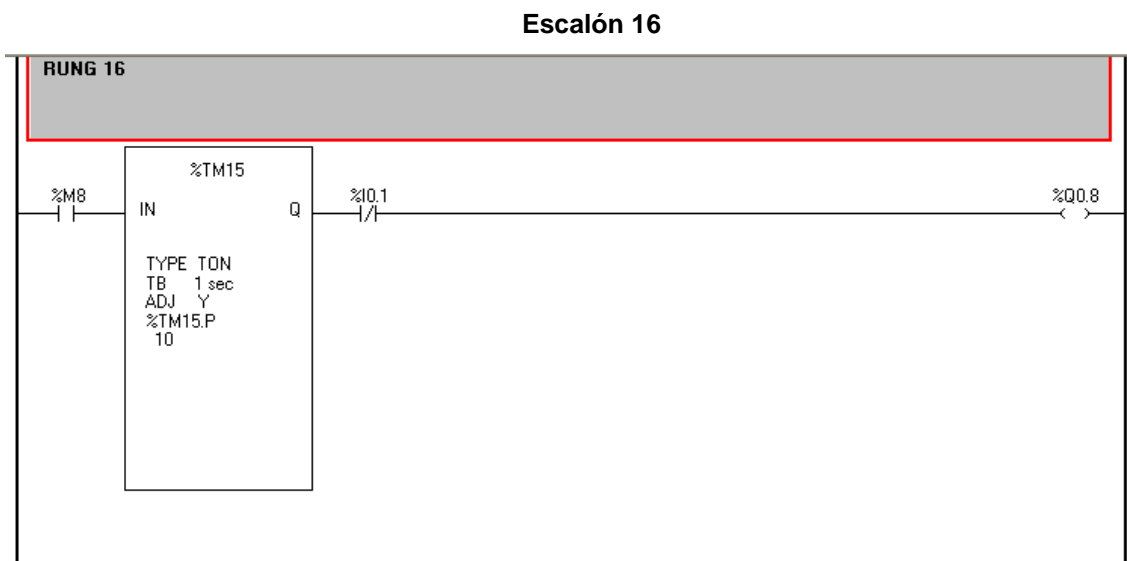


Figura 2.31 Línea de programación N° 17

descripción:

**Contacto abierto %M8:** Contacto de la bobina auxiliar %M8 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM15:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 10 segundos (%TM0.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.8 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general

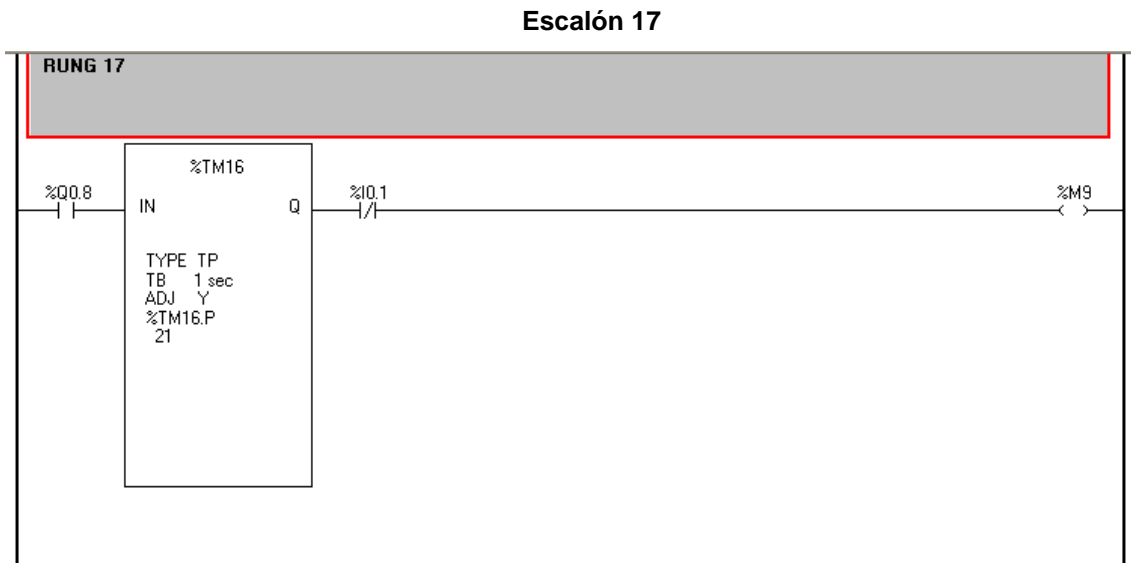


Figura 2.32 Línea de programación N° 18

descripción:

**Contacto abierto %Q0.8:** Contacto de la bobina principal que acciona un temporizador de pulsos.

**Temporizador %TM16:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 21 segundos (%TM16.P). El contacto %Q0.8 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 21 segundos para excitar al siguiente temporizador TON.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

**Bobina auxiliar %M9:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que

mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

### Escalón 18

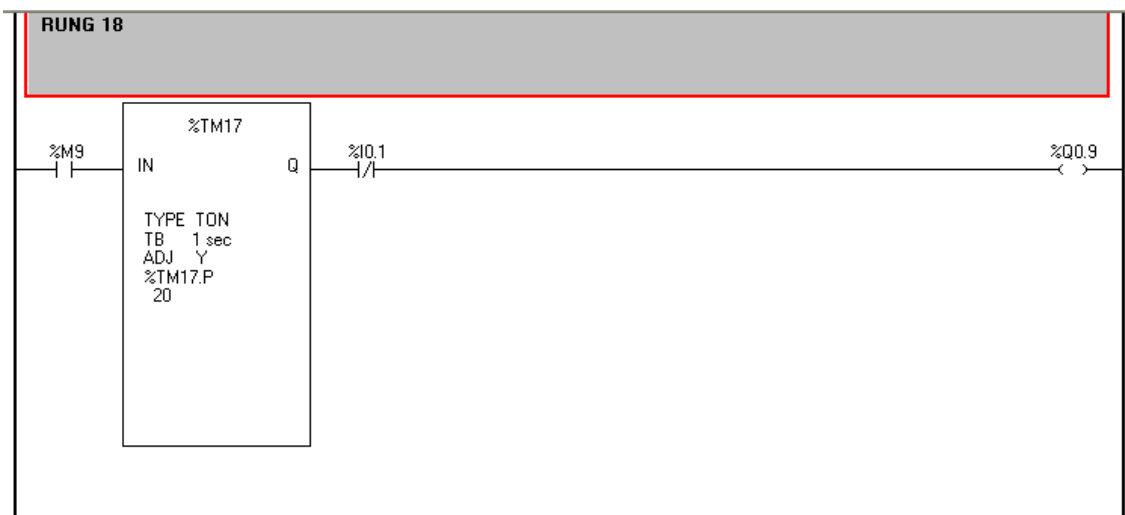


Figura 2.33 Línea de programación N° 19

descripción:

**Contacto abierto %M9:** Contacto de la bobina auxiliar %M9 que permanece cerrado por un tiempo de 11 segundos para excitar a un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM17:** Tipo On-Delay (TYPE TON), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 20 segundos (%TM17.P), la salida actúa durante un segundo, es decir la salida Q0.9 se cierra durante un segundo, para simular el pulso de arranque del último motor.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general



## Escalón 19

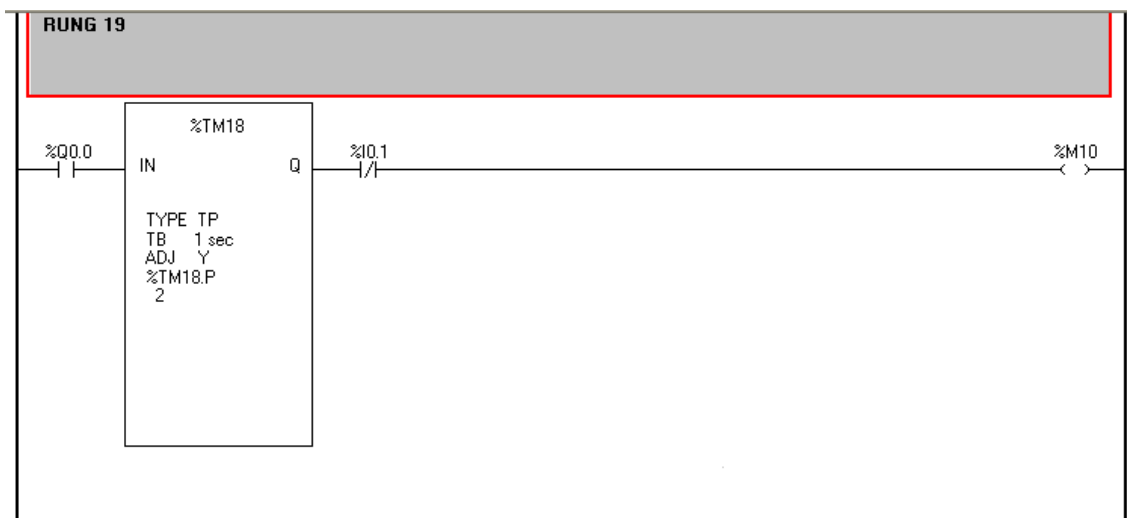


Figura 2.34 Línea de programación N° 20

descripción:

Condición para cumplir una sola secuencia por pulso de inicio

**Contacto abierto %Q0.0:** Contacto de la bobina principal %Q0.0 que acciona un temporizador de pulsos.

**Temporizador %TM18:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 2 segundos (%TM18.P). El contacto %Q0.0 da un pulso de accionamiento al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 2 segundos para excitar a una bobina auxiliar %M10.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

**Bobina auxiliar %M10:** Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que

mediante su contacto abierto accione al siguiente temporizador.

### Escalón 20

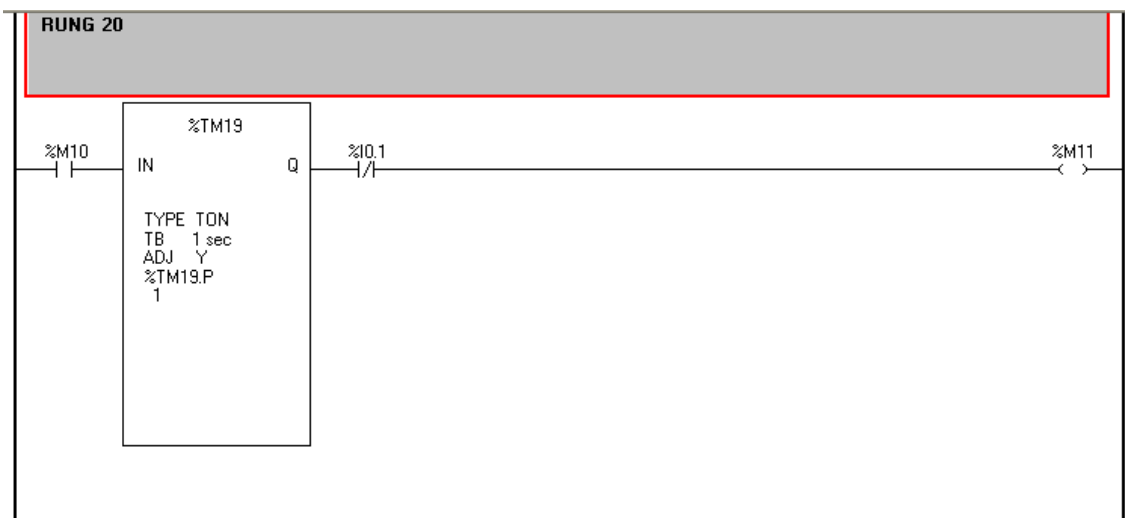


Figura 2.35 Línea de programación N° 21

descripción:

Condición para cumplir una sola secuencia por pulso de inicio

**Contacto abierto %M10:** Contacto de la bobina auxiliar %M10 que acciona un temporizador On-Delay.

**Temporizador %TM19:** Tipo pulsos (TYPE TP), base de tiempo de un segundo (TB 1sec), el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación (ADJ Y), tiempo de calibración 1 segundo (%TM19.P). El contacto %M10 da un excita al temporizador, la salida (Q) del temporizador se activa durante 1 segundos para excitar a una bobina auxiliar %M11.

**Contacto cerrado %I0.1:** Entrada del PLC, paro general.

Bobina auxiliar %M9: Ya que el temporizador no tiene una salida directa, se utiliza una bobina auxiliar para que mediante su contacto abierto accione al siguiente circuito.

#### Escalón 21

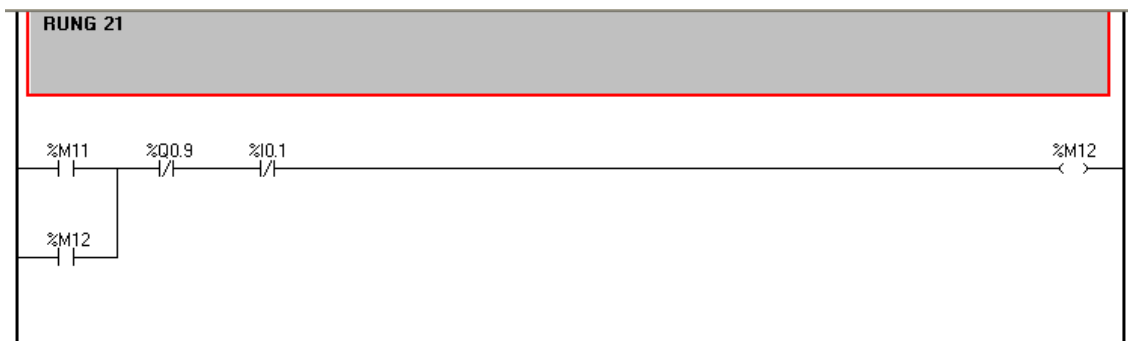


Figura 2.36 Línea de programación N° 22

descripción:

Condición para cumplir una sola secuencia por pulso de inicio, un contacto cerrado de %M12 en serie con %I0.0, que es el pulso de inicio, se abre, se vuelve a cerrar al momento de terminar la secuencia, con lo que esta listo para iniciar una nueva secuencia.

Contacto abierto %M11: Contacto de la bobina auxiliar %M11 encargada de accionar la bobina condicionante %M12.

Contacto %M12: Memoria de la bobina %M12.

Contacto cerrado %I0.1: Entrada del PLC, paro general.

Bobina auxiliar %M12: Bobina que condiciona el circuito a una secuencia por pulso.

Contacto cerrado %Q0.9: Condiciona a iniciar una nueva secuencia de arranque únicamente cuando la última salida ha actuado.

La programación en forma continua realizada en TwidoSoft se puede ver en la sección Anexo E.

## **CAPITULO III**

### **MONTAJE E INSTALACION ELECTRICA**

#### **3.1. INTRODUCCION**

Es conveniente aclarar que el montaje del circuito diseñado en el Capítulo II, sección 2.1.4., se realizó de acuerdo a normas de la empresa, es decir, el tipo de elementos utilizados y el fabricante de los mismos, así como también la ubicación de nuevo cableado en el tablero de control.

Diseñado ya el circuito de control, que se detalla en la sección Anexo A, láminas Nº 5, 6 y 7, se procede a implementarlo físicamente, para ello, se sigue los siguientes pasos:

- Selección de materiales necesarios.
- Modificación física del tablero de control original.
- Modificación en el circuito eléctrico original.

#### **3.2. MATERIALES**

Basándose en los requerimientos funcionales que debe cumplir el circuito, el sistema de aire acondicionado se activa en forma automática o manual individualmente para cada motor, en general, se requiere como elementos principales: selectores, pulsantes, reles de control y PLC (controlador lógico programable). A continuación se detallan las características de cada uno de ellos:

##### **3.2.1. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)**

Se selecciona un controlador Twido 24DRF, que se observa en la figura 3.1, debido a que éste cuenta con diez salidas por rele y catorce entradas, las demás características las tiene la tabla 3.1. En este caso el número de salidas es el que interesa, como se detalla en la sección 3.2.1.1.



Figura 3.1 Controlador Lógico Programable

Fabricante	Telemecanique
Modelo	Twido 24DRF

<b>Características en las entradas</b>	
Número de canales de entrada	14
Voltaje de aplicación a las entradas	24VDC
Comunes	1
Rango de voltaje	20.4 - 28.8 VDC
Rango de corriente	11mA
Impedancia de entrada	2.1kΩ
<b>Características en las salidas</b>	
Número de canales	10
Corrientes	2A por canal
Comunes:	4
Común 0	4 Contactos NA
Común 1	4 Contactos NA
Común 2	1 Contacto NA
Común 3	1 Contacto NA

Tabla 3.1 Características del controlador lógico programable (PLC)

Más detalles técnicos acerca del controlador compacto Twido 24DRF, se detallan en la sección Anexo F.

### 3.2.1.1. Distribución de las salidas del controlador

Este controlador cuenta con 10 salidas, las cuales son suficientes para el arranque de los 14 motores, 8 son directamente activados en forma secuencial, mientras que los restantes 6 son accionados por medio de dos reles de control auxiliares, de 3 contactos abiertos cada uno, éstos dos reles son excitados por medio de las dos restantes salidas del controlador, ésta explicación se puede ver gráficamente en la figura 3.2, en donde se muestran las salidas del PLC.

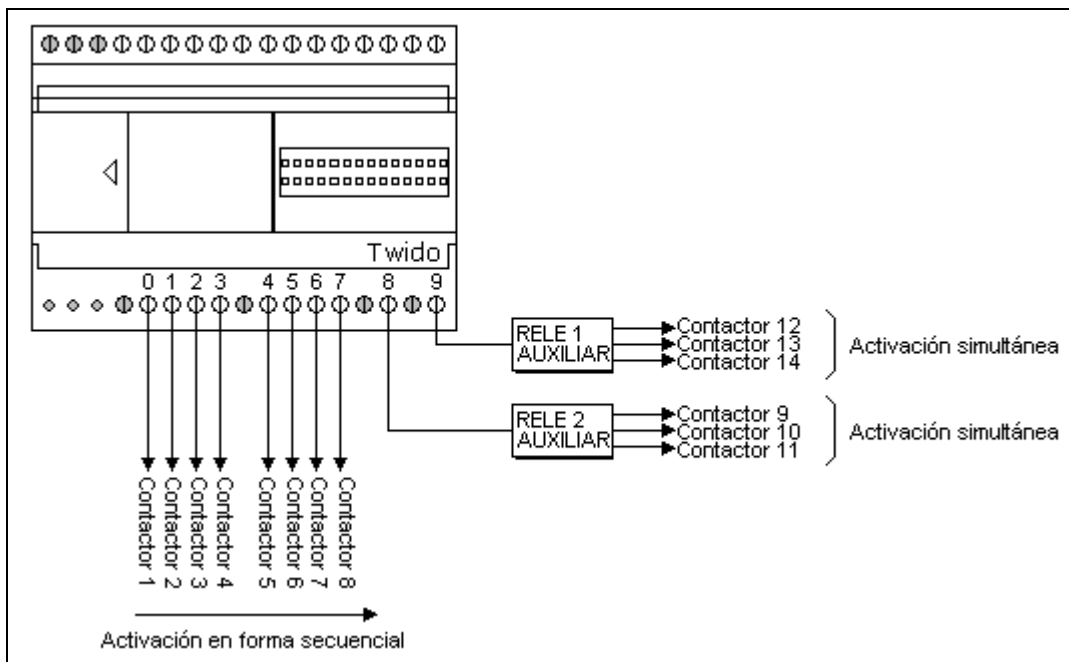


Figura 3.2 Distribución de las salidas del Controlador Lógico Programable

### 3.2.2. SELECTORES

Para dar la flexibilidad al sistema de operación manual o automática se utiliza selectores de dos posiciones, como el de la figura 3.3, cuyas características son las de la tabla 3.2:

Fabricante	Telemecanique
Modelo	XB4-BD21

<b>Características</b>	
Número de posiciones	2 fijas
Tipo	Maneta corta
Contactos	1NA
Diámetro	22mm

Tabla 3.2 Características del selector



Figura 3.3 Selector de dos posiciones

Se necesita además bloques de contactos normalmente cerrados, mostrados en la figura 3.4, como complemento a los selectores, sus características están indicadas en la tabla 3.3.



Figura 3.4 Bloque de contactos auxiliares

Fabricante	Telemecanique
Modelo	ZBE-102

<b>Características</b>	
Contactos	1NC

Tabla 3.3 Características de los contactos auxiliares

### 3.2.3. PULSADORES

Para el encendido automático y paro general del sistema, se tiene: Pulsante de marcha, para el accionamiento de la secuencia de encendido, figura 3.5, las características de éste elemento son los de la tabla 3.4.



Figura 3.5 Pulsante de marcha

Fabricante	Telemecanique
Modelo	XB4-BA31

<b>Características</b>	
Tipo	Rasante Simple
Color	Verde
Contactos	1NA
Diámetro	22mm

Tabla 3.4 Características del pulsante de marcha

Pulsante de paro, figura 3.6, para detener todo el sistema en cualquier momento.



Figura 3.6 Pulsante de paro

Fabricante	Telemecanique
Modelo	XB4-BA42

<b>Características</b>	
Tipo	Rasante Simple
Color	Rojo
Contactos	1NC
Diámetro	22mm

Tabla 3.5 Características del pulsante de paro

#### 3.2.4. RELES AUXILIARES DE CONTROL

Las características de los reles utilizados son las de la tabla 3.6.

<b>Características</b>	
Marca	Camsco
Contactos	3NA, 3NC
Bobina	110VAC
Cos $\varphi$	0,4

Tabla 3.6 Características del rele de control

#### 3.2.5. ELEMENTOS ADICIONALES

También se ha utilizado como protección para el controlador un porta-fusibles. El fusible recomendado por el fabricante para este tipo de instalación es de dos amperios. Por último es necesario borneras, que, así como el porta-fusibles son compatibles para riel DIN.



En resumen, los materiales principales necesarios para la instalación, así como la cantidad de cada uno de ellos se detallan en la tabla 3.7.

<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Código</b>
1	PLC	Twido 24DRF
14	Selectores	XB4-BD21
14	Contactos cerrados	ZBE-102
1	Pulsante de marcha	XB4-BA31
1	Pulsante de paro	XB4-BA42
1	Contacto abierto	ZBE-101
2	Reles de control	-----
35	Borneras	-----
1	Porta-fusible	-----
50 cm	Rail DIN	-----
1	Fusible 2A	-----

Tabla 3.7 Elementos necesarios para la instalación eléctrica

### 3.3. INSTALACIONES FISICAS

En cuanto a instalaciones físicas, y de acuerdo a las disposiciones del personal encargado del área, el sistema automático a instalarse se colocaría en una nueva caja de control junto al tablero principal, con la finalidad de no cambiar el aspecto físico del armario original mostrado en la figura 3.7.



Figura 3.7 Armario de control del encendido del sistema de aire acondicionado, antes de las modificaciones.

Sin embargo la instalación del PLC debía hacerse en el armario principal, lo que conlleva transportar el cableado de alguna manera hacia la nueva caja de control que está junto al armario y contiene los selectores.

Para ello en la parte superior derecha del armario, como se ve en la figura 3.8, se colocan tubos conduit de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, los cuales llevan el cableado hacia la caja de control.



Figura 3.8 Instalación de tubería para el transporte de nuevas conexiones

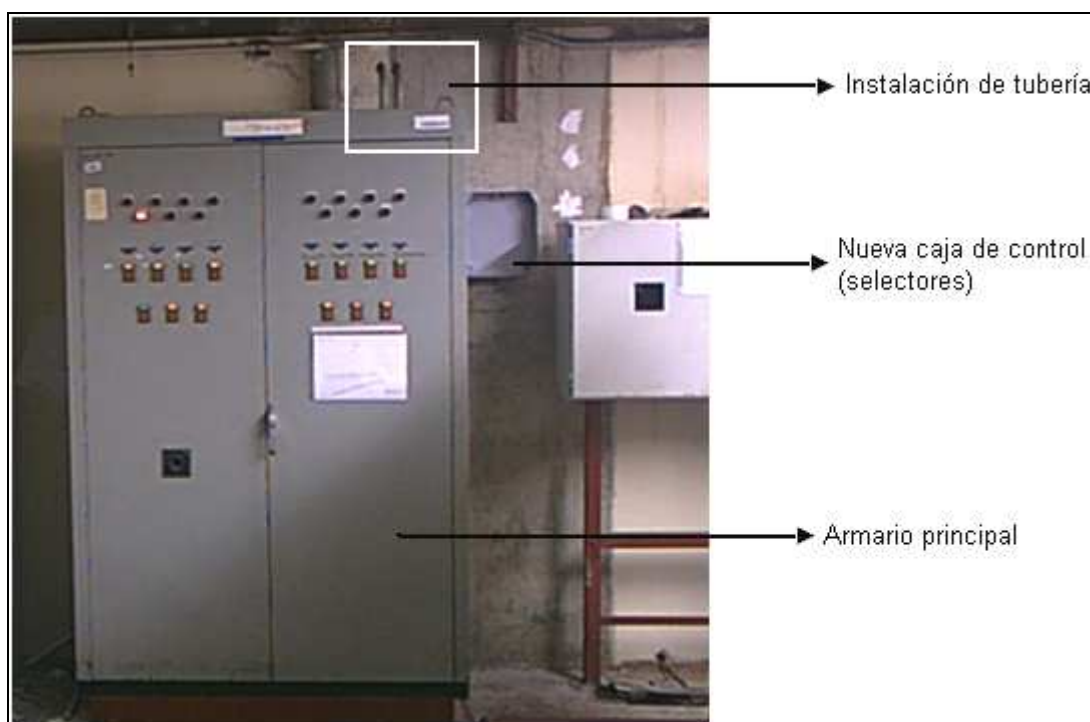


Figura 3.9 Modificaciones físicas exteriores en el tablero de control

En lo referente al interior del tablero de control, mostrado en la figura 3.10, hubo la necesidad de colocar nuevas canaletas de 10 x 5 cm. como la de la figura 3.11, ya que las existentes se encontraban en mal estado, además se instala una riel de 20 cm para el montaje del Controlador, así como también, para los reles de control auxiliares y nuevas borneras.

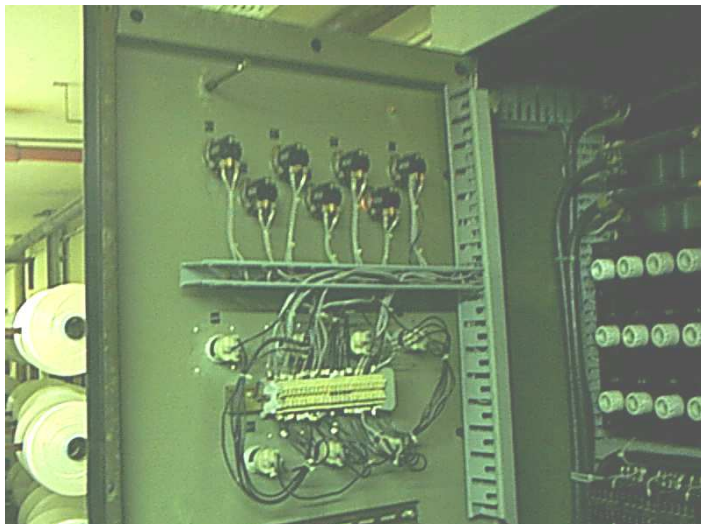


Figura 3.10 Conexiones eléctricas originales en el interior del armario de control



Figura 3.11 Modelo de canaleta instalada en el tablero de control

### **3.4. INSTALACIONES ELECTRICAS**

Como ya se ha identificado el funcionamiento del circuito de control, como lo describe el Capítulo II, sección 2.1.2, ahora se necesita modificarlo de tal manera que el encendido de los motores sea comandado por el Controlador Lógico Programable, para ello se modifica el circuito eléctrico como lo indica la figura 3.12., en donde se muestra, como ejemplo, el circuito a rediseñarse para el primer contactor correspondiente al motor del Inyector del Sistema 2 del área de Estirado de la planta.

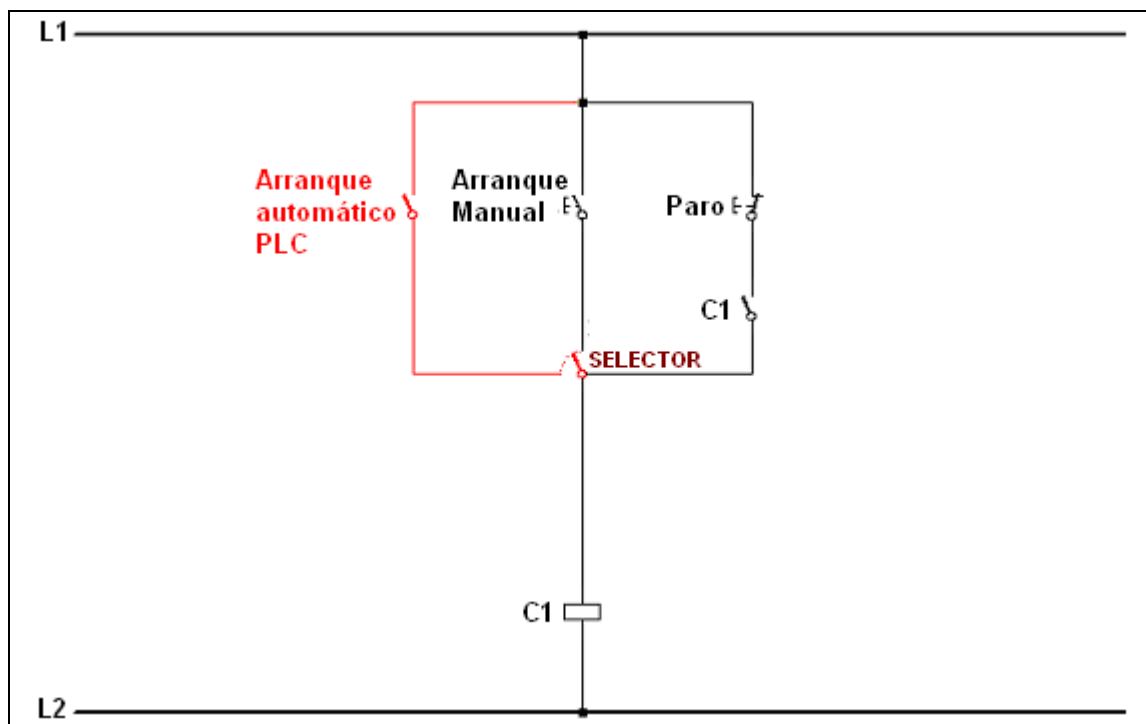


Figura 3.12 Modificación en el circuito eléctrico original para ocho de los motores eléctricos

En la figura 3.12 se puede ver que el elemento principal es un selector el cual determina si el motor se encenderá en forma manual o automática, cuando está en la posición manual el circuito actúa en forma idéntica a como ha venido funcionando, es decir con los pulsadores que se encuentran en el armario original, en la posición automática se deshabilita el pulsador de marcha del tablero original y en su lugar actúa una de las salidas por relé del PLC.

Es importante resaltar que el pulsante de paro de cada motor en el tablero original no se deshabilita cuando selector está en la posición automática.

Para los seis motores restantes, ver figura 3.13, se han utilizado las dos últimas salidas del Controlador Lógico Programable para accionar a dos relés de control auxiliares, cada relé activa a tres motores, con lo cual queda completa la secuencia de encendido. Estos dos grupos de tres motores se accionan en conjunto, uno a la vez, debido a que la potencia de los mismos son bajas en relación a los motores que se prenden en forma individual.

Nótese además que la configuración del nuevo circuito que muestran las dos ilustraciones 3.12 y 3.13, permiten que la memoria del contactor no se pierda a menos que se accione el pulsante de paro individual de cada motor.

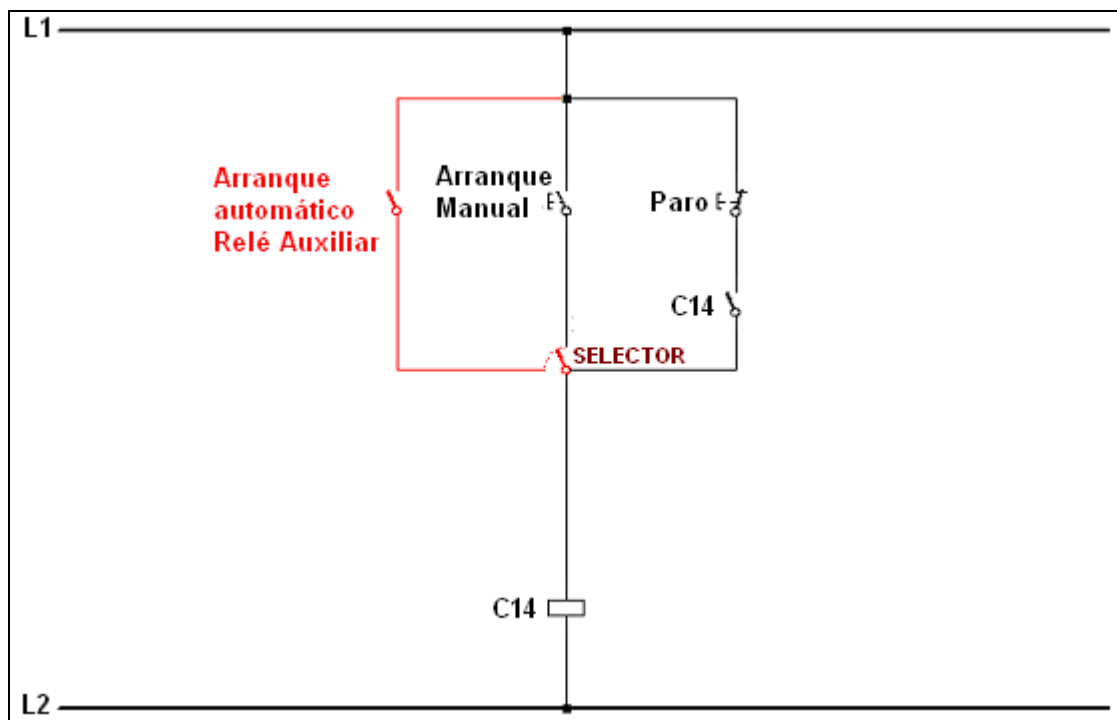


Figura 3.13 Modificación en el circuito eléctrico original para los seis motores eléctricos restantes

Los circuitos de las figuras 3.12 y 3.13 se repiten en forma idéntica para los catorce motores que forman el sistema de Aire Acondicionado.

En la parte de Anexo A, láminas N° 8 a N° 13, se pueden observar éstos cambios con su respectiva nomenclatura.

### 3.4.1. CONEXIONADO ELECTRICO

En la figura 3.14 se puede observar el montaje definitivo de los elementos antes mencionados, correspondientes a los ubicados en el interior del armario original de control de encendido de los motores eléctricos del sistema.

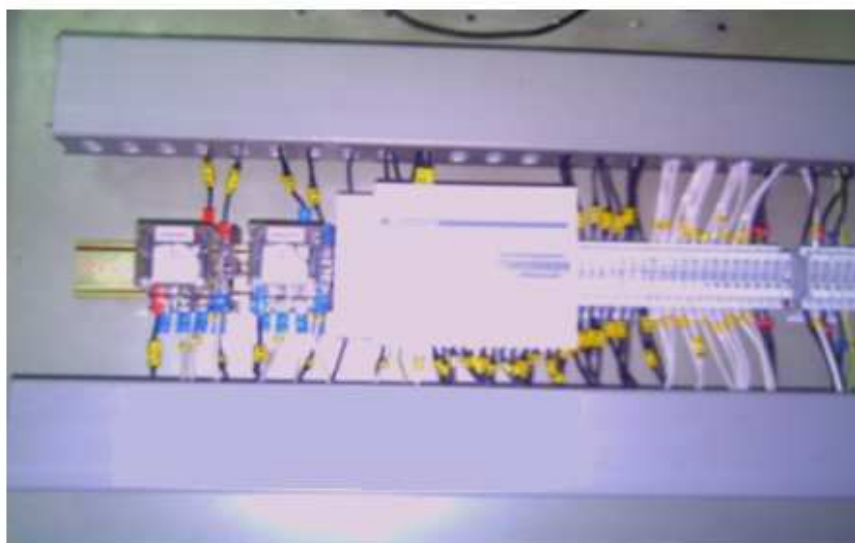


Figura 3.14 Montaje de nuevos elementos eléctricos en el interior del armario

El pulsante de marcha, paro general y los catorce selectores se ubicaron en la nueva caja de control ubicada a un costado del armario, como lo muestra la figura 3.15.

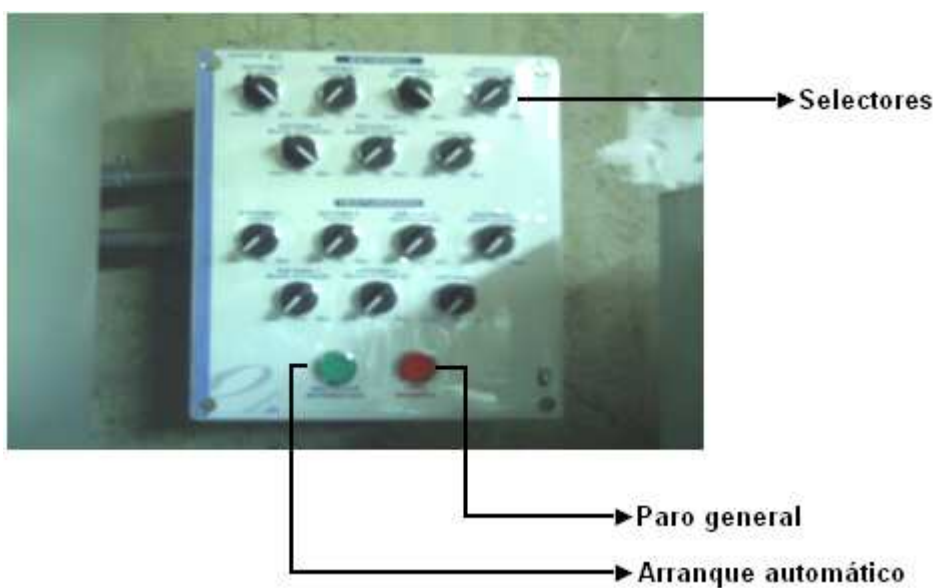


Figura 3.15 Nuevo tablero de control

El diagrama de conexionado de estos nuevos elementos se describe con la nomenclatura nueva y original, en la sección de Anexo C, tabla A.1 y lámina N° 18.

## **CAPITULO IV**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **4.1. INTRODUCCION**

El sistema de aire acondicionado en las áreas de Estirado y Texturizado de la planta permanece encendido las 24 horas del día, ya que de éste depende mantener las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el proceso de producción.

Las fibras sintéticas producidas por esta empresa, al ser un material plástico, a lo largo de su proceso de fabricación, deben mantener una temperatura de tal manera que ésta no sea excesiva ni tampoco pobre, debido a que la fibra se puede expandir o contraer y por lo tanto dañar su característica de tensión.

El porcentaje de humedad en el interior de las instalaciones también se controla con el sistema de aire acondicionado, la humedad no solo influye en el producto sino también en la comodidad del personal que labora en éstas áreas, además, la diferente maquinaria podría tener una oxidación anormal si la humedad se encuentra en cantidades no adecuadas.

Solamente el sistema de acondicionamiento de aire se detiene en caso de cortes de energía eléctrica, para esta situación, la empresa cuenta con generadores de electricidad. Existen las denominadas zonas críticas, es decir, aquellas áreas de producción que no pueden parar en caso de corte de energía, la zona crítica del proceso es la Hilatura, descrita en el Capítulo I, sección 1.2.1., la cual está respaldada por un UPS, para que la misma nunca se detenga.

Inmediatamente después del proceso de Hilatura, la prioridad de reestablecer el fluido eléctrico, en caso de corte de energía, se encuentra en los sistemas de aire

acondicionado en las áreas de Texturizado, Estirado y Retorcido, por razones ya detalladas.

Como se puede ver en la sección Anexo D, gráficas A1 a A14, el arranque de los motores eléctricos del sistema, alcanza corrientes muy elevadas, por lo que cada arranque representa un aumento de costo en la tarifa eléctrica de la empresa.

## **4.2. PRUEBAS EN EL SISTEMA IMPLEMENTADO**

Como es lógico, por las razones expuestas en la sección 4.1., el sistema de arranque automático implementado NO puede ser puesto a prueba en cualquier momento, principalmente por costos de energía eléctrica.

Sin embargo, el sistema de arranque automático implementado y descrito en el presente trabajo, ha venido funcionando correctamente desde el mes de noviembre del año 2006, cuando fue terminado, así lo asegura el personal encargado de mantenimiento eléctrico. Para comprobarlo se ha utilizado un sistema de simulación de arranque del sistema mediante software.

### **4.2.1. SIMULACION DEL SISTEMA IMPLEMENTADO**

Como se ha explicado con anterioridad en la sección 4.1., las pruebas no se pueden hacer en las instalaciones reales, lo que interesa es que el arranque automático garantice que los picos de corriente no se sumen entre sí, para ello se ha utilizado otro Controlador de las mismas características del instalado en la empresa, se ha cargado la misma programación en este Controlador, descrita en la sección Anexo E, con el objetivo de observar los tiempos de accionamiento entre una y otra salida del controlador lógico programable, ya que estas son las encargadas de encender a los motores.

Mediante la conexión de un computador personal y el controlador lógico programable, es posible visualizar tanto en el monitor de la PC como en el propio



controlador el accionamiento secuencial de las salidas del PLC, esto se ilustra de mejor manera en la figura 4.1.



Figura 4.1 Simulación del proceso mediante una PC

El software utilizado para la visualización del programa es el del propio controlador, TwidoSoft, aprovechando que el mismo nos da la facilidad de observar el comportamiento del PLC en tiempo real. Para éste propósito se puede usar también cualquier software interfase entre hombre y máquina.

### **4.3. RESULTADOS**

Para determinar si los resultados son los esperados, se ha tomado como base teórica las mediciones de corriente de arranque medidas en cada uno de los motores eléctricos y el tiempo de accionamiento entre una y otra salida del controlador lógico programable, con el fin de compararlos entre sí y determinar si los picos de corriente de arranque efectivamente no se están sumando.

Con base en los tiempos de la gráfica 2.3 del Capítulo II, y comparándolas con las corrientes de arranque y los tiempos que estos emplean en llegar a su estabilidad o corriente nominal, como se puede ver en la sección Anexo D, gráficas A1 a A14,

se observa que los tiempos de accionamiento entre una y otra salida, son los adecuados para que las corrientes de arranque no se sumen entre ellas. La gráfica 4.2 ilustra el arranque para los tres primeros motores del sistema.

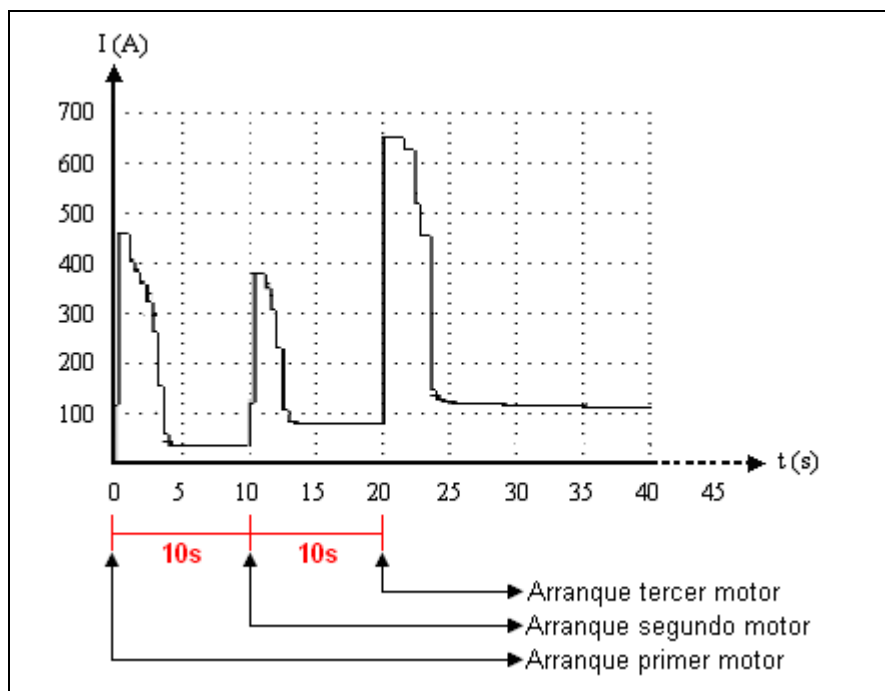


Figura 4.2 Arranque secuencial de motores

#### 4.3.1. PROBLEMAS CORREGIDOS

En forma general los problemas que se presentaban con el arranque manual son los siguientes:

- Accionamiento en forma desordenada de los motores eléctricos.
- Tiempos de accionamiento entre uno y otro motor no adecuados.
- Pérdida de tiempo de la persona encargada del encendido del sistema.

Se solía poner en marcha el sistema accionando motores al azar y con tiempos de entrada cualquiera, principalmente por el desconocimiento de pico de corriente de arranque de cada motor, además el instrumentista de turno debía permanecer en el tablero de control de encendido de aire acondicionado hasta accionar los catorce motores, tomando en cuenta que, al restablecerse la energía luego de un

corte, la misma persona es la encargada de volver a encender el resto de maquinaria.

Principalmente el problema se ve reflejado en el consumo de energía eléctrica, ya que, por ejemplo, al accionar dos motores de gran potencia con un tiempo demasiado corto, el pico de corriente de arranque se eleva considerablemente, como lo ilustra la figura 4.3.

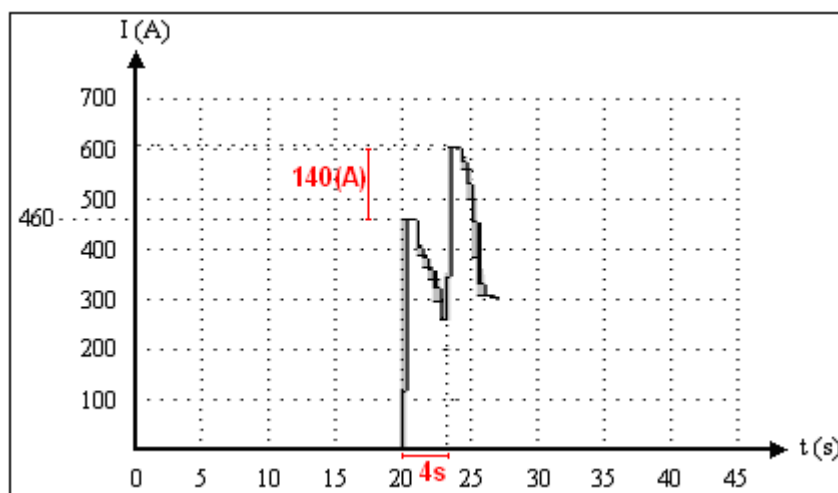


Figura 4.3 Corrientes de arranque inadecuadas en el sistema de aire acondicionado

En la figura 4.3 se muestra un ejemplo de arranque manual inadecuado para los dos primeros motores del conjunto, se observa que el pulso de arranque del segundo motor con respecto al primero es apenas de cuatro segundos, con lo que el pico de corriente se eleva a 600 amperios.

#### 4.4. CONCLUSIONES

- El tipo de construcción empleado para realizar el control automático del encendido del sistema de aire acondicionado, fue realizado de tal manera que pueda ser sometido a cambios e implementaciones para mejorar su rendimiento.

- El software utilizado para la programación del PLC dispone de herramientas que le convierten en un medio óptimo para realizar un control continuo del sistema, además se tiene accesorios físicos para cumplir con la misma tarea, con ellos se logra mantener la funcionalidad del PLC en cualquier situación.
- El presente trabajo está enfocado también como ayuda para aquellas personas que se relacionen con el tema y necesiten de la información que aquí se presenta, en particular sobre equipos eléctricos, ya que se tiene una información resumida y concreta acerca de los mismos.
- No solo la Escuela dispone del presente material, se ha dotado a la empresa Enkador de información útil para el estudio del proyecto, con el objetivo de que puedan examinarlo, mantenerlo o adaptarlo a otras áreas de la empresa que también dependen de un sistema de aire acondicionado.
- Es importante señalar, que, como ayuda al crecimiento profesional, el presente proyecto significó un gran aporte, debido a que se ha trasladado los conocimientos teóricos impartidos al campo laboral, conociendo de ésta manera los equipos eléctricos, herramientas, normas de seguridad industrial, etc., con lo que se logra dar un gran primer paso en la inserción laboral.
- La empresa Enkador, en su afán de lograr la excelencia para obtener productos competitivos con gran valor agregado dentro del mercado textil mundial, ha visto en la realización de proyectos tecnológicos por parte de estudiantes, un aporte para mejorar su calidad en automatización y control de sus procesos industriales; con esto, se tiene un beneficio mutuo, la empresa logra mantenerse como líder en la utilización de tecnología de última generación, mientras que el recurso humano se beneficia de la misma dándole una óptima utilización, con base en sus conocimientos

teórico prácticos que son puestos a disposición de la empresa para el desarrollo de las soluciones a los diversos problemas planteados.

#### **4.5. RECOMENDACIONES**

Se considera éste espacio no solamente para comentar temas acerca del presente trabajo, ya que es una oportunidad para hacer sugerencias de cambio a la Escuela de Formación de Tecnólogos y también, para respaldar ciertos sistemas que rigen la normativa de la Escuela.

- En cuanto al trabajo realizado, se ha observado ciertos criterios que pueden ser tomados en cuenta por parte del personal técnico encargado, para que pueda ser implementado en el futuro al sistema implementado que se ha descrito en la presente monografía, como por ejemplo, la planta se encuentra monitoreada en su proceso de producción, casi un su totalidad, por un sistema de supervisión y control SCADA con un interfase hombre máquina llamado In-Touch, el encendido de los motores eléctricos en forma automática diseñado para las áreas de Texturizado y Estirado puede ser agregado al sistema In-Touch, debido a que en la actualidad se cuenta con un Controlador Lógico Programable el cual puede indicar a este software que los motores se encuentran funcionando sin ningún problema o por el contrario alertar la falla de cualquiera de ellos.
  
- Además, el armario de control de encendido de los motores eléctricos para el sistema de aire acondicionado, se encuentra en una zona que es utilizada para el almacenamiento del producto final proveniente de la Hilatura, es decir, el mencionado armario es de difícil acceso y las luces piloto que indican que uno de los motores se ha detenido no son visibles por el personal que circula por el área ya que el producto almacenado no permite la visualización del tablero de control, tampoco se puede escuchar que un motor se ha detenido, que, como es lógico pensar es imposible, debido a la gran cantidad de maquinaria que existe en el área y que produce ruido , sin mencionar que las personas que aquí trabajan utilizan

protección auditiva. Se recomienda entonces la instalación de la denominada Baliza indicadora, que no es más que una luz de dimensiones grandes que sobresale del tablero de control y que puede ser visible con facilidad ya que tiene una característica que llama la atención, con lo cual es fácil saber que uno de los motores se ha detenido.

- Cuando se ha vivido la realidad del mundo laboral y comparándola con el tipo de formación académica recibida en las aulas, se puede sugerir a las autoridades cambios, por ejemplo:
  - Establecer un diálogo con el sector productivo para conocer que tipo de fortalezas ellos buscan en los nuevos profesionales.
  - Algunas materias de especialización deben ser reforzadas para que el estudiante pueda desenvolverse en cualquier área de trabajo, se sugiere hacer énfasis en añadir asignaturas útiles para el área petrolera.
  - En cuanto a los horarios, es recomendable unificarlos, en la mañana o en la noche, dando prioridad al estudiante y no al profesor, con esto se logra que el estudiante pueda trabajar en el mejor de los casos en el área de estudios.
  - Dentro de lo posible ofrecer al estudiante graduado de la Escuela de Formación de Tecnólogos alternativas para conseguir un título de tercer nivel de la EPN.

#### **4.6. BIBLIOGRAFIA**

- |                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| ▪ TELEMECANIQUE  | Programmable Controller Twido. |
| ▪ TELEMECANIQUE  | Catálogo de productos 2006.    |
| ▪ OSWALDO GUZMÁN | Proceso Productivo de Enkador. |

Sitios Web:

- [www.elprisma.com](http://www.elprisma.com)
- [www.amidata.es](http://www.amidata.es)
- [www.omega.com](http://www.omega.com)

# ANEXOS

# **ANEXO A**

## **CIRCUITOS DE CONTROL**



# **ANEXO B**

## **CIRCUITOS DE FUERZA**

# ANEXO C

## DIAGRAMA DE CONEXIONADO

<b>Nomenclatura</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>
00	PLC	Común para las salidas 0, 1, 2 y 3	Accionamiento automático de los contactores C2, C4, C8 Y C10

0	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C2
1	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C4
2	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C8
3	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C10
01	PLC	Común para las salidas 4, 5, 6 y 7.	Accionamiento automático de los contactores C1, C3, C9 Y C11
4	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C1
5	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C3
6	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C9
7	PLC	Salida por rele	Accionamiento del contactor C11
02	PLC	Común para las salida 8	Accionamiento automático del rele de control R2
8	PLC	Salida por rele	Accionamiento del rele R2
03	PLC	Común para las salida 9	Accionamiento automático del rele de control R1
9	PLC	Salida por rele	Accionamiento del rele R1
+	PLC	Entrada del controlador	+24VCC para pulsantes de marcha y paro
-	PLC	Entrada del controlador	-24VCC, punto común en las entradas, para pulsantes de marcha y paro
F	PLC	Línea de fase	Alimentación para PLC
N	PLC	Conductor neutro	Alimentación para PLC
R1	R1	Rele de control	Accionamiento simultáneo de los contactores C12, C13 y C14
912	R1	Salida rele de control	Accionamiento del contactor C12
913	R1	Salida rele de control	Accionamiento del contactor C13
914	R1	Salida rele de control	Accionamiento del contactor C14
R2	R2	Rele de control	Accionamiento simultáneo de los contactores C9 C10 y C11
85	R2	Salida rele de control	Accionamiento del contactor C5
86	R2	Salida rele de control	Accionamiento del contactor C6
87	R2	Salida rele de control	Accionamiento del contactor C7
50	Bornera Estirado	Pulsador contactor C1	Punto común pulsador
44	Bornera Estirado	Pulsador contactor C2	Punto común pulsador
37	Bornera Estirado	Pulsador contactor C3	Punto común pulsador
34	Bornera Estirado	Pulsador contactor C4	Punto común pulsador
47	Bornera Estirado	Pulsador contactor C5	Punto común pulsador
40	Bornera Estirado	Pulsador contactor C6	Punto común pulsador
31	Bornera Estirado	Pulsador contactor C7	Punto común pulsador
C1	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C1	Control bobina C1
C2	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C2	Control bobina C2
C3	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C3	Control bobina C3
C4	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C4	Control bobina C4
C5	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C5	Control bobina C5
C6	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C6	Control bobina C6
C7	Bornera Estirado	Terminal A1 bobina C7	Control bobina C
75	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C8	Punto común pulsador
69	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C9	Punto común pulsador
62	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C10	Punto común pulsador
59	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C11	Punto común pulsador
72	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C12	Punto común pulsador
65	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C13	Punto común pulsador
56	Bornera Texturizado	Pulsador contactor C14	Punto común pulsador
C8	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C8	Control bobina C8
C9	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C9	Control bobina C9
C10	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C10	Control bobina C10
C11	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C11	Control bobina C11
C12	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C12	Control bobina C12
C13	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C13	Control bobina C13
C14	Bornera Texturizado	Terminal A1 bobina C14	Control bobina C14
S1	Tablero Selectores	Selector contactor C1	Mando manual o automático de C1
S2	Tablero Selectores	Selector contactor C2	Mando manual o automático de C2
S3	Tablero Selectores	Selector contactor C3	Mando manual o automático de C3
S4	Tablero Selectores	Selector contactor C4	Mando manual o automático de C4
S5	Tablero Selectores	Selector contactor C5	Mando manual o automático de C5
S6	Tablero Selectores	Selector contactor C6	Mando manual o automático de C6
S7	Tablero Selectores	Selector contactor C7	Mando manual o automático de C7
S8	Tablero Selectores	Selector contactor C8	Mando manual o automático de C8
S9	Tablero Selectores	Selector contactor C9	Mando manual o automático de C9
S10	Tablero Selectores	Selector contactor C10	Mando manual o automático de C10
S11	Tablero Selectores	Selector contactor C11	Mando manual o automático de C11
S12	Tablero Selectores	Selector contactor C12	Mando manual o automático de C12
S13	Tablero Selectores	Selector contactor C13	Mando manual o automático de C13
S14	Tablero Selectores	Selector contactor C14	Mando manual o automático de C14
MARCHA	Tablero Selectores	Pulsador de marcha	Inicio de secuencia de arranque automático
PARO	Tablero Selectores	Pulsador de paro	Paro general del sistema
E59-2	Bornera Principal	Conductor de Fase	Alimentación principal
E59-4	Bornera Principal	Conductor Neutro	Alimentación principal

# **ANEXO D**

## **CORRIENTES DE ARRANQUE**

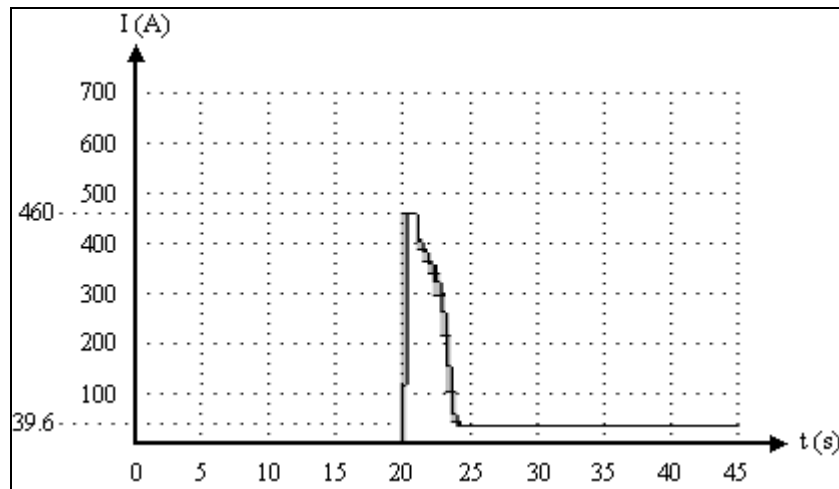


Figura A.1 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C2.

Corriente de arranque del INYECTOR para el área de ESTIRADO, SISTEMA1, accionado por el contactor C2.

Se tiene una corriente de arranque de 460 A y una corriente nominal de 39.6 A. El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 5s.

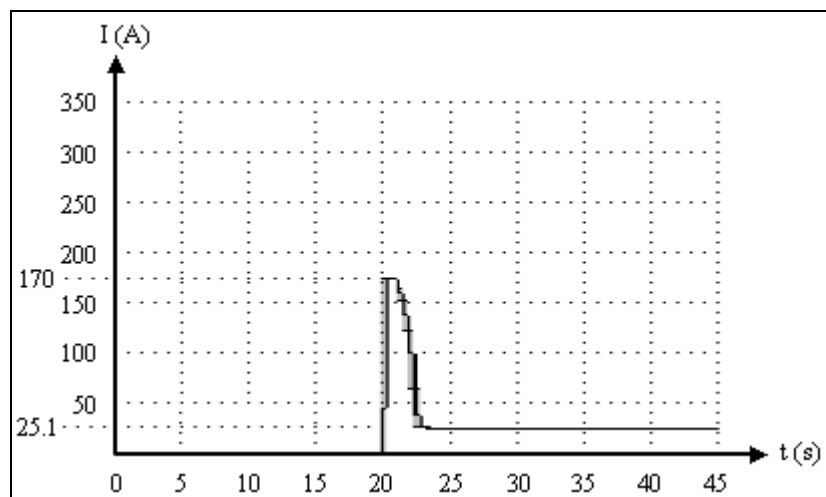


Figura A.2 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C4.

Corriente de arranque de RECIRCULACION para el área de ESTIRADO, SISTEMA1, accionado por el contactor C4.

Se tiene una corriente de arranque de 170 A y una corriente nominal de 25.1 A.

El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 4s.

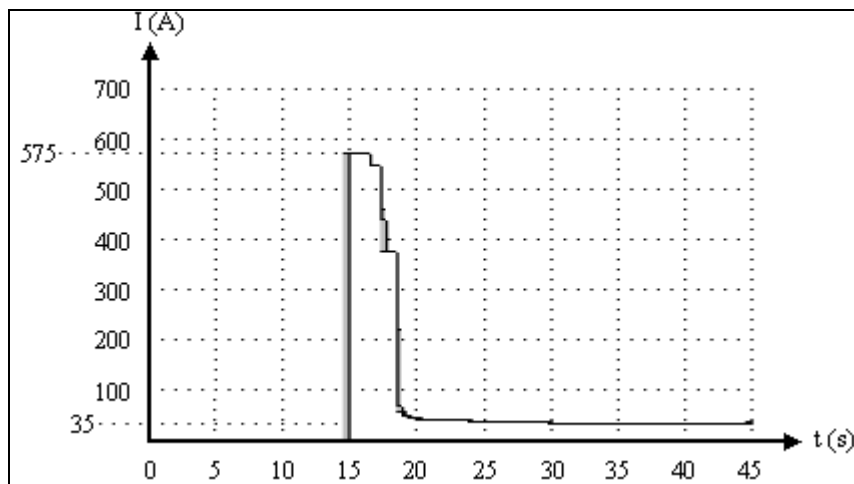


Figura A.3 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C8.

Corriente de arranque del INYECTOR para el área de TEXTURIZADO, SISTEMA1, accionado por el contactor C8.

Se tiene una corriente de arranque de 575 A y una corriente nominal de 35 A.

El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 20s.

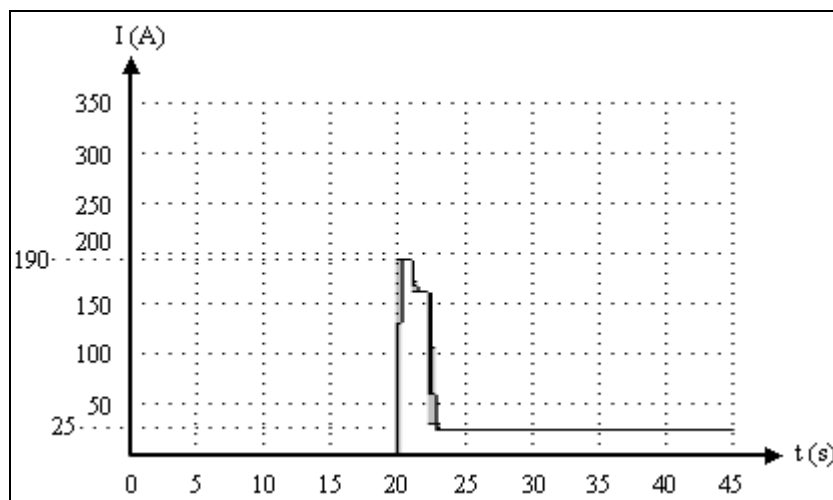


Figura A.4 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C10.

Corriente de arranque de RECIRCULACION para el área de TEXTURIZADO, SISTEMA1, accionado por el contactor C10.

Se tiene una corriente de arranque de 190 A y una corriente nominal de 25 A.

El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 4s.

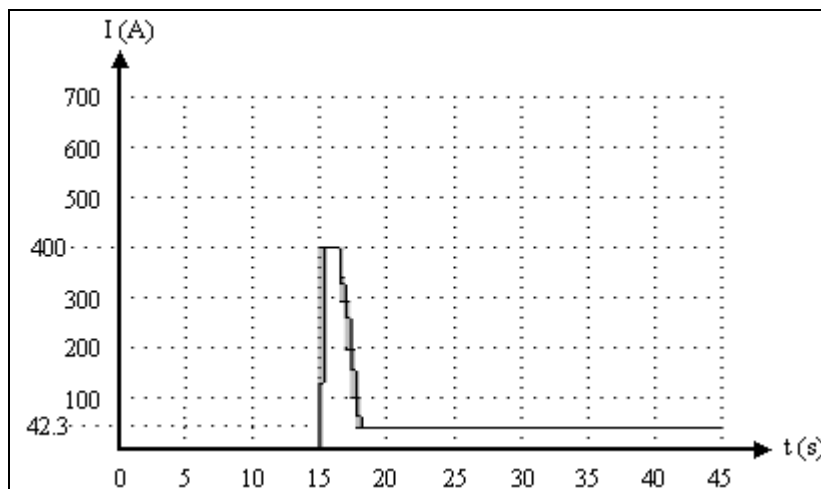


Figura A.5 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C1.

Corriente de arranque del INYECTOR para el área de ESTIRADO, SISTEMA2, accionado por el contactor C1.

Se tiene una corriente de arranque de 400 A y una corriente nominal de 42.3 A.

El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 4s.

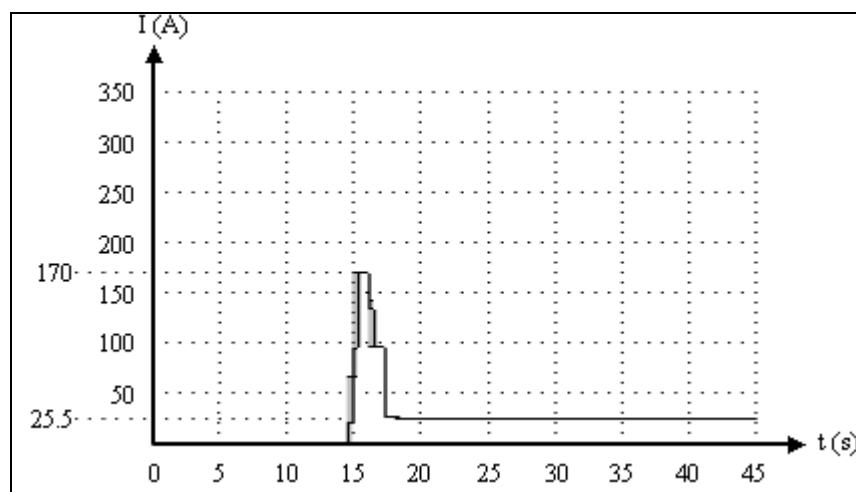


Figura A.6 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C3.

Corriente de arranque de RECIRCULACION para el área de ESTIRADO, SISTEMA2, accionado por el contactor C3.

Se tiene una corriente de arranque de 170 A y una corriente nominal de 25.5 A.

El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 5s.

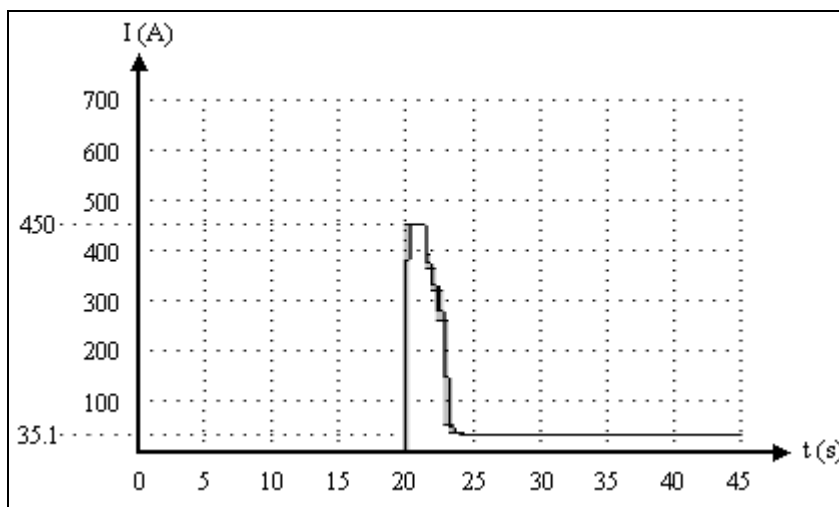


Figura A.7 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C9.

Corriente de arranque del INYECTOR para el área de TEXTURIZADO, SISTEMA2, accionado por el contactor C9.

Se tiene una corriente de arranque de 450 A y una corriente nominal de 35.1 A.  
El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 6s.

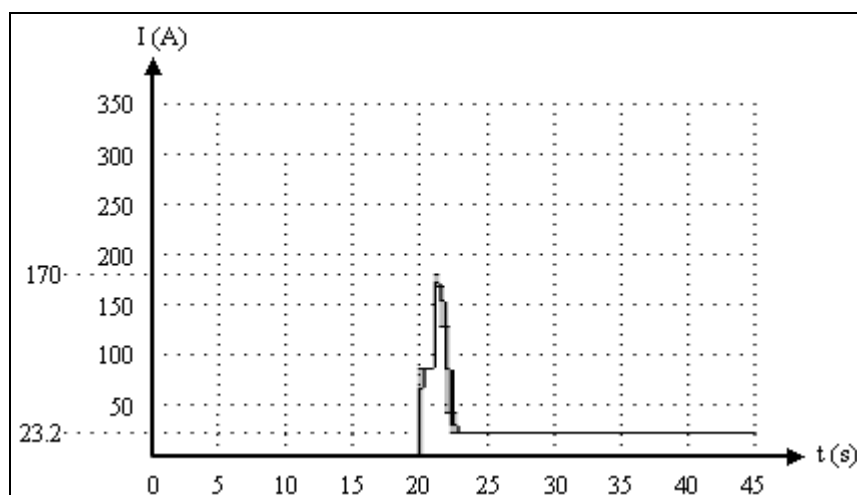


Figura A.8 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C11.

Corriente de arranque de RECIRCULACION para el área de TEXTURIZADO, SISTEMA2, accionado por el contactor C11.



Se tiene una corriente de arranque de 170 A y una corriente nominal de 23.2 A.  
El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 4s.

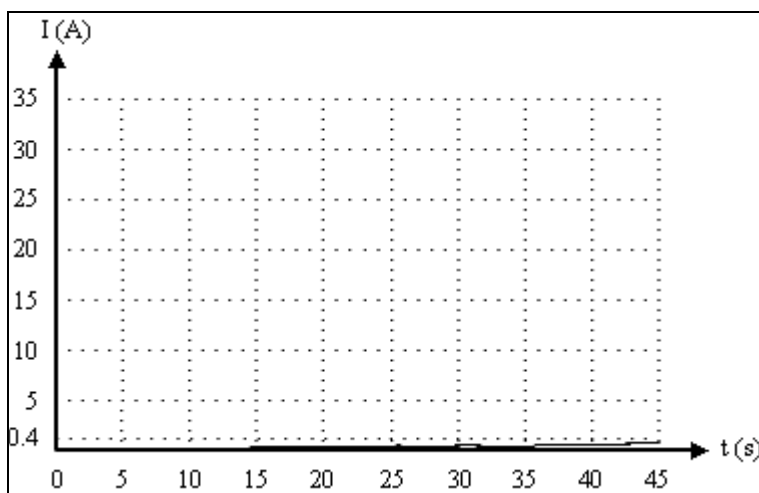


Figura A.9 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C5.

Corriente de arranque de la BOMBA de CIRCULACION para el área de ESTIRADO, accionado por el contactor C5.

Se tiene una corriente de arranque de 1 A y una corriente nominal de 0.5 A.

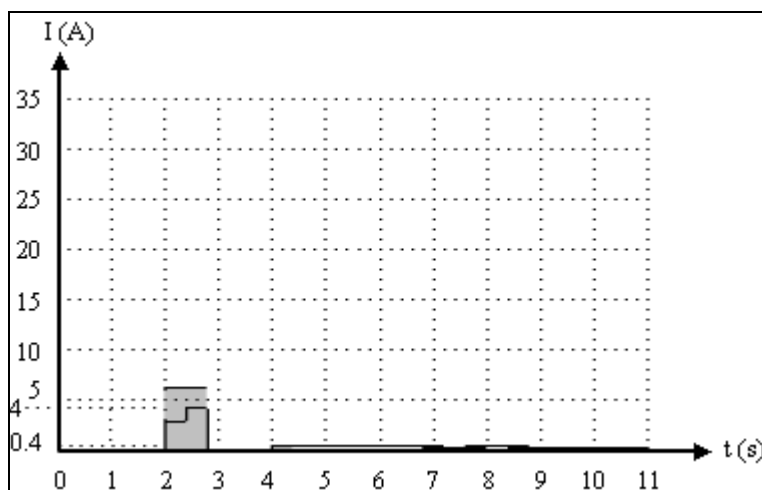


Figura A.10 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C6.

Corriente de arranque de la BOMBA de CIRCULACION para el área de ESTIRADO, accionado por el contactor C6.

Se tiene una corriente de arranque de 4 A y una corriente nominal de 0.4 A.

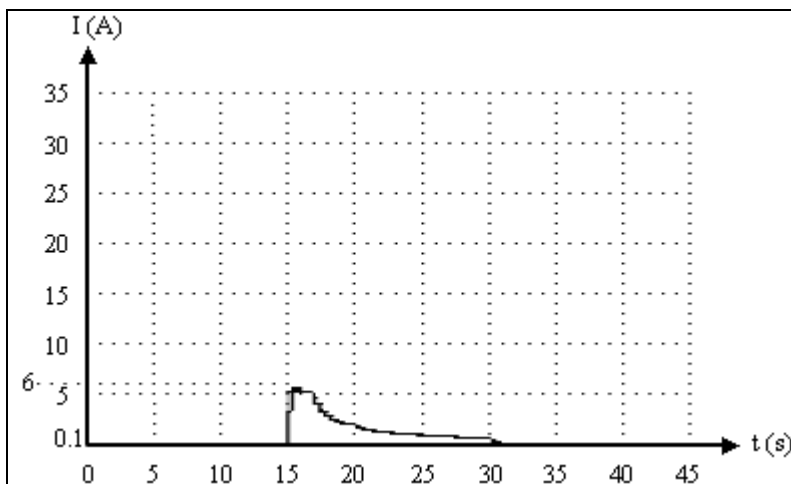


Figura A.11 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C7.

Corriente de arranque del EXTRACTOR1, accionado por el contactor C7.

Se tiene una corriente de arranque de 6 A y una corriente nominal de 0.1 A.

El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 20s.

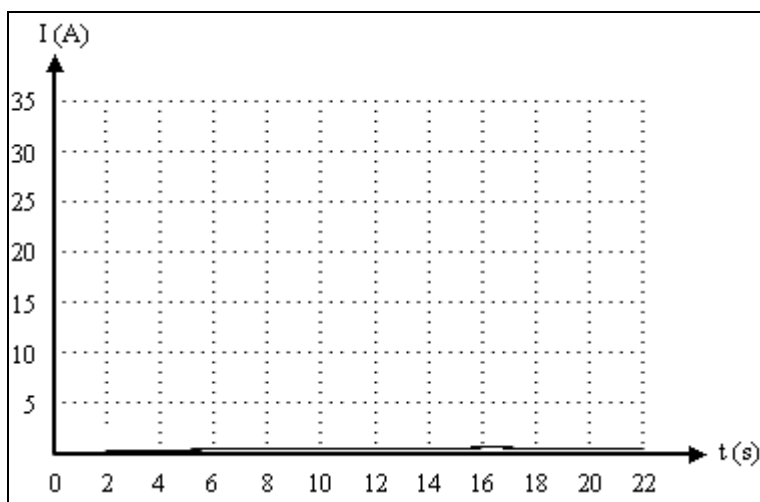


Figura A.12 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C12.

Corriente de arranque de la BOMBA de CIRCULACION para el área de TEXTURIZADO, accionado por el contactor C12.

Se tiene una corriente de arranque de 2 A y una corriente nominal de 0.5 A.

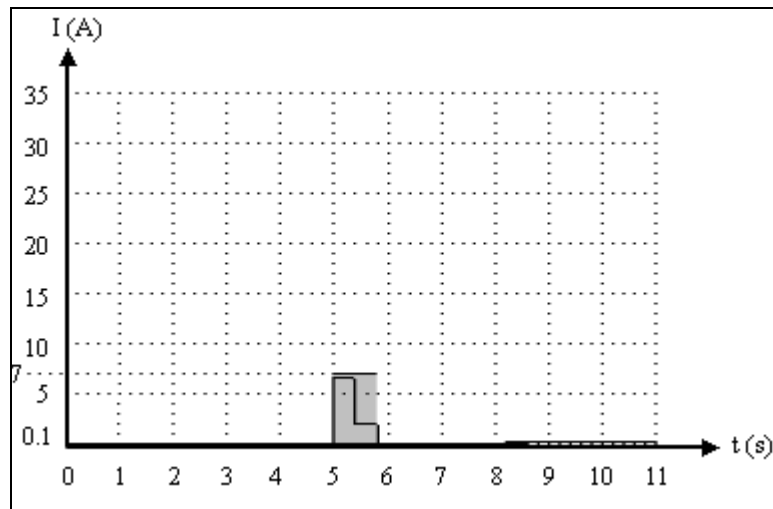


Figura A.13 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C13.

Corriente de arranque de la BOMBA de CIRCULACION para el área de TEXTURIZADO, accionado por el contactor C13.

Se tiene una corriente de arranque de 7 A y una corriente nominal de 0.1 A.

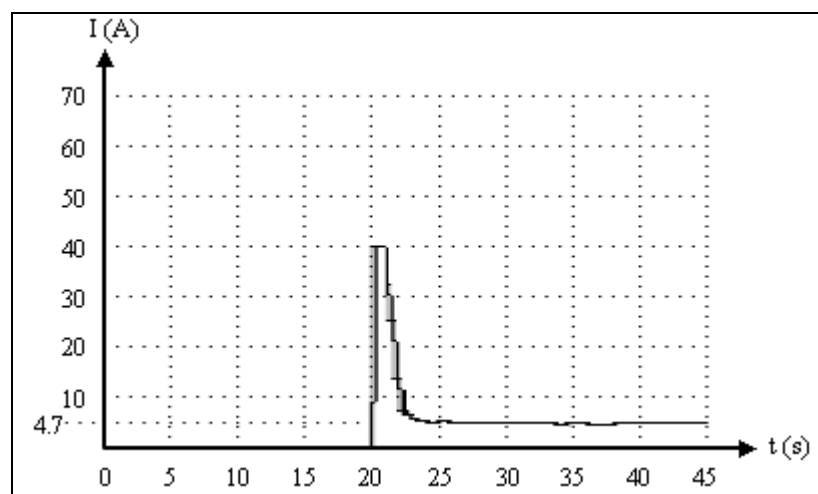


Figura A.14 Corriente de arranque del motor correspondiente al contactor C14.

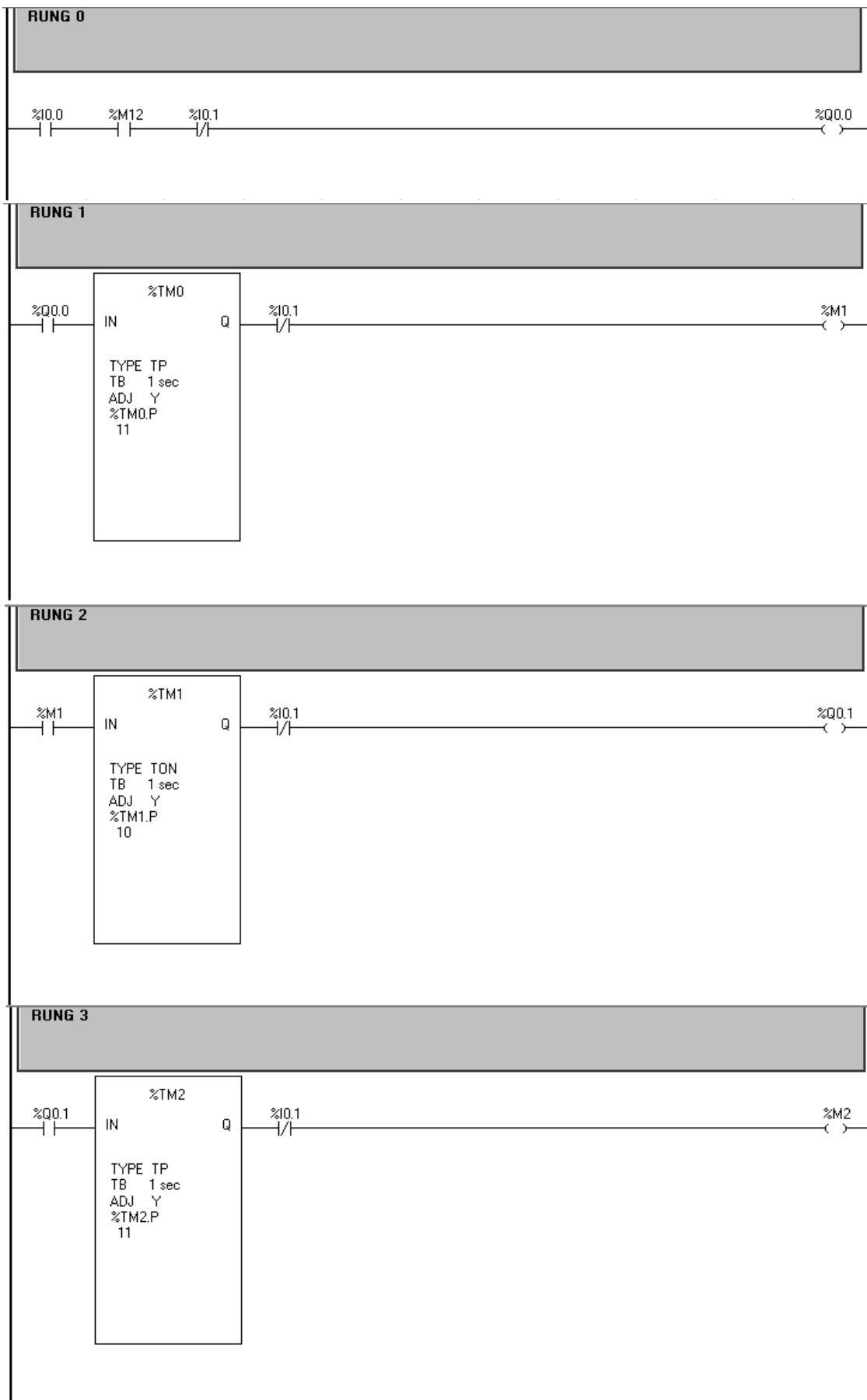
Corriente de arranque del EXTRACTOR2, accionado por el contactor C14.

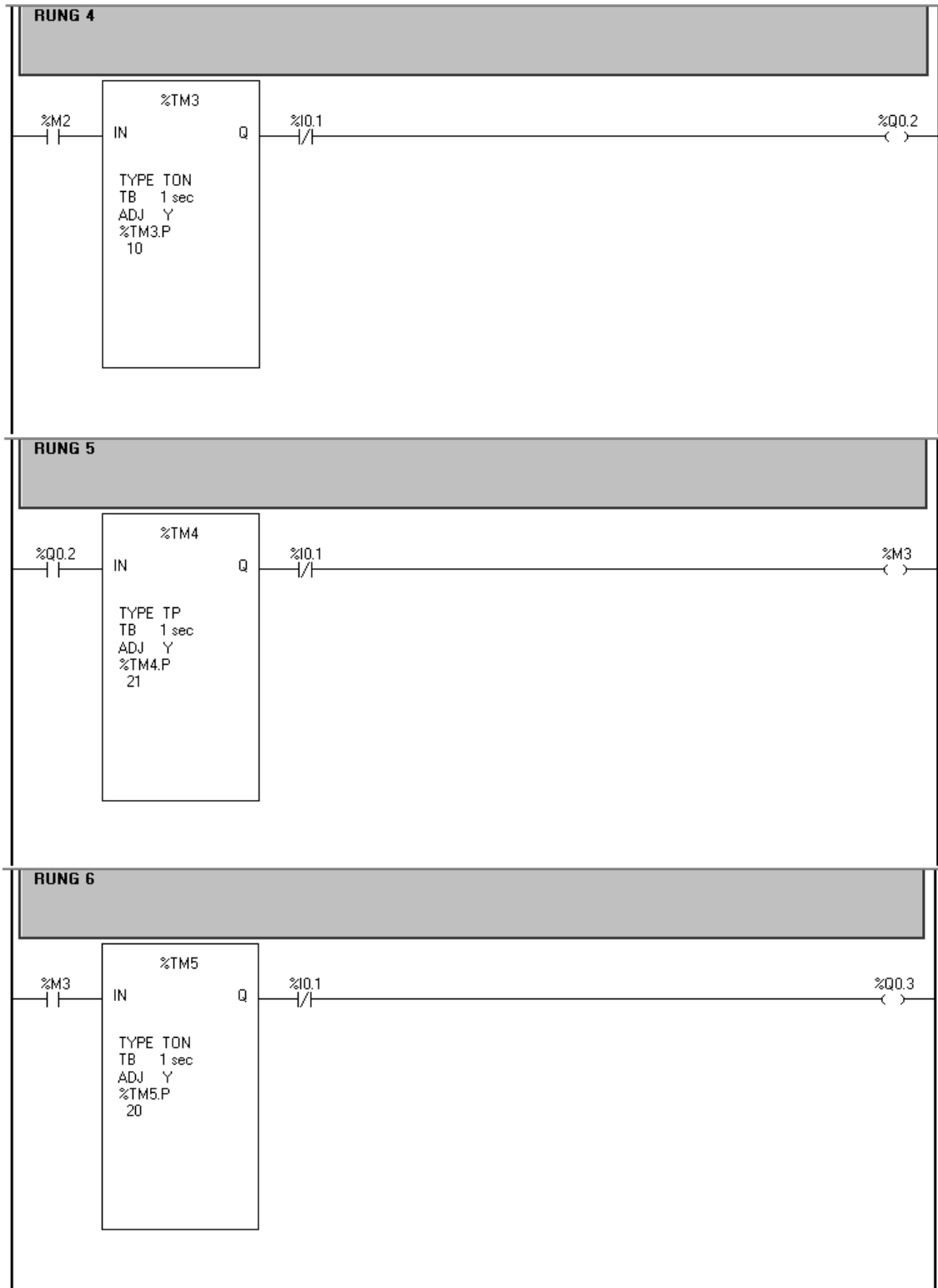
Se tiene una corriente de arranque de 40 A y una corriente nominal de 4.7 A.

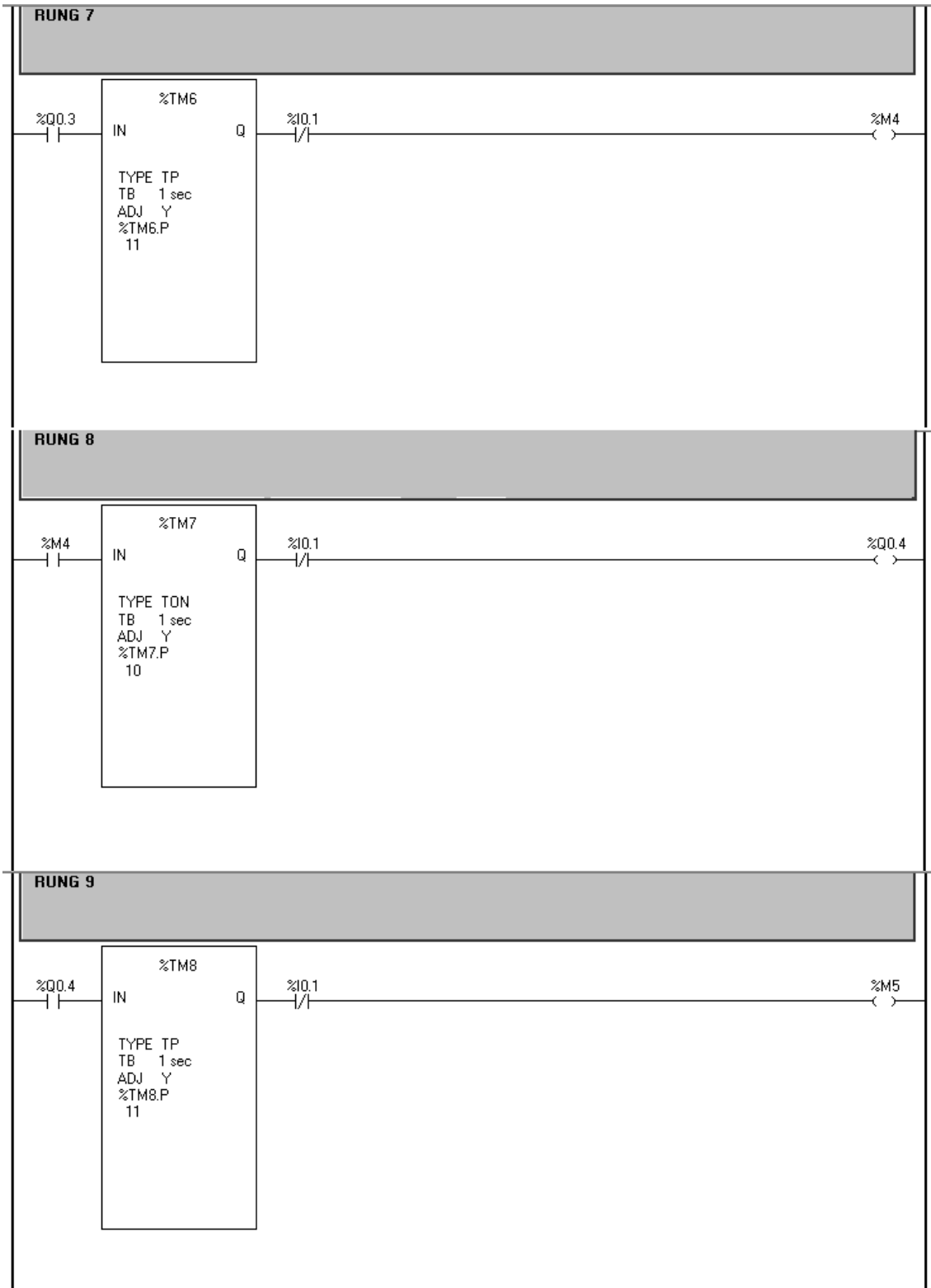
El tiempo que demora la corriente en llegar a su valor nominal es de: 20s.

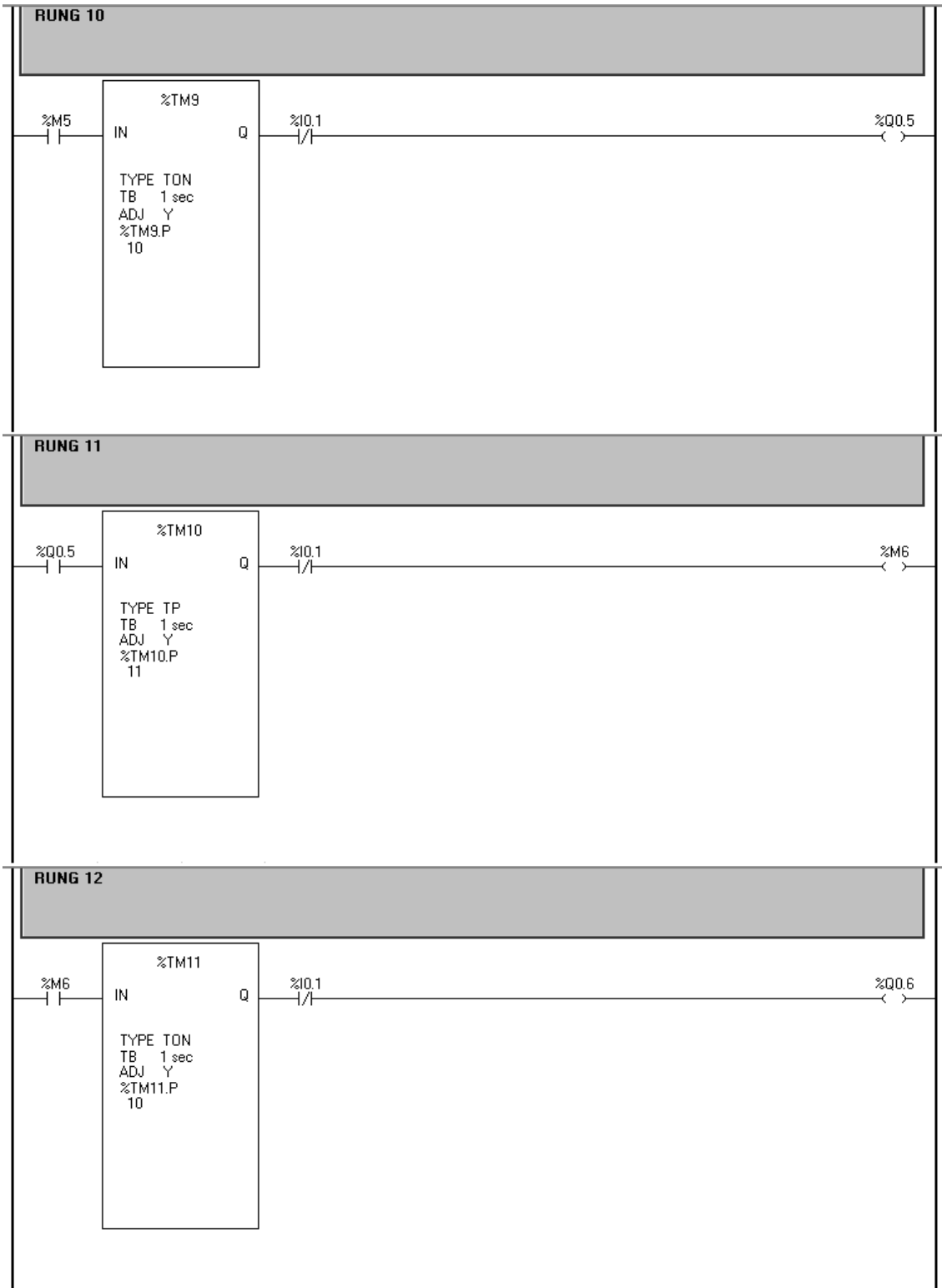
# **ANEXO E**

## **PROGRAMACION DEL PLC**

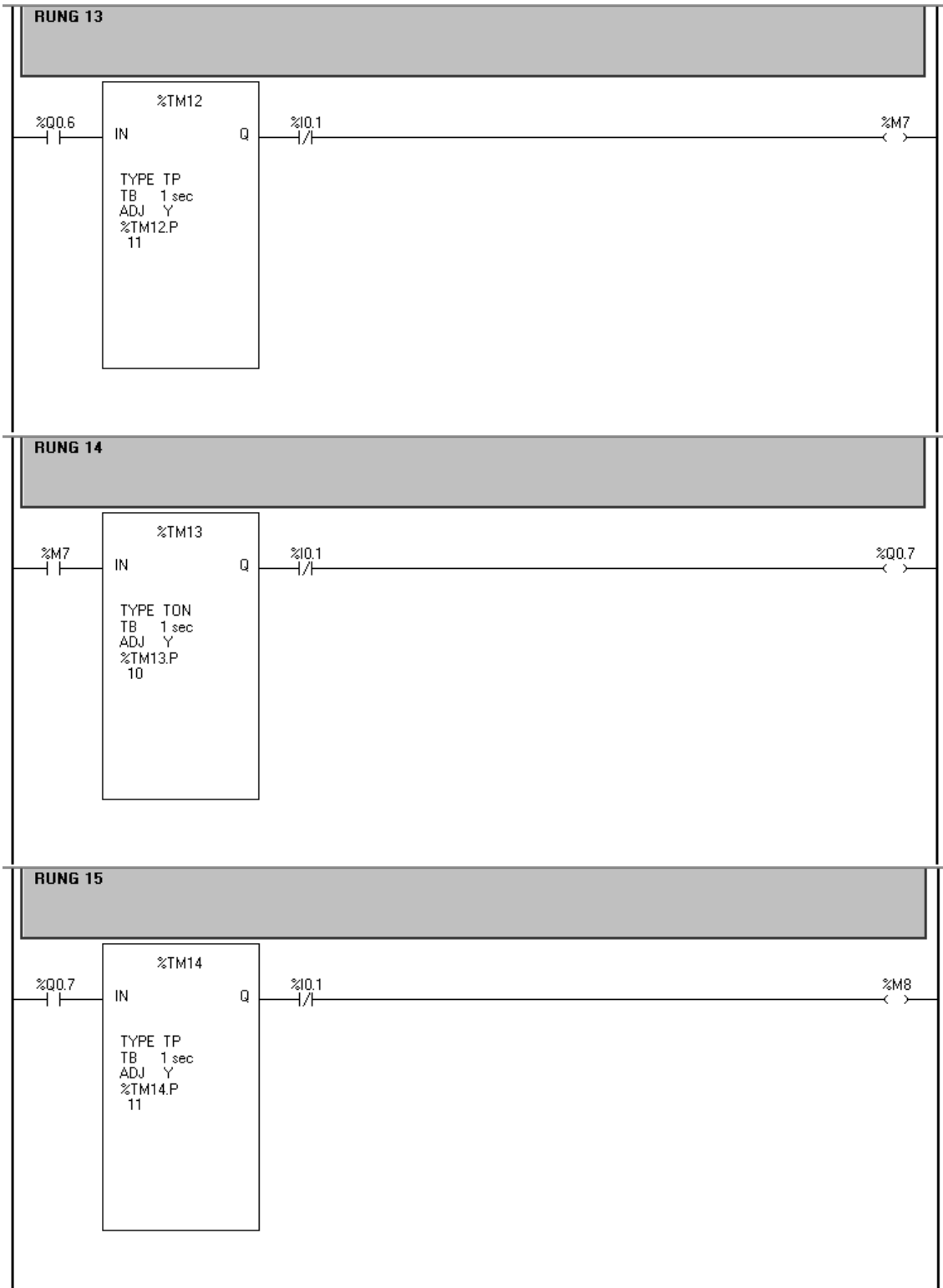


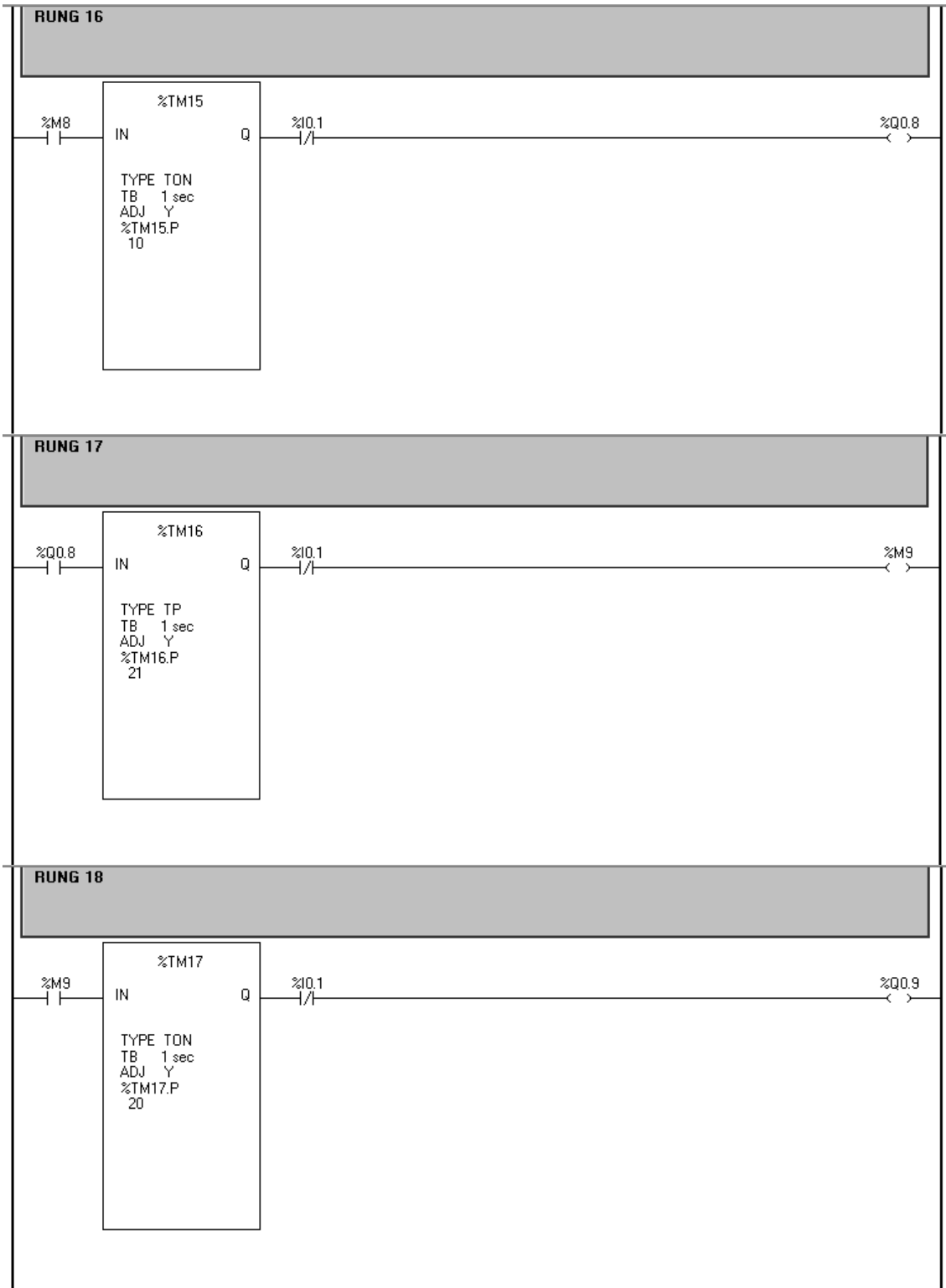


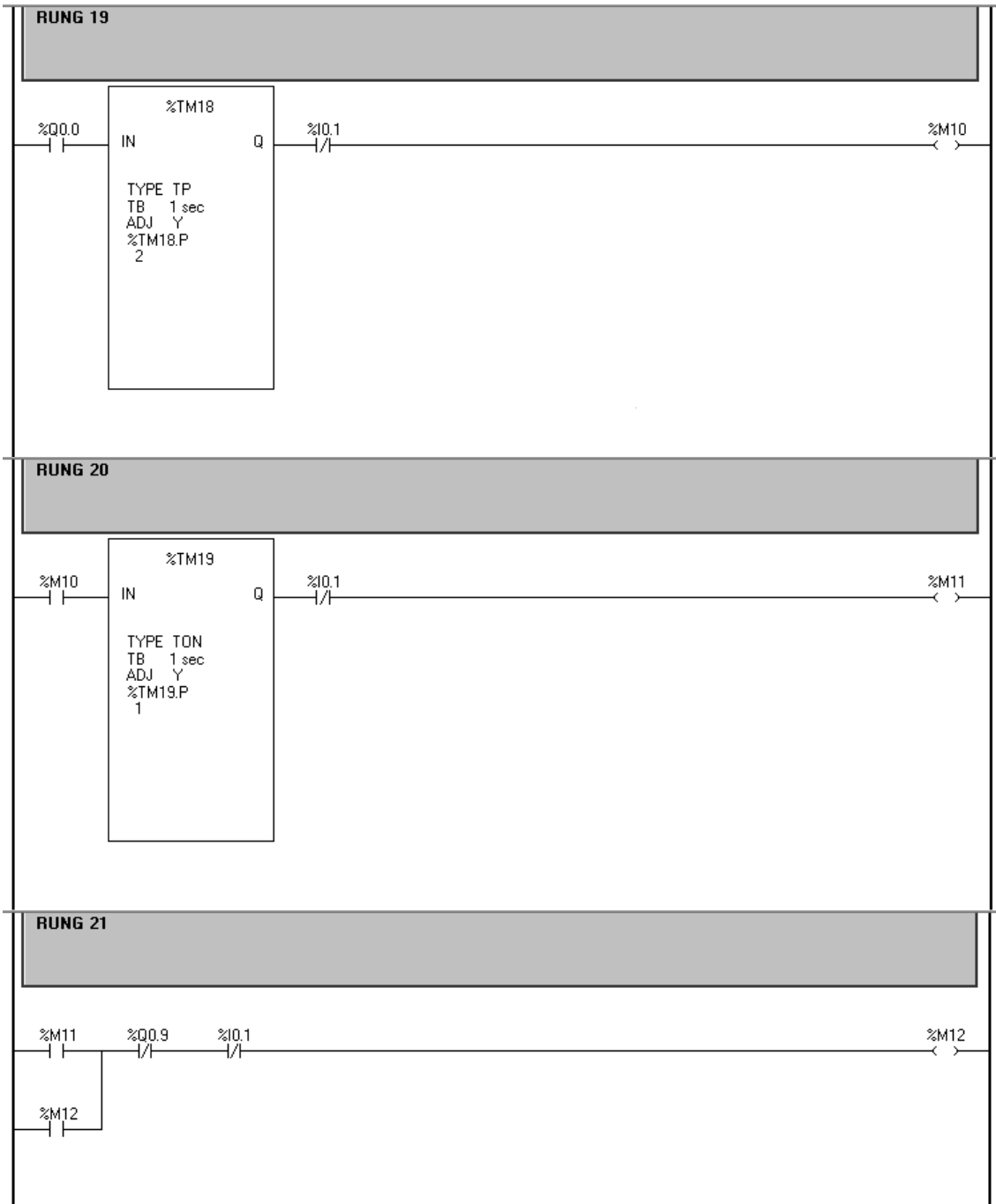










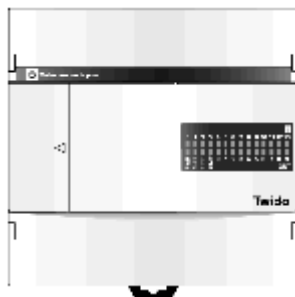


# **ANEXO F**

## **DATOS ADICIONALES DE TWIDO 24DRF**

## Descripción general del controlador

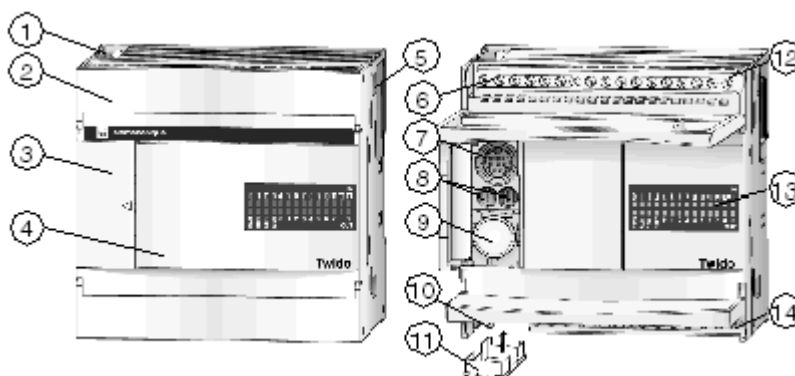
La información que aparece en esta sección describe las funciones principales del controlador compacto Twido 24DRF.



- Controlador compacto de 24 E/S:
- 14 entradas digitales y 10 salidas de relé
- 2 potenciómetros analógicos
- 1 puerto serie integrado
- 1 slot para un puerto serie adicional
- Acepta hasta 4 módulos de E/S de ampliación
- Admite hasta 2 módulos de interfase de bus AS-Interface V2
- Acepta un cartucho opcional (de reloj de tiempo real o de memoria [sólo 32 KB])
- Acepta un módulo de monitor de operación opcional

## Descripción de los componentes del controlador

La siguiente figura muestra los componentes de un controlador compacto. Esta figura representa un controlador TWDLCAA24DRF.



## Leyenda

Etiqueta	Descripción
1	Orificio de montaje
2	Cubierta de terminal
3	Puerta de acceso
4	Cubierta extraíble del conector de monitor de operación
5	Conector de ampliación (en ambos controladores base de las series 24DRF y 40DRF)
6	Terminales de potencia del sensor
7	Puerto serie 1
8	Potenciómetros analógicos (TWDLCAA10DRF y TWDLCAA16DRF disponen de uno)
9	Conector de puerto serie 2 (TWDLCAA10DRF no dispone de ninguno)
10	Terminales de fuente de alimentación de 100 a 240 VCA en la serie TWDLCA***DRF Terminales de fuente de alimentación de 24 VCC en la serie TWDLCD***DRF
11	Conector de cartuchos (ubicado en la parte inferior del controlador)
12	Terminales de entradas
13	Indicadores LED
14	Terminales de salidas

## Características generales del controlador

### Características de funcionamiento normal

Temperatura de funcionamiento	Temperatura ambiente en funcionamiento entre 0 y 55 °C
Temperatura de almacenamiento	De -25 °C a +70 °C.
Humedad relativa	Del 30 al 95% (no condensante).
Grado de contaminación	2 (IEC60664)
Grado de protección	IP20
Inmunidad a la corrosión	Libre de gases corrosivos
Altitud	Funcionamiento: de 0 a 2.000 m Transporte: de 0 a 3.000 m
Resistencia a las vibraciones	Montado sobre un riel DIN: De 10 a 57 Hz, amplitud de 0,075 mm; de 57 a 150 Hz, aceleración de 9,8 ms <sup>2</sup> (1 G); 2 horas por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí. Montado sobre la superficie de un panel: De 2 a 25 Hz, amplitud de 1,6 mm; de 25 a 100 Hz, aceleración de 39,2 ms <sup>2</sup> (4 G); Lloyd's, 90 minutos por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí.
Resistencia a golpes	147 ms <sup>2</sup> (15G), 11 ms de duración, 3 golpes por eje en los tres ejes perpendiculares entre sí (IEC 61131).
Peso	305 g

## Características de la batería de seguridad interna

Elementos copiados en compacto	Memoria RAM interna: variables internas, como bits y palabras, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc.
Duración	Aproximadamente 30 días a 25 °C después de haber cargado totalmente la batería.
Tipo de batería	Acumulador de litio no intercambiable
Tiempo de carga	Aproximadamente 15 horas para cargar del 0% al 90% de la capacidad total.
Duración de la batería	10 años

## Características eléctricas

Tensión de red nominal	De 100 a 240 VCA
Rango de tensión permitido	De 85 a 264 VCA
Frecuencia de alimentación nominal	50/60 Hz (de 47 a 63 Hz)
Corriente de entrada máxima	0,45 A (85 VCA)
Consumo máximo de alimentación	40 VA (264 VCA), 33 VA (100 VCA) El consumo de alimentación de este controlador y de sus cuatro módulos de E/S incluye 250 mA para la alimentación de sensores.
Interrupción momentánea de alimentación permitida	20 ms (en las entradas y salidas establecidas) (IEC61131).
Rigidez dieléctrica	Entre la alimentación y los terminales de tierra: 1.500 VCA, 1 min Entre las E/S y los terminales de tierra: 1.500 VCA, 1 min
Resistencia de aislamiento	Entre la alimentación y los terminales de tierra: mínimo de 10 MW (500 VCC) Entre las E/S y los terminales de tierra: mínimo de 10 MW (500 VCC)
Resistencia a ruidos	Terminales de alimentación de CA: 1,5 kV, de 50 ns a 1 $\mu$ s Terminales de E/S (abrazadera de unión): 1,5 kV, de 50 ns a 1 $\mu$ s
Corriente de llamada	Máximo de 40 A
Conductor de puesta a tierra	UL1007 16 AWG (1,30 mm <sup>2</sup> )
Conductor de la fuente de alimentación	UL1015 22 AWG (0,33 mm <sup>2</sup> ), UL1007 18 AWG (0,82 mm <sup>2</sup> )
Efecto de una conexión de fuente de alimentación incorrecta	Polaridad inversa: funcionamiento normal Tensión o frecuencia incorrectas: pueden producirse daños permanentes Conexión de conductor incorrecta: pueden producirse daños permanentes

### Características funcionales del controlador

Puerto de comunicación	Puerto 1 (RS485)	Puerto 2 (RS232C) Adaptador de comunicación: TWDNAC232D	Puerto 2 (RS485) Adaptador de comunicación: TWDNAC485D TWDNAC485T	Puerto Ethernet (RJ45) (Sólo para el controlador TWDLCAE40DRF)
Normas	RS485	RS232	RS485	100Base-TX, RJ45
Velocidad máxima en baudios	Conexión a PC: 19.200 bps Conexión remota: 38.400 bps	19.200 bps	Conexión a PC: 19.200 bps Conexión remota: 38.400 bps	100 Mbps, según la velocidad de red.
Comunicación Modbus (RTU master/slave)	Posible	Posible	Posible	Cliente/servidor Modbus TCP/IP
Comunicación ASCII	Posible	Posible	Posible	-
Comunicación remota	7 conexiones posibles	Imposible	7 conexiones posibles	Un máximo de 16 nodos remotos configurados por controlador
Longitud máxima del cable	Distancia máxima entre el controlador base y el controlador remoto: 200 m	Distancia máxima entre el controlador base y el controlador remoto: 10 m	Distancia máxima entre el controlador base y el controlador remoto: 200 m	Distancia máxima entre nodos de red (según la arquitectura de red)
Separación potencial entre el circuito interno y el puerto de comunicación	No aislado	No aislado	No aislado	No aislado
Comunicación a través de la línea telefónica	Posible Sólo se puede conectar un módem de recepción.	Imposible	Imposible	Imposible

### Características de las funciones integradas

Fuente de alimentación de sensor	Tensión/corriente de salida	24 VCC (de +10% a -15%), 250 mA
	Detección de sobrecarga	No disponible
	Aislamiento	Aislado del circuito interno
Conteo	Número de canales	4
	Frecuencia	3 canales a 5 kHz (FCi), 1 canal a 20 kHz (VFCi)
	Capacidad	16 bits (de 0 a 65.535 pulsos) 32 bits (de 0 a 4.294.967.295 pulsos)
Potenciómetros analógicos	1 ajustable de 0 a 1.023 pulsos	
	1 ajustable de 0 a 511 pulsos	



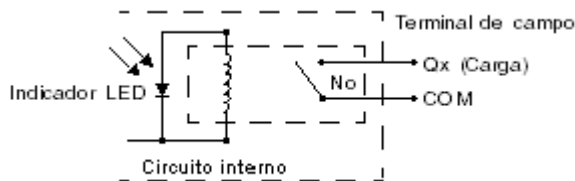
### Características de E/S de los controladores compactos

Puntos de entrada	14 puntos en una línea común
Tensión de entrada nominal	Señal de entrada de común positivo/negativo de 24 VCC
Rango de tensión de entrada	De 20,4 a 28,8 VCC
Corriente de entrada nominal	I0 e I1: 11 mA. I2 a I13: 7 mA/punto (24 VCC)
Impedancia de entrada	I0 e I1: 2,1 kW I2 a I13: 3,4 kW
Tiempo de encendido	I0 a I1: 35 $\mu$ s + valor de filtro I2 a I13: 40 $\mu$ s + valor de filtro
Tiempo de apagado	I0 e I1: 45 $\mu$ s + valor de filtro I2 a I13: 150 $\mu$ s + valor de filtro
Aislamiento	Entre los terminales de entradas: no aislado Circuito interno: fotoacoplador aislado
Tipo de entrada	Tipo 1 (IEC 61131)
Carga externa para la interconexión de E/S	No es necesaria
Método de determinación de señales	Estático
Efecto de una conexión de entrada incorrecta	Se pueden conectar señales de entrada tanto de común positivo como negativo. Sin embargo, si se aplica alguna entrada que supere el valor nominal, pueden producirse daños permanentes.
Longitud del cable	3 m para cumplir la inmunidad electromagnética.

### Características de salidas de relé

Puntos de salida	10 salidas
Puntos de salida por línea común: COM0	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM1	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM2	1 contacto NO
Puntos de salida por línea común: COM3	1 contacto NO
Corriente máxima de carga	2 A por salida 8 A por línea común
Carga de conmutación mínima	0,1 mA/0,1 VCC (valor de referencia)
Resistencia de contacto inicial	Máximo de 30 mW
Vida útil eléctrica	Mínimo de 100.000 operaciones (carga nominal de 1.800 operaciones/h)
Vida útil mecánica	Mínimo de 20.000.000 de operaciones (carga nominal de 18.000 operaciones/h) Circuito interno: fotoacoplador aislado
Carga nominal (resistiva/inductiva)	240 VCA/2 A, 30 VCC/2 A

A continuación, se muestra el contacto de salidas de relé.

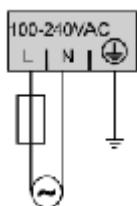


**Esquema de cableado del controlador**

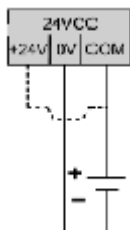
Nota: Estos esquemas son sólo para cableado externo.

Nota: Los cuadros sombreados son marcas en el controlador. Los números I y Q son los puntos de entrada y salida.

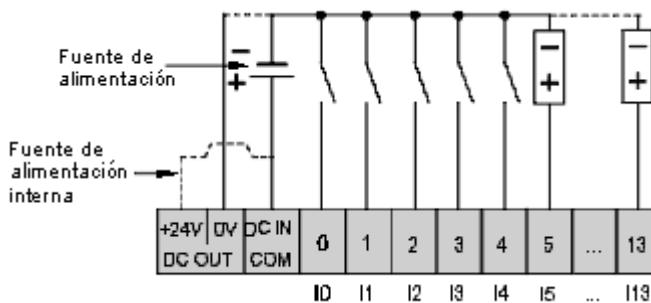
**Esquema de cableado de la fuente de alimentación de CA**



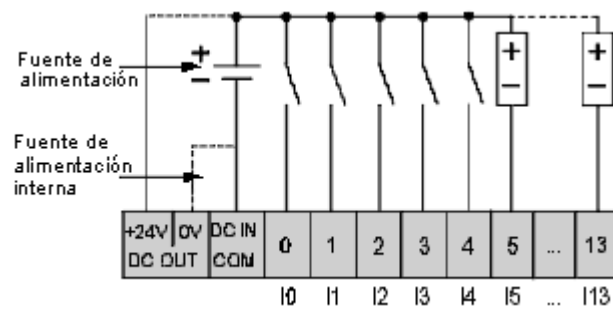
**Esquema de cableado de fuente de alimentación de CC**



**Esquema de cableado de entradas de común negativo de CC**



### Esquema de cableado de entradas de común positivo de CC



### Esquema de cableado de salidas de relé y alimentación de CA

