


| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA UNA TEXTURIZADORA DE HILO MEDIANTE UN CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE Y HMI

ANDRÉS FELIPE PULGARIN CORREA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Director: Santiago Gómez Arango

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
2018**

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RESUMEN

El presente trabajo de grado presentará el diseño del sistema de control automatizado para una texturizadora de hilo, mediante un control lógico programable y HMI.

Dicho trabajo es producto de un previo análisis sobre el funcionamiento de la máquina texturizadora FK6 600, lo que permitió plantear otras alternativas de funcionamiento para incrementar la productividad de la misma, por medio de la optimización de su sistema de control y monitoreo.

El proyecto implementó un PLC como controlador y enlace con los instrumentos de medida y comunicación con la HMI, enfocándose en el control de la temperatura de placas y cajas de calefacción, inyección de aire comprimido y operación del mecanismo de formación del paquete de hilo.

El desarrollo mediante HMI, permite al usuario visualizar y manejar los datos que intervienen en el proceso, establecer un sistema de alarmas con sus respectivos mensajes y por lo tanto se convierte en una herramienta eficaz para el personal de mantenimiento.

Palabras clave: Diseño, Automatización, control, monitoreo, PLC, HMI, Texturizadora de hilo.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RECONOCIMIENTOS

A mi familia quienes apoyaron mi labor académica y me guiaron respecto a la toma de decisiones importantes.

Al profesor Santiago Gómez Arango, asesor metodológico, por su apoyo brindado en el desarrollo del proyecto.

A todos los que colaboraron durante el proceso investigativo en este trabajo de grado.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

ACRÓNIMOS

Los acrónimos encontrados en este documento se definen a continuación:

1. A: Amperios.
2. AC: Corriente Alterna.
3. AWG: American Wire Gauge (Calibre de Cable Americano).
4. °C: Grados Celsius.
5. DC: Corriente Directa.
6. DHS: Number of traverse cycles (Número de ciclos transversales).
7. HMI: Human Machine interface (Interfaz Usuario Máquina).
8. IEC: Internacional Electrotechnical Commision (Comisión Electrotécnica Internacional).
9. ISA: Instrument Society of America (Sociedad de Instrumentos Americana).
10. kW: Kilowatios.
11. kVA: Kilovoltio-Amperio.
12. mA: Miliamperios
13. NH: Niederspannungs Hochleistungs (Baja tensión y alta potencia).
14. NTC: Norma Técnica Colombiana.
15. PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).
16. PID: Estrategia de control Proporcional, Integral y derivativo
17. POY: Partially Oriented Yarn (Hilo Parcialmente Orientado).
18. P&ID: Piping and Intrumentation Diagram (Diagrama de Tubería e Instrumentación).
19. Ohms: Ohmios.
20. RPM: Revoluciones por minuto.
21. SFC: Diagrama de funciones secuenciales.
22. THHN: Thermoplastic High Heat Nylon (Nylon Termoplástico de Alta Temperatura).
23. UV: Ultra violeta.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.2. Objetivo general | 6 |
| 1.2.1. Objetivos Específicos | 7 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1. Proceso de texturizado | 10 |
| 2.1.1. Texturizado por falsa torsión | 11 |
| 2.2. Automatización | 17 |
| 2.2.1. PLC | 18 |
| 2.2.2. HMI | 18 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 20 |
| 3.1. Diseño del sistema eléctrico | 21 |
| 3.2. Diseño del software para el sistema de control | 25 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 33 |
| 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO | 41 |
| REFERENCIAS | 42 |
| APÉNDICE..... | 44 |
| Apéndice A. Planos eléctricos y de control | 44 |
| Apéndice B. P&ID de texturizadora de hilo. | 58 |
| Apéndice C. Algoritmo de programación del arranque general. | 60 |
| Apéndice D. Algoritmo de programación para el manejo de aire comprimido. | 62 |
| Apéndice E. Algoritmo de programación para el sistema de calentamiento de cajas y calderas. | 66 |
| Apéndice F. Algoritmo de programación del sistema Vaivén. | 70 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas del sector textil en su afán de ser más competitivas, han enfocado sus esfuerzos hacia el mejoramiento de procesos productivos mediante la implementación y adaptación de nuevas tecnologías (TAVERA, 2014). Las texturizadoras Barmag FK6 600 son máquinas antiguas que son susceptibles a fallas provocadas por el desgaste de los elementos electromecánicos como temporizadores, relevadores y tarjetas electrónicas que conforman su sistema de control (Barmag, 2006). Estas máquinas cuentan con un sistema mecánico robusto, en buenas condiciones el cual permite una actualización constante, lo cual justifica la automatización basada en la relación costo beneficio que brinda el equipo.

Atendiendo a la necesidad, se diseñó un sistema automático que permite supervisar y manipular los diferentes sistemas que componen la texturizadora (arranque general, calentamiento del hilo, inyección de aire comprimido y la formación de la bobina de hilo), por medio del levantamiento de diagramas de tubería e instrumentación, planos eléctricos de control y potencia eléctrica. Adicionalmente, se elaboraron los algoritmos de control teniendo en cuenta las variables que intervienen en cada sistema y se diseñó la texturizadora de hilo a través de interfaz gráfica o HMI, donde se visualiza el funcionamiento del proceso y las posibles fallas que pueda presentar.

Es importante resaltar que las variables temperatura, inyección de aire y el sistema de formación del paquete de hilo se deben intervenir sin afectar su funcionamiento, por medio del PLC y el HMI se puede lograr una adecuada automatización que optimice el desempeño de la máquina tanto a nivel operativo como de control.

1.2. Objetivo general

Diseñar un sistema de control automatizado para una texturizadora de hilo mediante un control lógico programable y HMI.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1.2.1. Objetivos Específicos

- Evaluar los diferentes sistemas de una texturizadora de hilo y sus principales características.
- Diseñar el sistema eléctrico de potencia y control para una texturizadora.
- Generar el algoritmo de programación en lenguaje Ladder para el PLC y la comunicación por medio de HMI para la texturizadora.

1.3. Organización del trabajo

El siguiente trabajo está estructurado en cinco secciones, que presentan detalladamente el proceso de diseño de automatización de una texturizadora de hilo mediante un control lógico programable y HMI.

La primera sección corresponde a la introducción, que da cuenta de las necesidades del diseño de la automatización, para establecer las mejoras y suministrar datos relevantes a desarrollar en el trabajo.

La segunda sección presenta el marco teórico, cuyo propósito es apoyar y dar base teórica a los conceptos planteados para el desarrollo del proyecto.

La sección tres da cuenta de la metodología implementada en el trabajo para la realización del diseño del sistema eléctrico de potencia y el dimensionamiento de los componentes electromecánicos, al igual que el diseño y desarrollo del software para el sistema de control.

En la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos en el trabajo de grado y la manera en que se alcanzaron cada uno de los objetivos propuestos.

Finalmente se exponen las conclusiones que resultan del trabajo realizado, y a su vez se propondrán futuras intervenciones para realizar mejoras de la máquina texturizadora.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2. MARCO TEÓRICO

El proceso de texturizado compensa las deficiencias características de un hilo, variando su carácter textil original brillante, plano, paralelo y liso, entregándole nuevas propiedades como volumen, elasticidad, tacto suave, absorción de humedad y facilidad de procesamiento. En otras palabras, adquiere propiedades que lo hacen similar al algodón o a la lana (Lockuán Lavado, 2013).

El proceso requiere un procedimiento de control con sistema de programación flexible, fiable, robusto y rentable. En (Alphonsus & Abdullah, 2016), plantean como el PLC se caracteriza por ser una opción de control, debido a su integración en áreas de sensores, monitoreo, automatización y control. Adicionalmente, se muestran ventajas en su adaptación para cualquier investigación, aplicación en la industria y control de sistemas simples o avanzados.

Por otra parte, en (lovev & Yakimov, 2015) indagan como usar el PLC como enlace en una red de sensores inteligentes, para el cálculo de parámetros y monitoreo en líneas eléctricas. Los resultados evidencian como el sistema puede adaptarse con facilidad para la recolección de datos y puede ser utilizado en investigaciones adicionales para el manejo de energías.

La automatización de maquinaria mediante PLC tiene una gran acogida en el medio industrial, ya que predomina sobre la lógica cableada debido a sus múltiples beneficios, por ejemplo en (Avilés Bautista & Tapia Claudio, 2015) diseñan un sistema de control para optimizar la producción de envases plásticos en una sopladora, donde un PLC controla la implementación del proceso y la HMI supervisa el correcto funcionamiento del sistema.

Igualmente en (Poma Alejandro, 2014) diseñan un sistema de control para una texturizadora de hilo, donde su investigación se enfoca en el control de temperatura y formación del paquete de materia prima. Como controlador usa un PLC que se encarga de

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

recibir y enviar las señales desde los instrumentos de medida y la comunicación con un computador.

Además en (Rojas Segarra & Correa Anchundia, 2015) diseñan e implementan el sistema de control y supervisión HMI para una máquina barnizadora, el PLC se encarga de controlar la aplicación de barniz ultra violeta (UV) por medio de un PID, su estudio indica mejoras en el acabado del producto y menor consumo energético del equipo. Recomiendan implementar un stock de componentes para ejecutar el programa de mantenimiento preventivo.

También en (Priyanka, Maheswari, & Meenakshipriya, 2016) diseñan un sistema de control para bombear petróleo en plataformas submarinas. En la investigación, el PLC se utiliza para regular automáticamente el flujo y la presión durante el transporte del producto petrolífero, controlando el porcentaje de apertura de las válvulas de control y las bombas respectivamente por medio de un PID. Los estudios de simulación los realizan en la plataforma SIMULINK en Matlab y su implementación en el laboratorio para garantizar el rendimiento del controlador.

De la misma forma en (Quezada, Flores, Quezada, & Bautista, 2014) investigan cómo extraer agua potable para abastecer una comunidad. Diseñan e implementan el sistema en un banco de pruebas, en el que usan *Interfaces Gráficas de Usuario* (GUI, por sus siglas en inglés) para interactuar con el operador. La velocidad del conjunto de motor-bomba y las variables del agua son controladas por medio de un PLC y HMI con lo que garantizan la calidad del agua.

Por otra parte en (Vagia, Transeth, & Fjerdings, 2016) presentan un estudio sobre la evolución de los niveles de autonomía industrial desde los años cincuenta hasta el presente, en éste estudian la clasificación de la automatización y analizan la automatización flexible, lo que demuestra el gran interés por parte de la industria en la implementación de modelos de automatización basados en PLC y proporciona una ventana a nuevas aplicaciones futuras.

2.1. Proceso de texturizado

En el texturizado, un hilo sintético se somete a un cambio importante en su aspecto físico, al pasar de una estructura lisa y plana a una rizada o bucle en toda su longitud donde se le concede propiedades que lo asemejan a las fibras naturales. Este proceso puede llevarse a cabo de diferentes formas y pueden ser clasificadas en tres grupos (ver Figura 1), según los medios que se empleen. En este caso, el proceso de falsa torsión es el que se ajusta a la texturizadora automatizada. (Ver Figura 1).



Figura 1. Clasificación de los métodos de texturizado. Fuente: (Lockuán Lavado, 2013).

2.1.1. Texturizado por falsa torsión.

El texturizado por falsa torsión es el proceso que aprovecha las propiedades físicas y termoplásticas del Hilo Parcialmente Orientado (por sus siglas en inglés POY), combinando una acción térmica y mecánica para modificar las características de la superficie y crear espacios entre las fibras para proporcionar mayor volumen y/o elasticidad.

En (Hearle, Hollick, & Wilson, 2001) se describen las diferentes etapas del proceso de texturizado por falsa torsión, donde el POY se distribuye en el proceso por medio de tres ejes. En la primera etapa el hilo de suministro simultáneamente se somete a un proceso de temperatura y elongación, luego en una segunda etapa se climatiza por medio de una placa de enfriamiento; posteriormente, en una tercera etapa se torsiona para mejorar sus propiedades físicas. En la cuarta etapa es calentado nuevamente para estabilizar la elasticidad del hilo y finalmente se hace pasar por una mezcla de aceite de enconado para realizar la formación del paquete de hilo (Ver Figura 2).



Figura 2. Proceso de texturizado por falsa torsión. Fuente: (Hearle et al., 2001).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Paquete de suministro o POY

Son hilados parcialmente orientados arrollados a una velocidad de 2400-4000 m/min sobre un soporte cilíndrico, son conocidos como poliéster POY y se utiliza como materia prima para producir hilos texturizados (Ver Figura 3).



Figura 3. Bobinas de POY. Fuente: (Xiame, 2016)

Sistema de transporte de hilo

Esta etapa del proceso es la que traslada el hilo a través de la máquina sin fricción. El sistema consiste en ejes accionados por leva, que corren a lo largo de la máquina con unidades guías de metal brillante de cromo y una plataforma de goma o rodillo de presión que atraviesa el hilo hacia adelante y hacia atrás a lo largo de su superficie. El eje de entrada es el componente que transporta el POY hasta la zona de estiramiento o eje central y el eje de salida es el que se encarga de conducir el hilo por el segundo calentador y llevarlos a la zona de formación de bobina (Ver Figura 4).

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

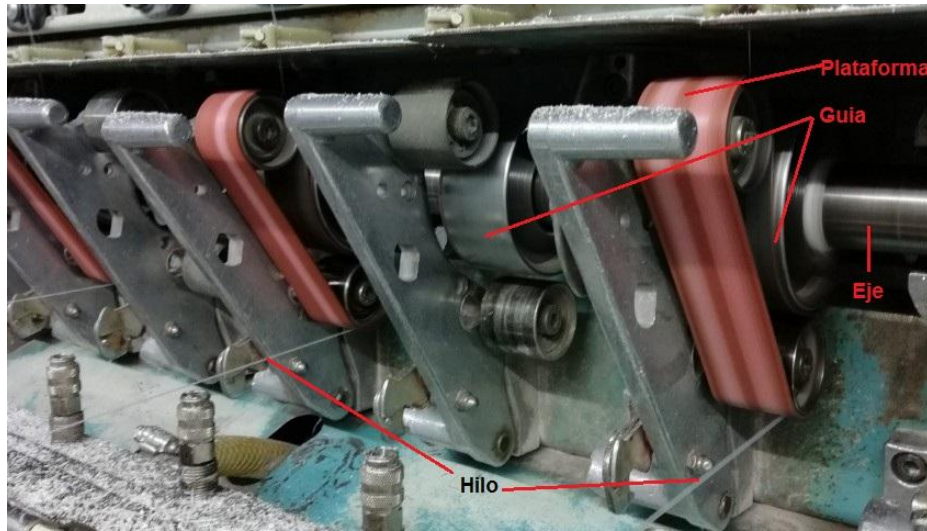


Figura 4. Unidades de transporte de hilo. Fuente: Autor.

Termoresistencia tipo PT100

La PT100 es un sensor de temperatura hecho de platino, que a 0 °C tiene 100 ohms (Ver Figura 5) y su resistencia aumenta con el incremento de temperatura según su curva característica. La relación de temperatura y resistencia se establece por medio de tabulaciones presentadas por los fabricantes de este tipo de sensor (Arian, 2006).



Figura 5. Sensor de temperatura PT100. Fuente (Arian, 2006).

Placa de calentamiento

Son dispositivos encargados de calentar el hilo para que se deforme y hacerlo más maleable. Los calentadores son cajas llenas de aceite térmico con un elemento de calentamiento eléctrico en la base y una termoresistencia tipo PT100 para medir la temperatura.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Placas de enfriamiento

Este elemento permite que el hilo se enfríe y proporciona estabilidad al haz de hilos altamente retorcidos. La placa de enfriamiento está hecha de acero nitrurado y tiene un perfil curvo (Ver Figura 6).

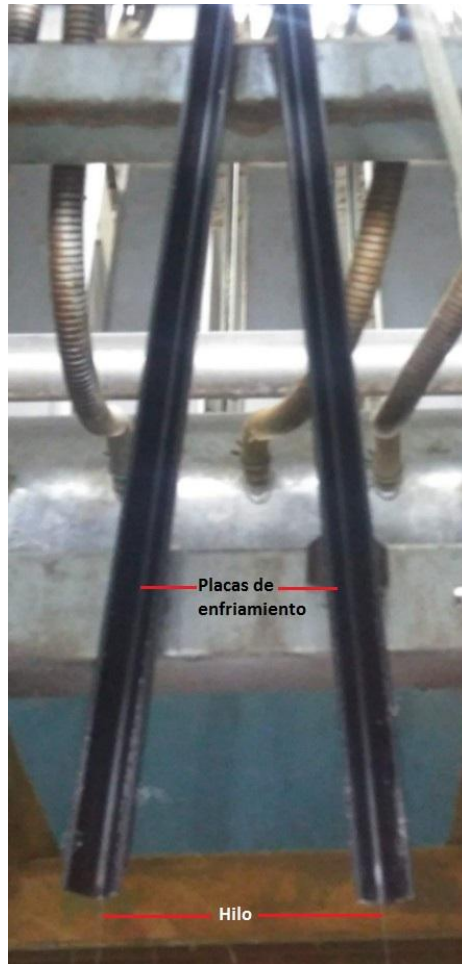


Figura 6. Placas de enfriamiento. Fuente: Autor.

Unidad de texturización

Es el mecanismo que inserta la falsa torsión, sirve para realizar el rizado particular y dar volumen al hilo. En ésta es donde se produce propiamente el texturizado, debido a la fricción de los discos. Los discos pueden ser de poliuretano o cerámicos. (Ver Figura 7).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

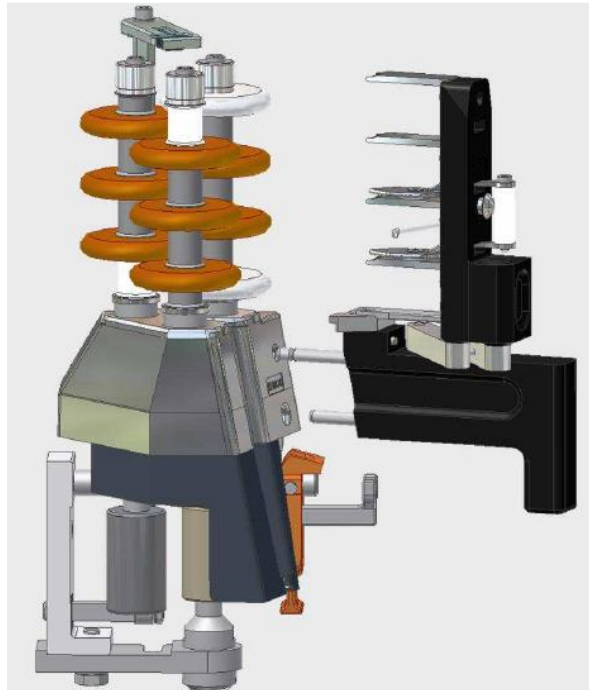


Figura 7. Unidad de texturización. Fuente: (Oerlikon, 2011).

Cajas de calentamiento

Son elementos que se usan para estabilizar la elasticidad del hilo y relajar las tensiones impuestas en la zona de texturización. El calor se transfiere al hilo por la radiación de la superficie interna del calentador y por convección del aire caliente.

Avivaje

Es un aceite de ensimaje muy fluido, biodegradable y humectante formulado para la lubricación de los hilos que son sometidos a un proceso de enconado o embobinado, se aplica para mejorar sus propiedades textiles como tacto suave y disminución de la carga electrostática.

Rodillo de Aceite

Este componente lubrica el hilo mediante la aplicación de aceite de enconado y avivaje (Ver Figura 8), lo cual permite que se procese de manera más eficiente durante la formación del paquete y así reducir la fricción entre el hilo y los componentes metálicos de la máquina.

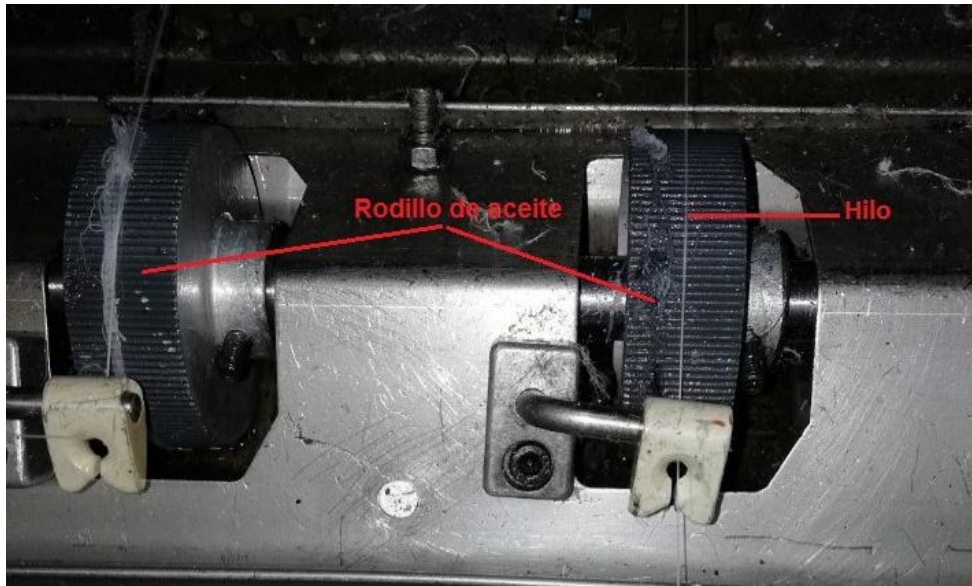


Figura 8. Rodillos de aceite. Fuente: Autor.

Bobina

Una bobina o paquete de hilo es un cilindro de hilo que se encuentra arrollado sobre un tubo de cartón u otro material, puede ser utilizada para fabricar diferentes prendas y telas (Ver Figura 9).

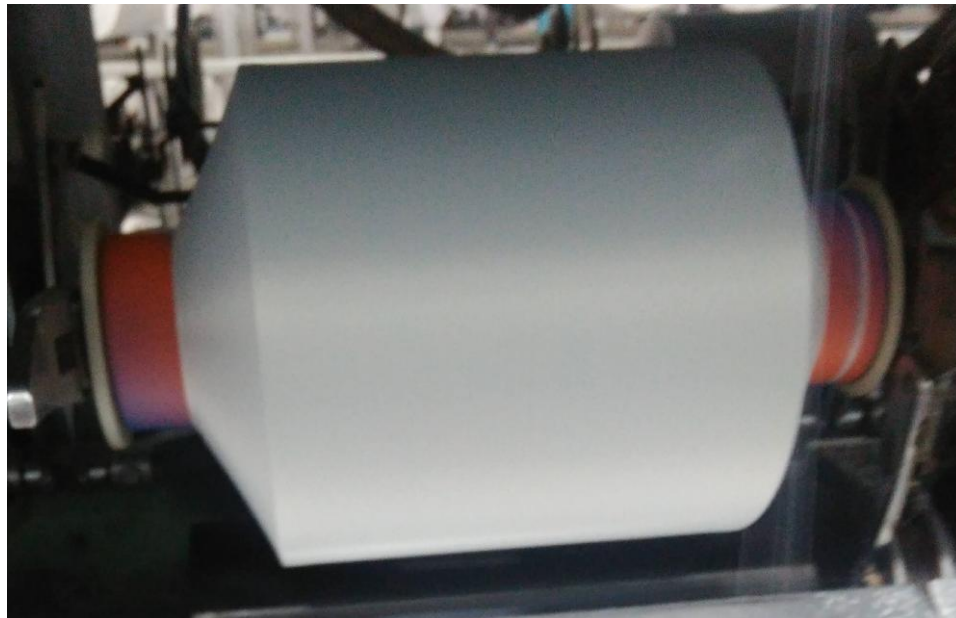


Figura 9. Bobina de hilo. Fuente: Autor.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Sistema de formación o vaivén.

Es el sistema mecánico que genera la bobina y da su forma bicónica o cilíndrica. Se compone de dos subsistemas llamados respiración y modificación de vaivén, los cuales se encargan de que las capas de hilo no se entrelacen entre sí durante la formación del paquete. El vaivén es una leva de nylon que se impulsa hacia adelante y hacia atrás a lo largo de cada plataforma de recogida mediante un husillo giratorio (Ver Figura 10).

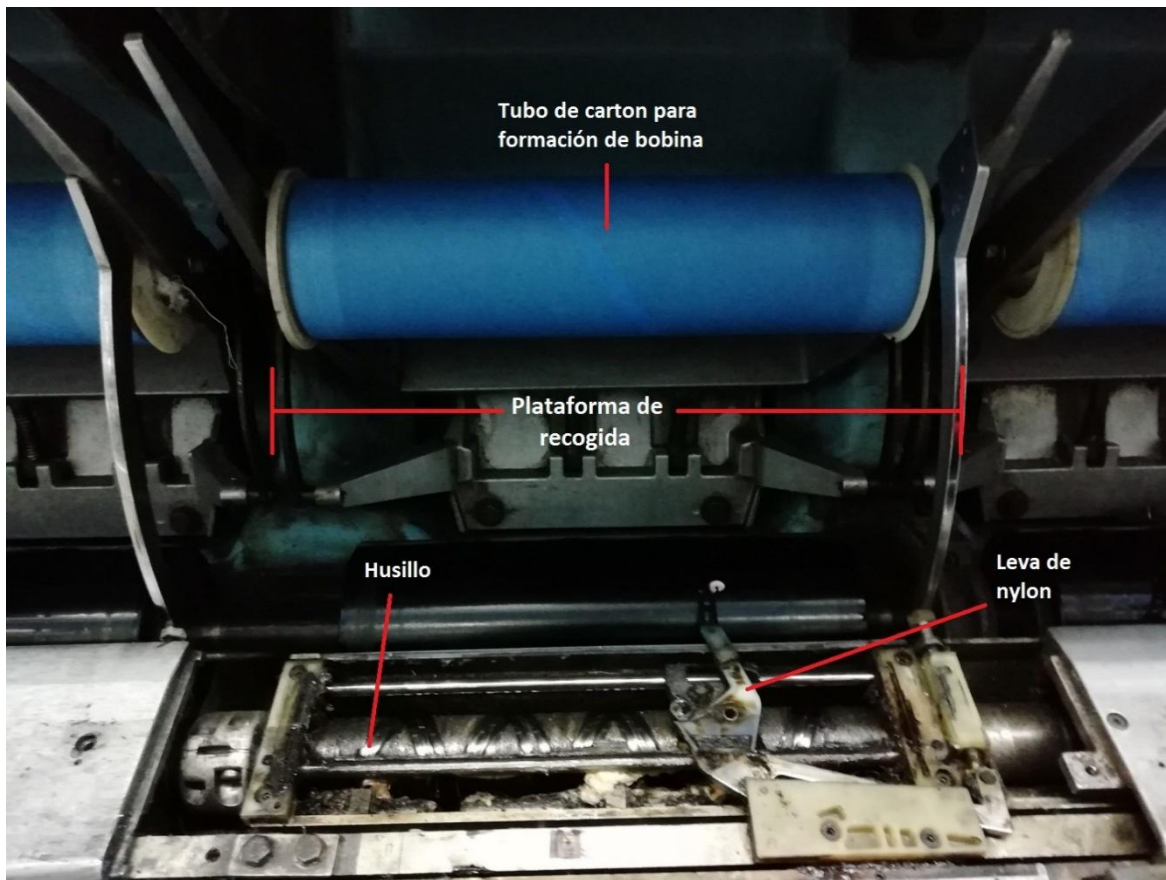


Figura 10. Sistema vaivén. Fuente: Autor.

2.2. Automatización

La automatización consta de tomar procesos mecánicos o manuales y adaptarlos a sistemas de control que garanticen un buen desempeño en la realización de tareas definidas. Por medio de sistemas autómatas y sistematizaciones precisas, se disminuyen los costos y reprocesos que generan agilidad en la obtención de resultados para el producto final.

2.2.1. PLC

Los controladores lógicos programables, son dispositivos electrónicos de alta precisión y alta protección a ruidos electromagnéticos, similares a una computadora en su arquitectura interna. Son eficientes y fiables en aplicaciones que implican el control secuencial y la sincronización de procesos con elementos auxiliares en las industrias de fabricación, química y de procesos (Alphonsus & Abdullah, 2016).

El PLC viene equipado con terminales modulares que manipulan señales de entrada y salida de tipo digital como análogas, con el fin de realizar una comunicación de elementos tanto eléctricos como mecánicos (Ver Figura 11).

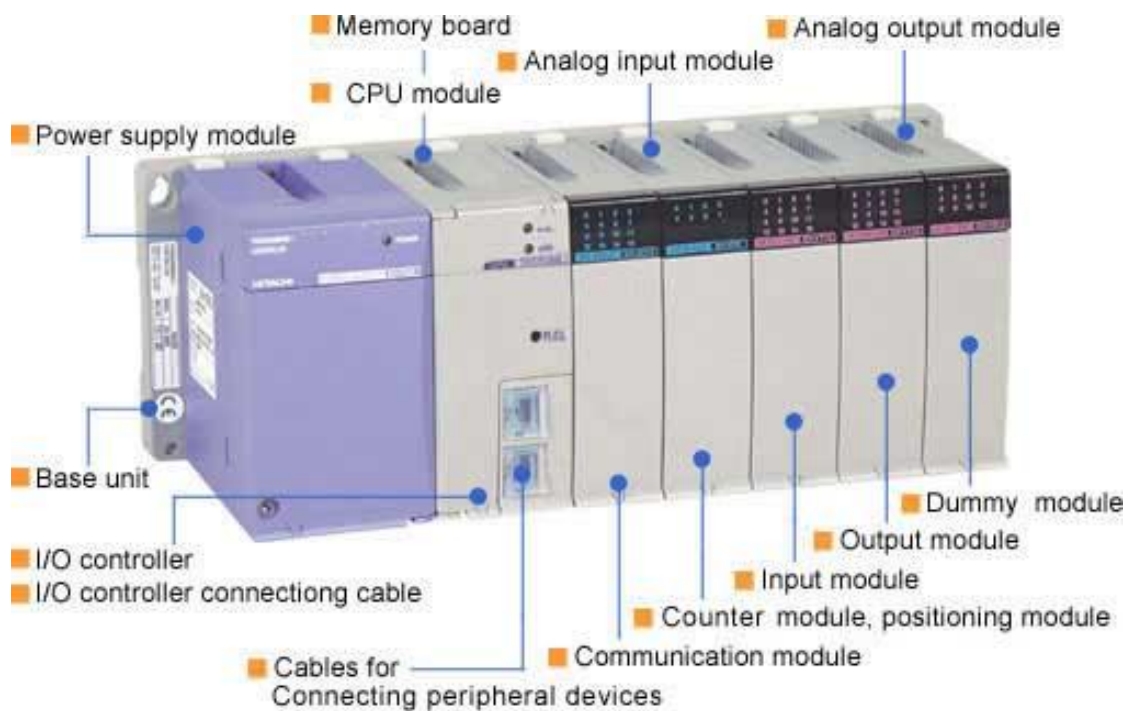


Figura 11. PLC con módulos de entradas y salidas. Fuente: (Rocatek, 2010).

2.2.2. HMI

La interfaz hombre máquina ha tomado mucha reputación en la industria, debido a su gran versatilidad y fácil manejo para operar los procesos. Una HMI consiste básicamente en una pantalla, por lo general de tipo táctil con conexión a diferentes redes para realizar la

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

comunicación con el controlador. Esta posee su propia unidad de procesamiento para enviar señales según los requerimientos y así permitir el monitoreo del proceso en tiempo real, de forma remota o local (Ver Figura 12).



Figura 12. Pantalla táctil HMI. Fuente: (Unitronics, 2017)

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3. METODOLOGÍA

Para realizar el diseño de automatización de la texturizadora, se hizo una revisión general del proceso a través de diversas fuentes de investigación. Es así como se identifican los siguientes sistemas o elementos a controlar.

En el funcionamiento de la máquina es indispensable que la bomba de lubricación esté trabajando, ya que sin la adecuada lubricación los sistemas de transmisión son susceptibles a sufrir averías. El proceso inicia accionando el motor principal, que se encarga de maniobrar las unidades de texturización y los ejes de transporte de hilo, además de dar la señal para iniciar los procesos de vaivén, extracción de humo, cerchas y avivaje.

Las resistencias de los calentadores de placas deben permanecer encendidas, aun cuando la máquina no esté operando, deben asegurar un rango de temperatura de 100°C para evitar choques térmicos en los elementos y elevados tiempos de calentamiento del aceite térmico. Para fabricar algunos tipos de hilos no se utilizan las cajas de calentamiento y se debe desactivar el suministro de energía para que no hagan parte en el proceso.

El sistema de formación de la bobina se debe acelerar y desacelerar con un tiempo de perturbación determinado para que no se entrelacen las capas de hilos unas con otras. Se debe realizar un método de visualización para realizar ajustes en el sistema de modificación y respiración del vaivén.

El sistema de aire comprimido es maniobrado por indicadores de presión mecánicos con transmisor y no cuentan con visualizaciones de ajuste. Se debe cerrar la válvula de suministro general de la máquina para evitar pérdidas en el sistema que genera el aire, cuando se trabajan otros procesos.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.1. Diseño del sistema eléctrico

Para diseñar el sistema eléctrico de la máquina se realizó un levantamiento y comprobación de los planos eléctricos y de control existentes en la texturizadora de hilo. De esta manera se identifica un circuito de potencia trifásico de 440V AC con una capacidad de 250 amperios, el cual suministra energía a los elementos que se encuentran dentro de los tableros (Ver Tabla 1).

Tabla 1. *Datos de placa elementos de potencia de texturizadora.*

| Dispositivo | Tensión de alimentación (V) | Fases | Corriente nominal (A) | Potencia (kW-kVA) | Tensión de salida (V) |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Motor principal | 440V | 3 | 70A | 37kW | |
| Motor del extractor de gases | 440V | 3 | 12A | 8.5kW | |
| Motor de la Bomba de lubricación | 440V | 3 | 1.07A | 0.43kW | |
| Motor cerchas | 440V | 3 | 0.57A | 0.13 kW | |
| Motor del modificador | 440V | 3 | 7.2A | 5.4kW | |
| Motor de rodillo de avivaje | 440V | 3 | 0.6A | 0.09 kW | |
| Motor de DHS | 440V | 3 | 14.8A | 7.5kW | |
| Transformador de control | 440V | 2 | 9A | 4kVA | 110V/24V |
| Transformador corta hilos | 440V | 3 | 5.58A | 4kVA | 24V |
| Transformador zonas de calentamiento | 440V | 3 | 98A | 75kVA | 440V |

Con base en las características mostradas en la placa de funcionamiento de los elementos (Tabla 1), se calculó la corriente de sobrecarga de acuerdo a las secciones 430-22 y 450-3 de la NTC2050. Según la norma los conductores que alimenten un solo motor o transformador deben tener una capacidad no menor al 125% de la corriente nominal (Ver Tabla 2).

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 2. *Valores de corriente de sobrecarga.*

| Dispositivo | Corriente nominal (A) | Corriente de sobrecarga (A) | Tipo de carga |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| Motor principal | 70A | 87.5A | continua |
| Motor del extractor de gases | 12A | 15A | continua |
| Motor de la Bomba de lubricación | 1.07A | 1.33A | continua |
| Motor cerchas | 0.57A | 0.71A | continua |
| Motor del modificador | 7.2A | 9A | continua |
| Motor de rodillo de avivaje | 0.6A | 0.75A | continua |
| Motor de DHS | 14.8A | 18.5A | continua |
| Transformador de control | 9A | 11.25A | continua |
| Transformador corta hilos | 5.58A | 6.97A | continua |
| Transformador zonas de calentamiento | 98A | 122.5A | continua |

A partir de los datos de corriente de sobrecarga dados por la Tabla 2, se procedió a escoger el calibre del cable. Para ello se utiliza la tabla 310-16 de la NTC2050, esta indica el calibre del cable según la cantidad de corriente que conduce, la temperatura máxima de funcionamiento y el tipo de cable (Ver Tabla 3).

Tabla 3. *Calibre y tipo seleccionado para cables.*

| Dispositivo | Corriente de Sobrecarga (A) | Calibre del cable AWG | Tipo |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------|
| Motor principal | 87.5A | 2 AWG | THHN – 75°C |
| Motor del extractor de gases | 15A | 12 AWG | THHN – 75°C |
| Motor de la Bomba de lubricación | 1.33A | 14 AWG | THHN – 75°C |
| Motor cerchas | 0.71A | 14 AWG | THHN – 75°C |
| Motor del modificador | 9A | 14 AWG | THHN – 75°C |
| Motor de rodillo de avivaje | 0.75A | 14 AWG | THHN – 75°C |
| Motor de DHS | 18.5A | 12 AWG | THHN – 75°C |
| Transformador de control | 11.25A | 14 AWG | THHN – 75°C |
| Transformador corta hilos | 6.97A | 14 AWG | THHN – 75°C |
| Transformador zonas de calentamiento | 122.5A | 1/0 AWG | THHN – 75°C |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Según las notas de la tabla 310-16 de la NTC2050 no se permiten utilizar cables con calibre menor a 14 AWG, por esto para los motores de bajo consumo se selecciona dicho calibre. Además se escoge cable THHN por tener aislamiento de alta temperatura y ser adecuado para usos industriales en la conexión de motores y tableros de control.

Para la protección del cable del motor principal se eligieron fusibles tipo cuchilla NH de 125A acorde a la corriente del conductor, además se seleccionó un disyuntor termomagnético para proteger el motor y generar señales de sobrecarga para el sistema de control. Luego se procedió a designar los elementos de protección de los demás elementos (Ver Tabla 4).

Tabla 4. *Protecciones para elementos de potencia.*

| Dispositivo | Corriente de Sobrecarga (A) | Elemento de protección | Rango de corriente (A) | Serie elemento |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|------------------------|--------------------|
| Motor principal | 87.5A | fusibles NH00 Gg / Guardamotor | 125A / 70A | 3NA3832 |
| Motor del extractor de gases | 15A | Fusibles Gg A27/ Guardamotor | 25A / 14 – 20A | 5SB271 |
| Motor de la Bomba de lubricación | 1.33A | Guardamotor | 1.1 – 1.6A | 3RV1011-1AA10 |
| Motor cerchas | 0.71A | Guardamotor | 0.55 – 0.8A | 3RV1011-0HA10 |
| Motor del modificador | 9A | Guardamotor | 6.3 – 10A | 3RV1011-1JA10 |
| Motor de rodillo de avivaje | 0.75A | Guardamotor | 0.55 – 0.8A | 3RV1011-0HA10 |
| Motor de DHS | 18.5A | Guardamotor | 11 – 16A | 3RV1031-4AA10 |
| Transformador de control | 11.25A | Fusibles Gg A27 | 10A | 5SB251 |
| Transformador para corta hilos | 6.97A | Fusibles Gg A27 | 6A | 5SB231 |
| Transformador zonas de calentamiento | 122.5A | Fusibles NH00 Gg / Interruptor automático | 160A / 160A | 3VT1716-2DC36-0AA0 |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Seguidamente para realizar el arranque del motor principal se seleccionaron contactores de la marca Siemens, que soportaran las corrientes y potencia nominal del motor en categoría AC3. De igual forma se eligieron los contactores para maniobrar los motores del extractor de gases y la bomba de lubricación, adicional se designó un contactor para energizar el transformador trifásico de 4kVA que activa los cortadores de hilo de la máquina.

Por otra parte los motores de los sistemas cerchas, rodillo de avivaje, modificación y el sistema de vaivén requieren variar su velocidad, por esto se seleccionaron variadores de frecuencia de la marca Yaskawa acorde a la placa característica de cada motor (Ver Tabla 5).

Tabla 5. *Contactores y variadores seleccionados.*

| Dispositivo | Corriente nominal (A) | Potencia (kW-kVA) | Elemento de accionamiento | Marca | Serie de elemento |
|---|-----------------------|-------------------|--------------------------------|---------|-------------------|
| Motor principal | 70A | 37kW | 2 Contactores 2 Contactores | Siemens | 3TB50 3TB48 |
| Motor del extractor de gases | 12A | 8.5kW | Contactador | Siemens | 3RT1026-1AG20 |
| Motor de la Bomba de lubricación | 1.07A | 0.43kW | Contactador | Siemens | 3RT1015-1AF01 |
| Motor cerchas | 0.57A | 0.13 kW | Variador de frecuencia | Yaskawa | GPD305/J7 |
| Motor del modificador | 7.2A | 5.4kW | Variador de frecuencia | Yaskawa | A1000 |
| Motor de rodillo de avivaje | 0.6A | 0.09 kW | Variador de frecuencia | Yaskawa | GPD305/J7 |
| Motor de DHS | 14.8A | 7.5kW | Variador de frecuencia | Yaskawa | V1000 |
| Transformador para corta hilos | 5.58A | 4kVA | Contactador | Siemens | 3RT1016-1AF01 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Para el cableado de control se elige cable calibre 18 AWG según la tabla 402-5 de la NTC2050. Además se seleccionó una fuente de alimentación de 120VAC con salida de 24VDC y 6.5A que provee la energía para el PLC, el sensor inductivo (posición del modificador) y los transmisores 4-20mA para el aire comprimido.

También se eligen ocho interruptores automáticos o breakers para proteger los elementos de control. Finalmente se escogen once relés de control de 24VDC de marca Finder para facilitar la interfaz de las salidas PLC y los contactores de potencia.

3.2. Diseño del software para el sistema de control

Para desarrollar el algoritmo de control, se realizó un análisis de las etapas de funcionamiento de la máquina, además de las opciones que surgieron y que podían mejorar el desempeño de la texturizadora.

Luego se plantearon diagramas de funciones secuenciales (SFC) para cada sistema de la máquina y a partir de ellos comenzar con la programación. En primera instancia se realizó la secuencia para el arranque de la máquina, en la cual se verifica que no exista ninguna falla en los variadores de frecuencia y en los disyuntores termomagnéticos, además se comprueba que no se presenten alarmas en el sistema de aire comprimido.

Al no existir ninguna situación anómala, se enciende la bomba de lubricación y pasado un tiempo programado se comprueba que haya flujo de aceite. Tras obtener las condiciones anteriores, se da comienzo al arranque del motor principal.

Debido a que se utiliza un arranque estrella delta, cuando el motor conmuta a su conexión en delta, se da la señal para que inicie el extractor de humo, se activen los inversores de avivaje y cerchas, además se active la válvula de avivaje y los cortadores de hilo (Ver Figura 13).

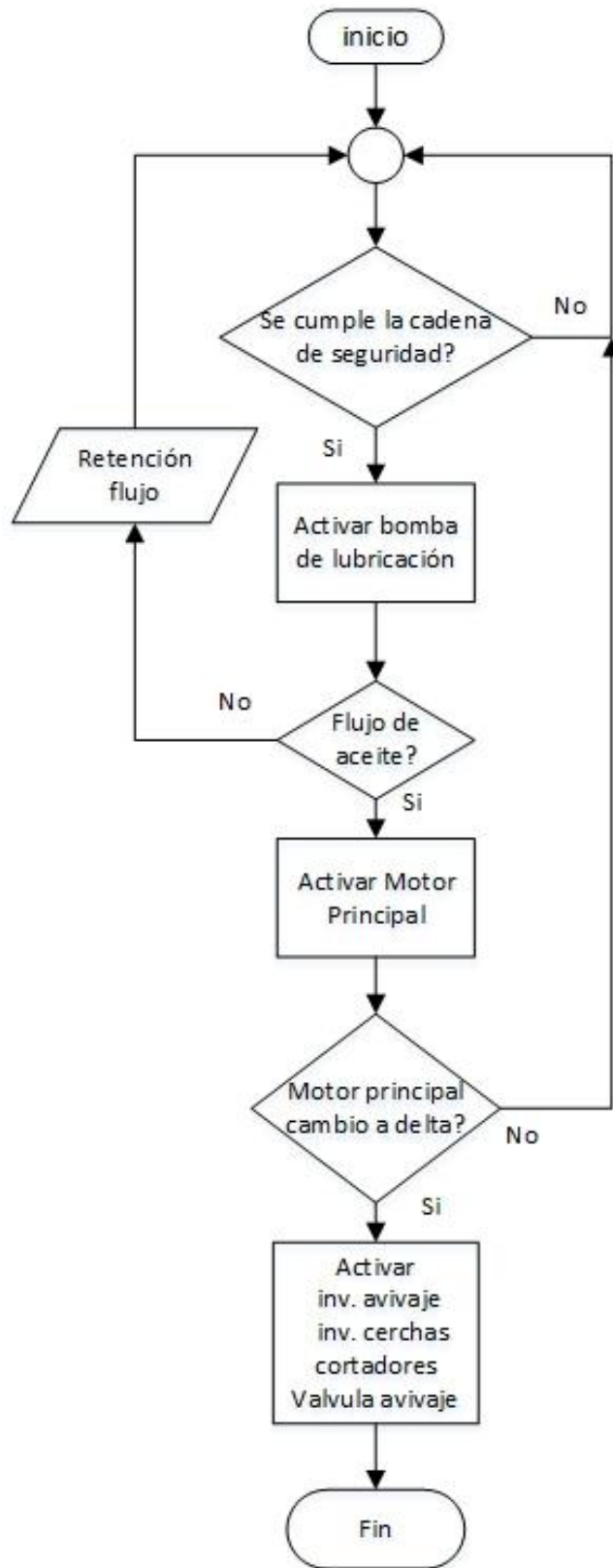


Figura 13. Diagrama de flujo del arranque general. Fuente: Autor.

A continuación se elaboró la lógica para maniobrar el aire comprimido, se ingresa un punto de consigna para la variable, luego el sensor de presión mide la señal eléctrica de corriente y la envía al controlador, el cual se encarga de manipular la válvula de suministro (Ver Figura 14).

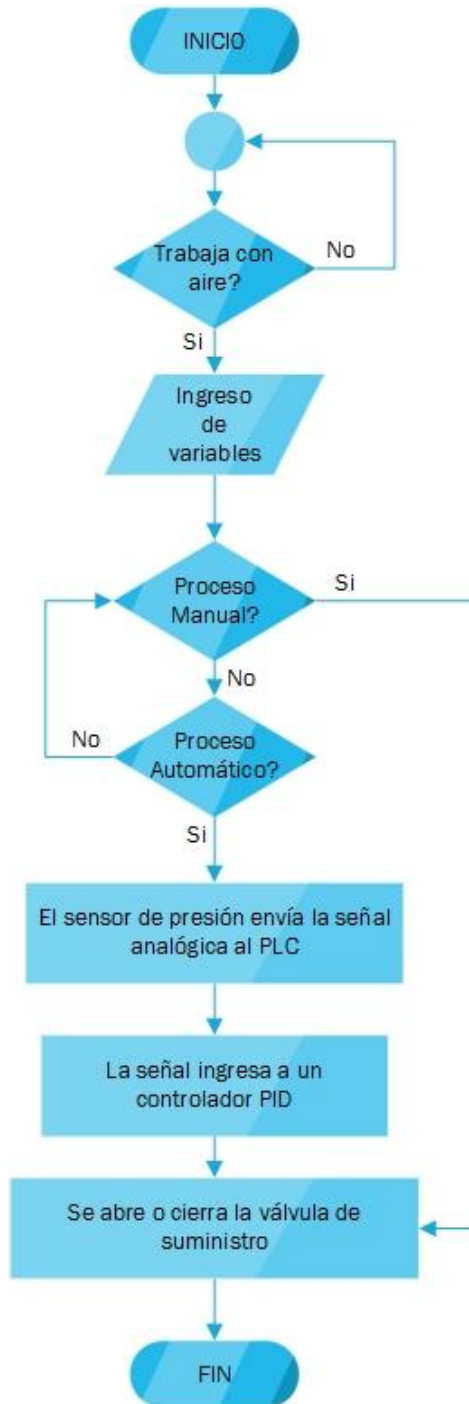


Figura 14. Diagrama de flujo operación de aire comprimido. Fuente: Autor.

Además para el control de temperatura, se construyó una rutina en la que se utilizó un bloque PID con salida de modulación de ancho de pulso (PWM) para maniobrar el elemento de calentamiento (Ver Figura 15).

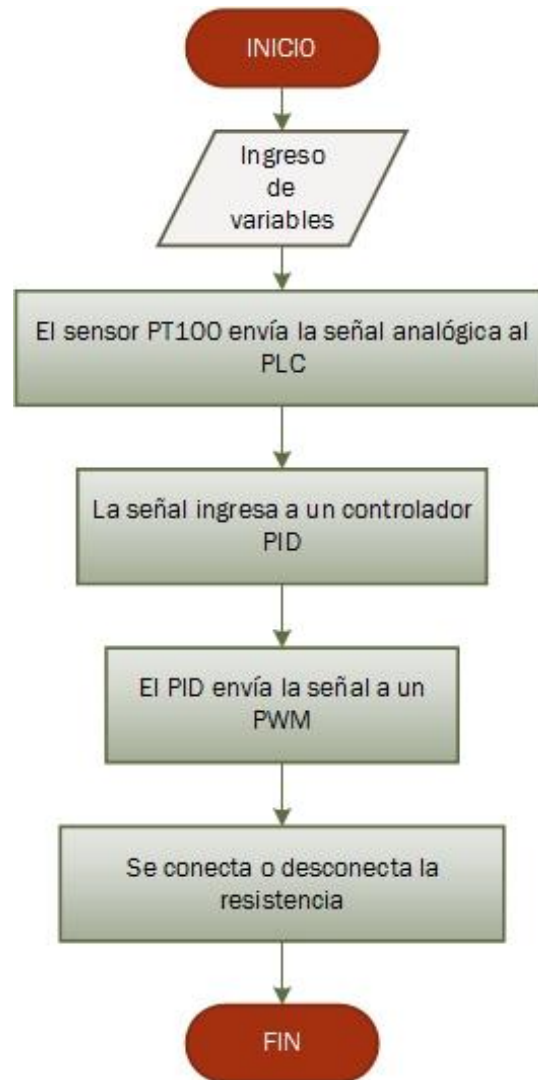


Figura 15. Diagrama de flujo control de temperatura. Fuente: Autor.

Finalmente se plasmó la lógica para el sistema de vaivén, la secuencia realiza la inversión de giro de un motor por medio de un inversor de frecuencia y la señal analógica de un sensor inductivo, para realizar las rampas que conforman el sistema (Ver Figura 16). Los algoritmos de control en lenguaje ladder de cada sistema los puede encontrar el lector en los apéndices C al F, para evidenciar su funcionamiento.

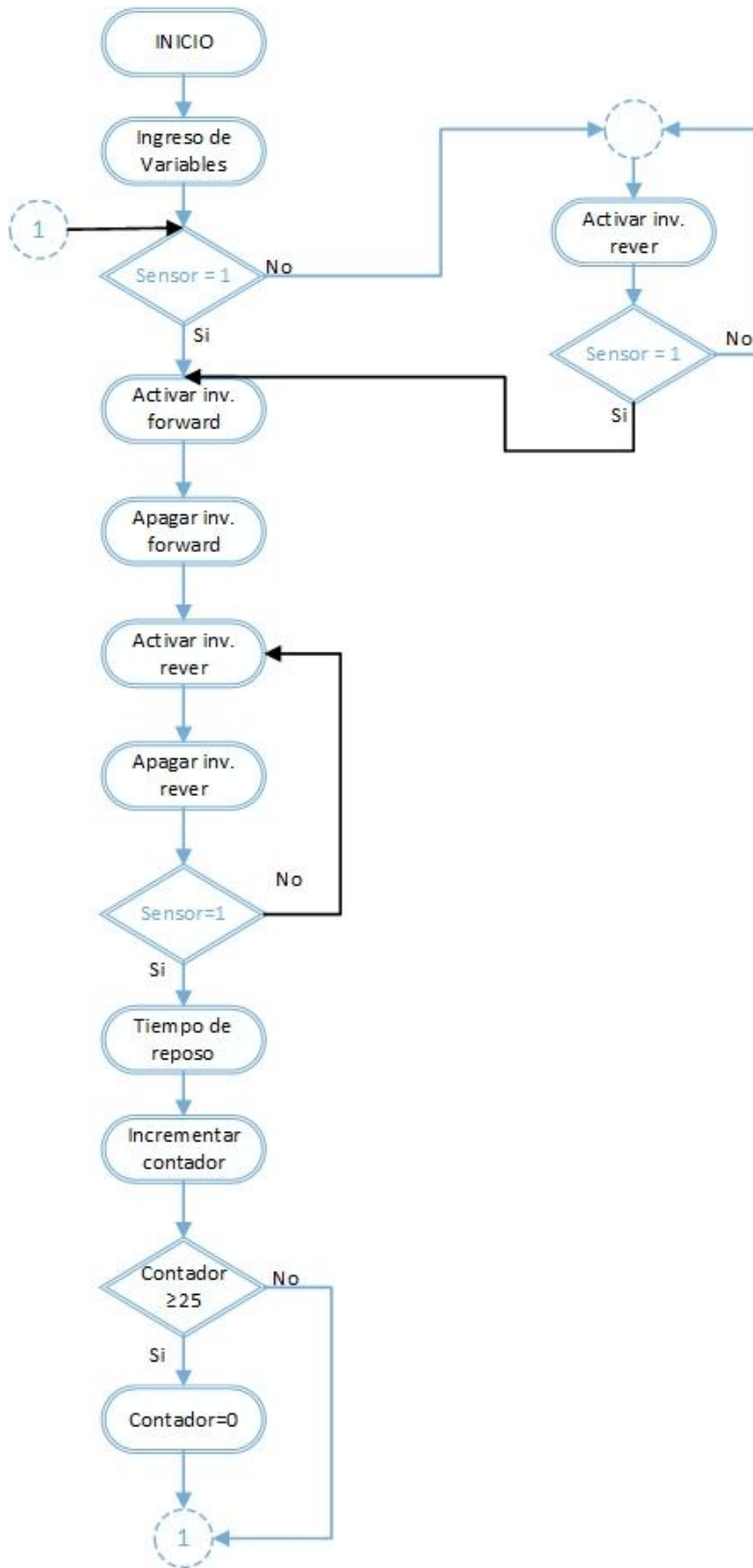


Figura 16. Diagrama de flujo del sistema de vaivén.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

De acuerdo a la información del sistema anterior y las necesidades del nuevo sistema, se requieren once entradas digitales, doce salidas digitales de tipo relé (Ver Tabla 6), cuatro entradas análogas y cuatro salidas análogas de 4-20mA y/o 0-10V para los sensores y transmisores.

Además son indispensables veintisiete entradas especiales tipo termopar o termosonda para los sensores de temperatura y así mismo veintisiete salidas digitales tipo transistor para la activación de los relés de estado sólido.

Tabla 6. Entradas y salidas digitales.

| Nombre de la variable | Dirección del puerto de entrada | Nombre de la variable | Dirección del puerto de salida |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Posición inicial | % I0 | Inversor modificador forward | % O0 |
| Suiche de seguridad | % I1 | Inversor modificador rever | % O1 |
| Modificador Estrellado adelante | % I2 | Inversor modificador (start/stop) | % O2 |
| Modificador Estrellado atrás | % I3 | K7 Bomba de lubricación | % O3 |
| Flujo de aceite | % I4 | K1 normal motor principal | % O4 |
| Cadena de seguridad TH | % I5 | K2 estrella motor principal | % O5 |
| Falla inversor de modificación | % I6 | K3 ½ delta motor principal | % O6 |
| Falla inversor vaivén (DHS) | % I7 | K4 delta motor principal | % O7 |
| Relé térmico motor de avivaje | % I8 | K5 motor extractor de humo | % O8 |
| Falla inversor de avivaje | % I9 | K6 cortadores de hilo | % O9 |
| TH motor principal | % I10 | K8 válvula de avivaje | % O10 |
| Falla inversor cerchas | % I11 | Run inversor rodillos de avivaje | % O11 |
| | | Run inversor de cerchas | % O12 |

En relación con las entradas y salidas necesarias, se seleccionó un PLC visión 280 de marca unitronics, por su confiabilidad, sencillez de programación y competitividad. Además al tener incluidos el PLC y HMI se genera un acoplamiento eficiente para la elaboración del proyecto para la texturizadora. En la Tabla 7 se pueden observar las características del hardware.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 7 Hardware PLC visión 280.

| Visión 280 | |
|---------------------------------|---|
| Opciones de I/O | |
| Snap-in IO módulos | Snap-in V218-E3XB Entradas: 18 digitales pnp/npn – 4 análogas – 2 de alta velocidad Salidas: 15 de relé y 2 de transistor pnp/npn – 4 análogas - 2 PWM/HO². |
| I/O expansión | Las I/Os locales o remotas pueden agregarse a través del puerto de expansión o vía CANbus. Expandir hasta 316 I/Os |
| Memoria de aplicación | 1MB |
| Tiempo de escaneo | 30µseg por 1K de aplicación típica |
| Operandos de memoria | 4096 bobinas, 2048 registros, 256 enteros largos (32 bits), 64 palabras dobles (32 bits sin signo), 24 memorias flotantes, 192 temporizadores, 24 contadores |
| Tablas de datos | Datos RAM dinámicos de 120K (parámetros de receta, registros de datos, etc.), hasta 192K de datos fijos |
| Panel del operador | |
| Tipo | Gráfica LCD en blanco y negro FSTN |
| Resolución y tamaño de pantalla | 320 x 240 píxeles (QVGA), área activa de 4.7 " |
| Pantalla táctil | Resistivo, Analógico |
| Teclado | |
| Numero de teclas | 27 teclas etiquetadas por el usuario |
| General | |
| Fuente de alimentación | 12/24 VDC |
| Batería de reserva | 7 años típicos a 25 ° C, respaldo para todas las secciones de memoria y reloj en tiempo real (RTC) |
| Ambiente | IP65 / NEMA4X (para panel, cuando está montado) |
| Estándar | CE, UL |

Fuente: (Unitronics, 2017).

El snap-in elegido con este controlador tiene incorporadas entradas y salidas como se muestra en los datos relacionados en la tabla 7 por lo tanto fue necesario agregar módulos de entradas de temperatura y salidas digitales para cubrir los requerimientos del sistema (Ver Tabla 8).

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 8. *Módulos de expansión para el PLC seleccionado.*

| Módulo | # de módulo | Tipo | Descripción |
|----------|-------------|-------------------------|---|
| IO-PT400 | 7 | Entradas de temperatura | 4 entradas de medición de temperatura por PT100 |
| IO-TO16 | 2 | Salida digital | 16 salidas digitales de transistor pnp |
| EX – RC1 | 1 | Interface | Interface OPLC y módulos de expansión |
| EX – A2X | 1 | Interface | Interface entre OPLC y módulos de expansión |

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de los sistemas fue importante discriminar todos sus componentes, ya que esto permitió la identificación de todos los factores que intervienen en el proceso y su relevancia, con esto se determinó que el sistema más importante es el arranque general, ya que este con ayuda la bomba de lubricación define la vida útil del sistema mecánico. Además con la separación de los procesos se obtuvo un panorama general de las variables a controlar por medio del PLC, para luego proceder a la programación.

El diseño del sistema eléctrico de potencia fue desarrollado haciendo uso de la NTC2050, con esto fue posible obtener los dispositivos de protección, calibre y tipos de cables a usar para la alimentación de los motores y transformadores. Además se eligieron los elementos de maniobra convenientes para un funcionamiento adecuado del sistema.

Se utilizaron relés para el control de los contactores de potencia, por lo que la salida del PLC controla la bobina del relé y este activa la bobina de los contactores de potencia (Ver Figura 17).

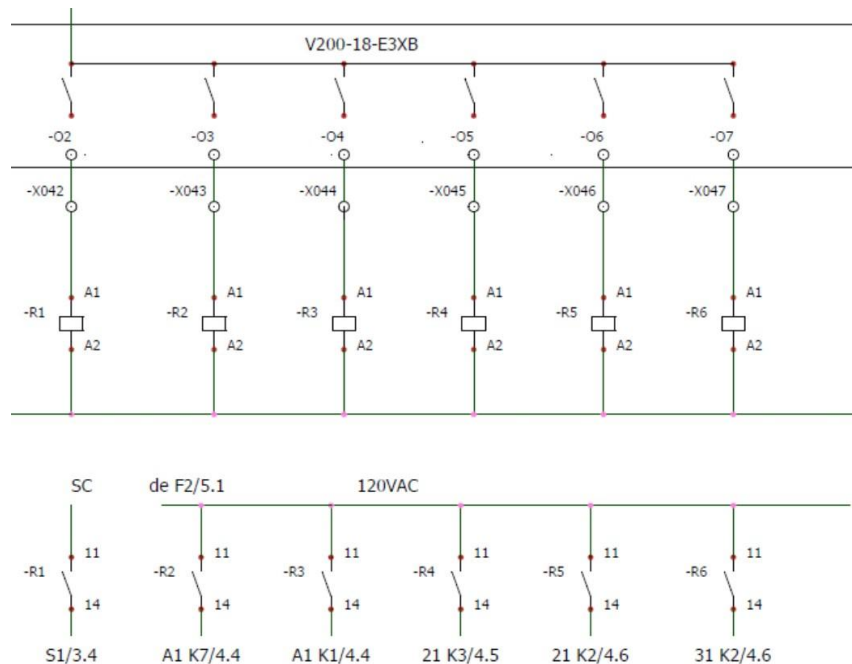


Figura 17. Conexión de las señales de salida desde el PLC. Fuente: Autor.

Los planos eléctricos de control y de potencia fueron planteados a mano alzada y posteriormente digitalizados en solidworks electrical, de acuerdo a la norma IEC y los diseños eléctricos realizados previamente (Ver Figura 18).

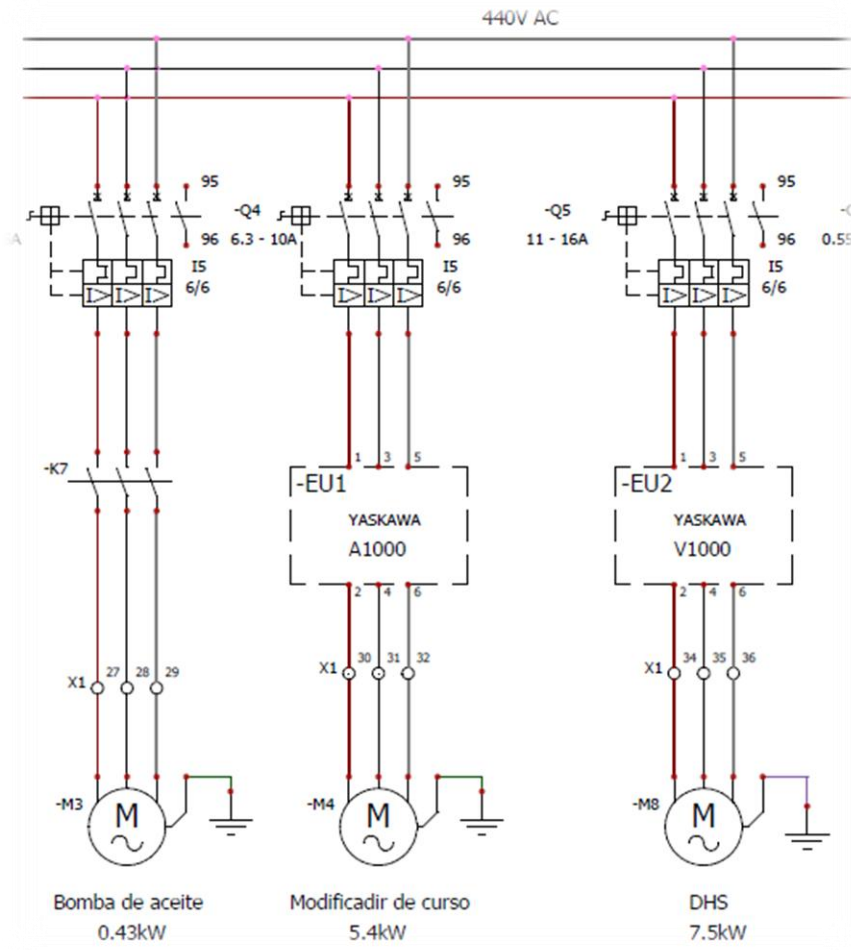


Figura 18. Planos de potencia del sistema vaivén y bomba de lubricación. Fuente: Autor.

De igual forma se plantearon los Diagramas de Tubería e Instrumentación (por sus siglas en ingles P&ID), los cuales fueron digitalizados en el software Visio teniendo en cuenta la norma ISA (Ver Figura 19) y de esta manera tener una base para desarrollar los esquemas de control del sistema. Los planos eléctricos de potencia y control que se realizaron para este proyecto se encuentran el apéndice A y los P&ID completos se encuentran el apéndice B donde se pueden visualizar con mayor claridad.

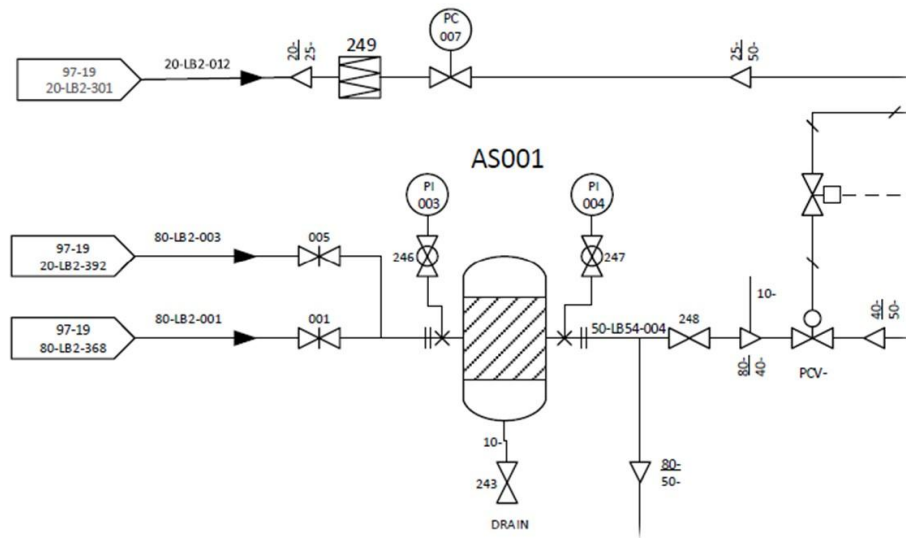


Figura 19. P&ID de texturizadora de hilo.

El programa de control y la interfaz fueron desarrollados mediante el software visilogic, por medio de éste, se configuró el hardware a utilizar y los módulos de expansión elegidos (Ver Figura 20). Seguidamente se programaron las entradas y salidas planteadas en el snap-in y se configuraron las entradas de temperatura y las salidas para los relés de estado sólido en los módulos de expansión (Ver Figura 21).

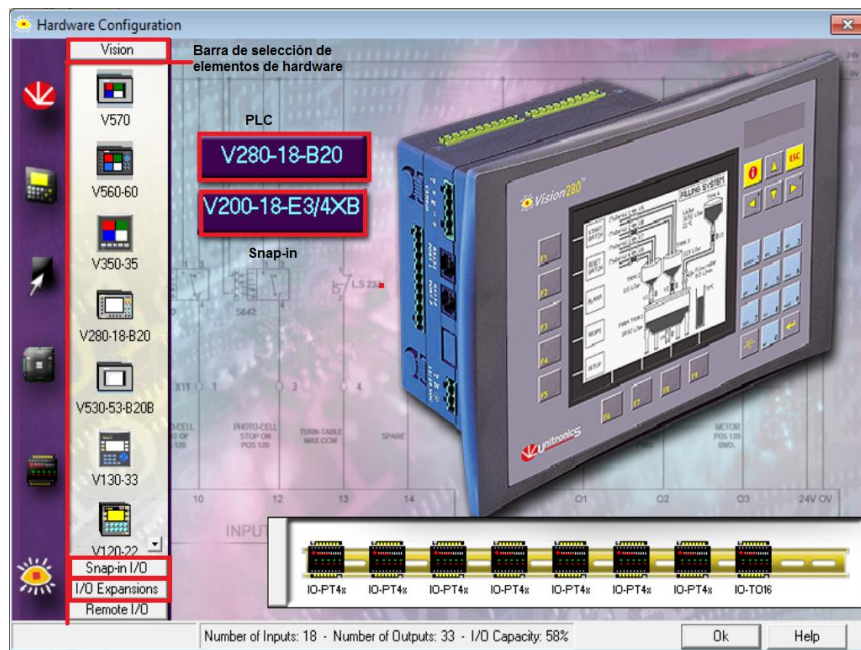


Figura 20. Configuración de hardware en visilogic. Fuente: Autor

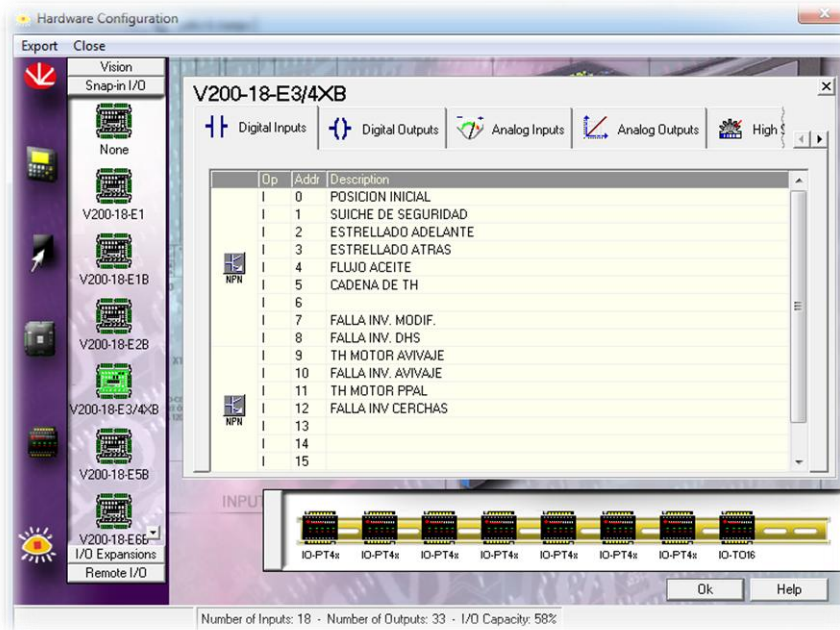


Figura 21. Configuración de entradas. Fuente: Autor.

Con la configuración terminada se realizó la conexión entre la pantalla y el PLC, lo cual se visualiza en la Figura 22, con el fin de vincular las variables usadas en la programación ladder con las variables locales de la pantalla.

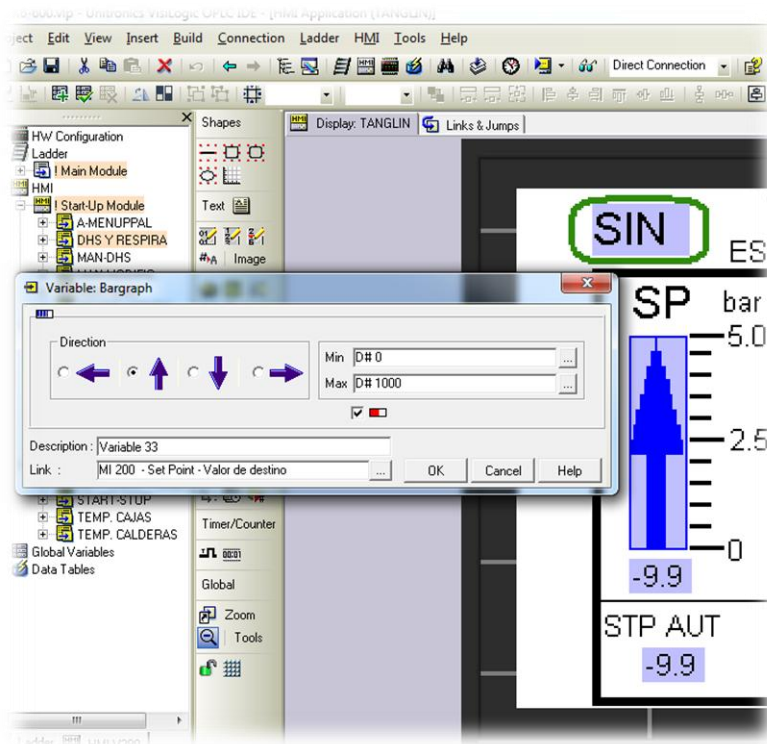


Figura 22. Configuración de variables de pantalla en visilogic. Fuente: Autor.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

El resultado final de la propuesta corresponde a la unión del algoritmo de control y la interfaz de usuario, exponiendo el comportamiento generado por las variables controladas. A continuación, se describe el software desarrollado para la operación de la texturizadora.

Al acceder a la máquina se muestra la pantalla de inicio (Ver Figura 23) la cual contiene la hora y fecha, además de los botones que lo trasladara a las pantallas siguientes de trabajo. El botón F7 transfiere a la pantalla donde se encuentran alojados los botones inicio y paro, además muestra el estado en el que se encuentra la máquina (Ver Figura 24).

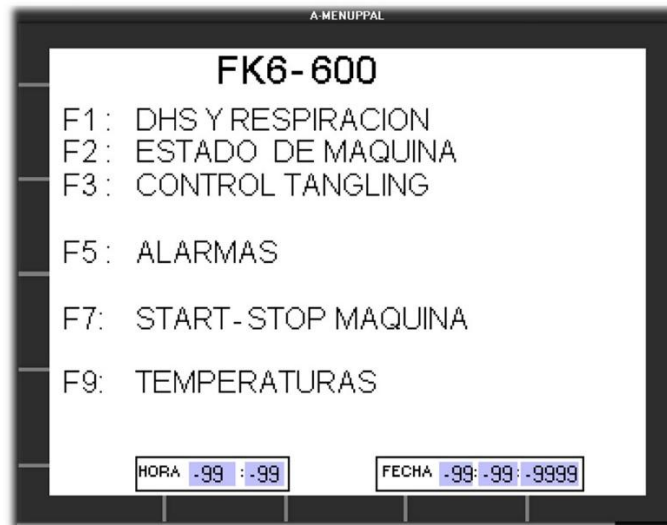


Figura 23. Pantalla inicial del programa. Fuente: Autor.



Figura 24. Start/stop de texturizadora. Fuente: Autor.

En la pantalla de tangling o chorro de aire, permite seleccionar el modo de operación (manual o automático), además permite elegir si se va a ser uso o no del aire comprimido (Ver Figura 25).

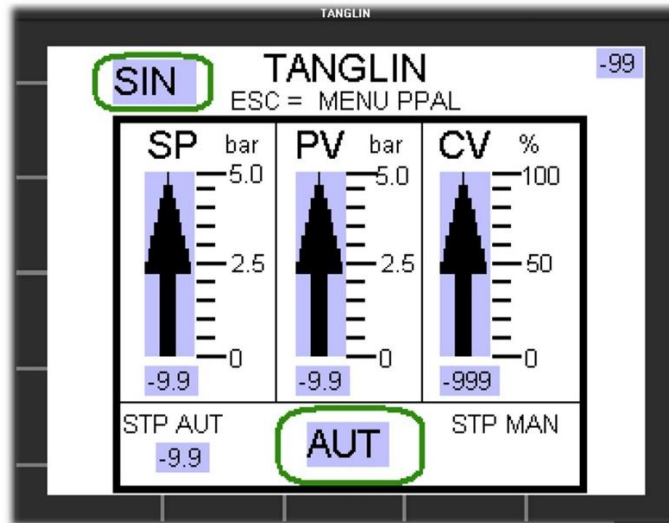


Figura 25. Control de aire comprimido. Fuente: Autor.

En la pantalla de temperaturas, está alojado un botón que desactiva el uso de las cajas de calefacción, también se visualizan la temperatura de las nueve cajas que conforman la texturizadora y el setpoint de trabajo (Ver Figura 26). De allí se puede dirigir oprimiendo F1 a la pantalla de temperatura calderas (ver Figura 27) o F2 para ir a setpoint donde se ingresa el punto de consigna para la variable de temperatura (Ver Figura 28).

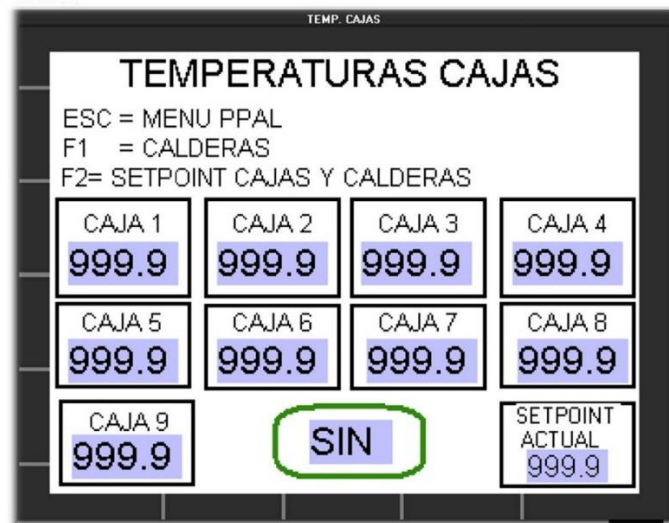


Figura 26. Temperatura de cajas. Fuente: Autor.

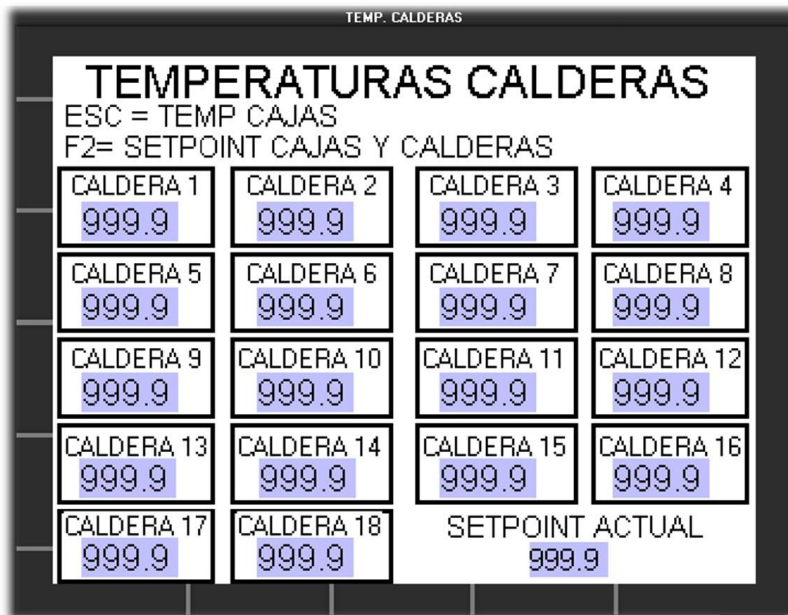


Figura 27. Temperatura de calderas. Fuente: Autor

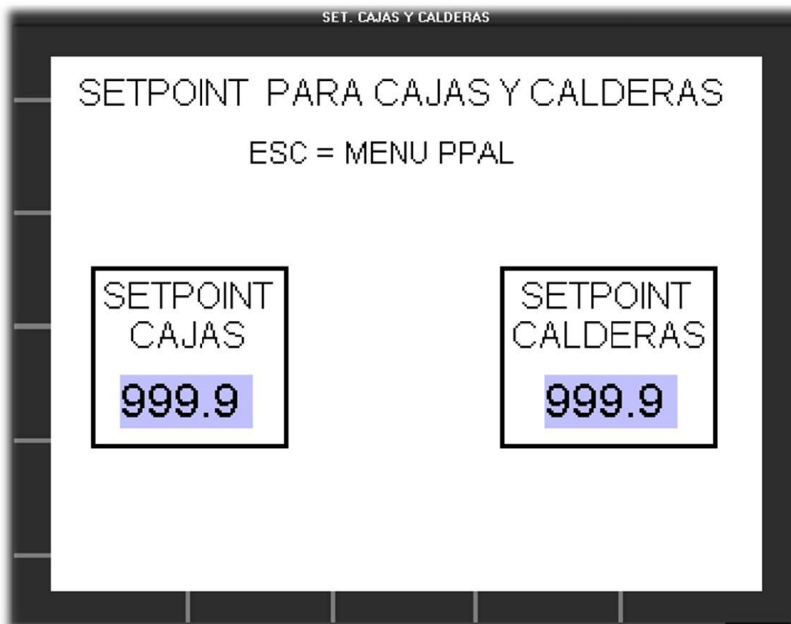


Figura 28. Setpoint para temperaturas. Fuente: Autor

En las pantallas de modificación y respiración se ajustan los parámetros de distancias, setpoint de los DHS y tiempos con los que va a trabajar el sistema de vaivén (Ver Figura 29).



Figura 29. Perturbación del vaivén. Fuente: Autor

Finalmente en la pantalla de alarmas se pueden observar las situaciones anómalas que aparecen en los sistemas que intervienen en la texturizadora de hilo (Ver Figura 30).

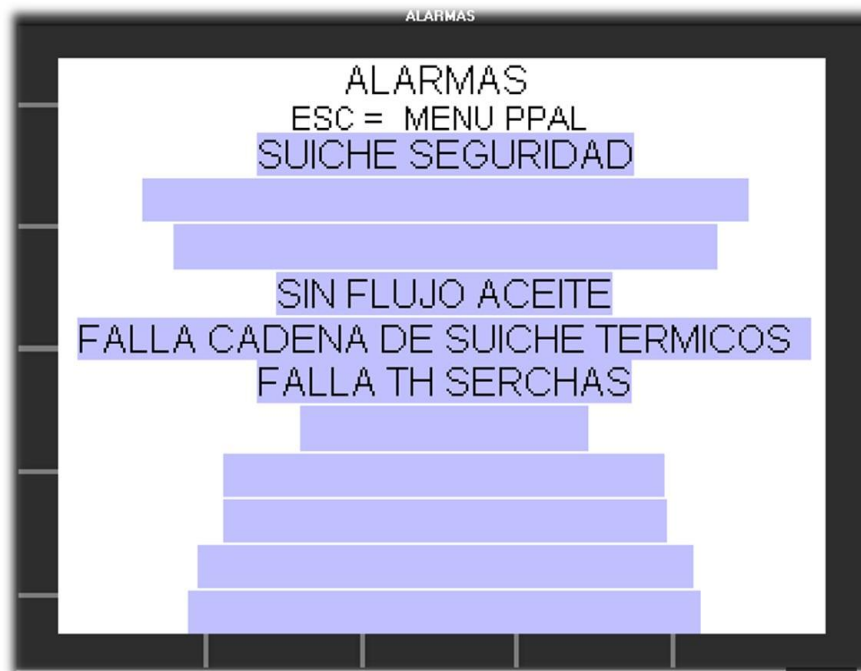


Figura 30. Alarmas. Fuente: Autor.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- El diseño de un sistema automatizado por medio de controladores lógicos programables y HMI, permiten optimizar el control en la operación de una texturizadora de hilo.
- La discriminación de los sistemas y los elementos que los conforman, permitió identificar las variables críticas como el flujo del aceite de lubricación, la temperatura, presión de aire comprimido y los tiempos del sistema vaivén, que son susceptibles de automatizar.
- Para cada variable se plantea una interfaz de control que hace posible la comunicación entre un PLC, HMI y los componentes de una texturizadora de hilo.
- El diseño del sistema eléctrico de potencia y control permite establecer los nuevos parámetros de los componentes que fueron intervenidos y los requerimientos de funcionamiento para los diferentes componentes del sistema y así evitar fallos en la texturizadora de hilo.

5.1 Trabajo futuro

- implementar el proyecto en una texturizadora que no tenga un sistema de control automatizado, para evidenciar la mejora obtenida después de ser intervenida.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, con el fin de comprobar el correcto funcionamiento tanto del software, como de los elementos eléctricos y de control que intervienen el proceso.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

REFERENCIAS

- Alphonsus, E. R., & Abdullah, M. O. (2016). A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *60*, 1185–1205. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.025>
- Arian, C. E. I. (2006). Pt100 su operación, instalación y tablas. Retrieved from <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Avilés Bautista, D. F., & Tapia Claudio, E. F. (2015). *Repotenciación de una sopladora de polietileno marca magic mp en la empresa inplastico con una potencia aproximada de 40 hp, mediante la implementación de un sistema automatizado con la utilización de PLC's e interfaces HMI, en el periodo 2013-2014*. LATACUNGA / UTC / 2015. Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2949/1/T-UTC-3397.pdf>
- Barmag. (2006). COCOON: A new quality in manual texturing is born | TechnoFront | Features | The ITJ. *The Indian Textile*. Retrieved from <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=1>
- Hearle, J. W. S., Hollick, L., & Wilson, D. K. (2001). *Yarn texturing technology*.
- lovev, A. N., & Yakimov, P. I. (2015). Application of PLC as a Gateway in a Network of Smart Power Transducers. *IFAC-PapersOnLine*, *48(24)*, 95–98. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2015.12.063>
- Lockuán Lavado, F. E. (2013). *La industria Textil y su control de calidad Fibras textiles*. Retrieved from https://ia801708.us.archive.org/21/items/II.LITYSCDC_201305/II.La industria textil y su control de calidad.pdf
- Oerlikon. (2011). Texturing Units Temco® FTS61. Retrieved September 24, 2018, from www.components.oerlikontextile.com
- Poma Alejandro, M. E. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para una máquina texturizadora en la planta de fibras textiles ENKADOR*. QUITO/EPN/2014. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7346/1/CD-5488.pdf>
- Priyanka, E. B., Maheswari, C., & Meenakshipriya, B. (2016). Parameter monitoring and control during petrol transportation using PLC based PID controller. *Journal of Applied Research and Technology*, *14(2)*, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.jart.2016.03.004>
- Quezada, J. C. Q., Flores, E. G., Quezada, V. A., & Bautista, J. L. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, *15(1)*, 41–50. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(15\)30005-6](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(15)30005-6)
- Rocatek. (2010). Automatización y Control Industrial. Retrieved September 30, 2018, from http://www.rocatek.com/forum_automatizacion_industrial.php

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Rojas Segarra, X. A., & Correa Anchundia, G. A. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión HMI para máquina barnizadora de la empresa El Telégrafo*. Universidad Politécnica Salciana. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10403/1/UPS-GT001448.pdf>

Tavera, A. G. C. (2014). *EL SECTOR TEXTIL EN COLOMBIA: ¿COMO SER MÁS COMPETITIVOS?* universidad militar nueva granada. Retrieved from <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12920/1/Ensayo Especializacion. EL SECTOR TEXTIL EN COLOMBIA ¿COMO SER MÁS COMPETITIVOS.pdf>

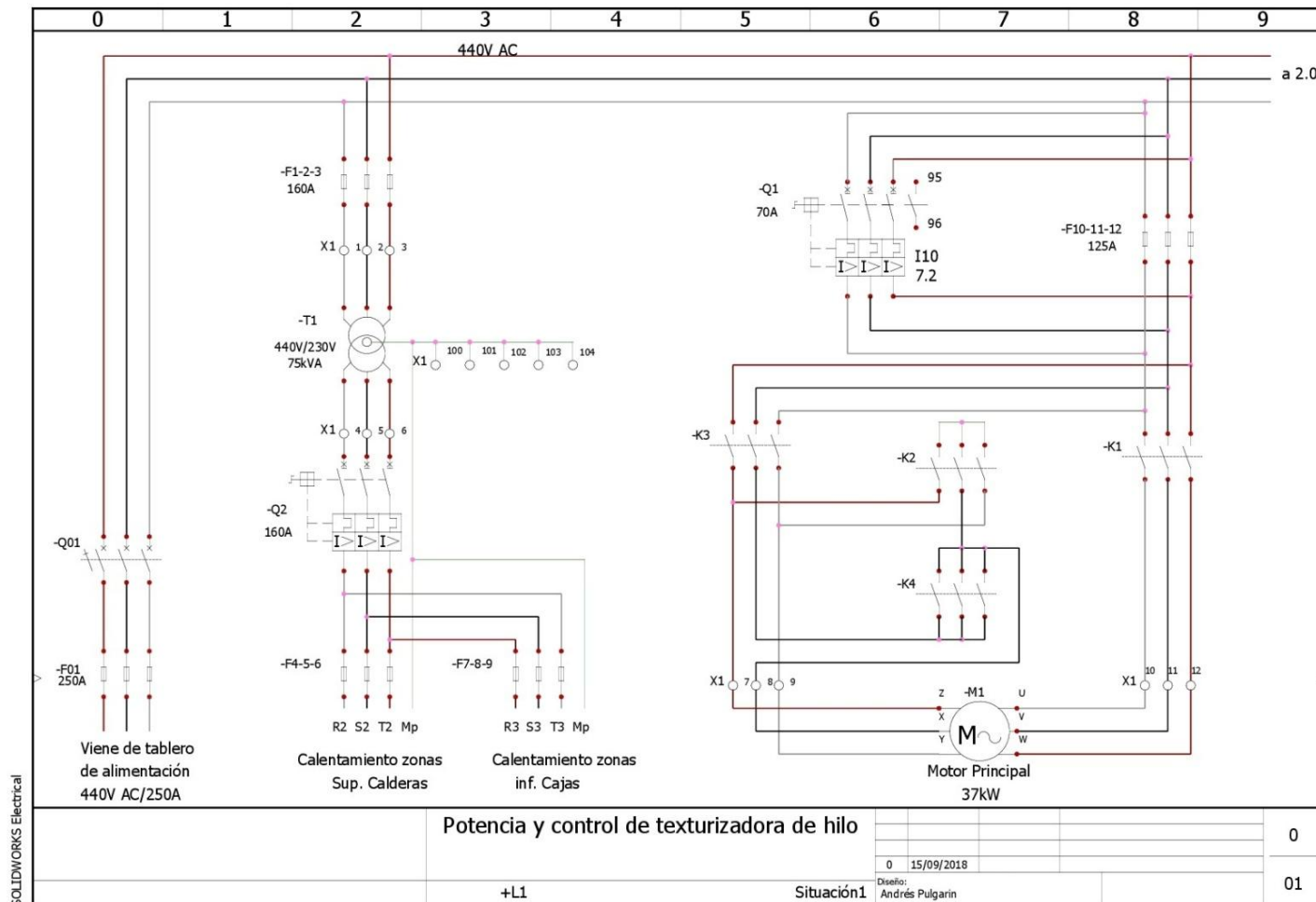
Unitronics. (2017). PLC controller- Vision560 with integrated HMI. Retrieved September 24, 2018, from <https://unitronicsplc.com/vision-series-vision560/>

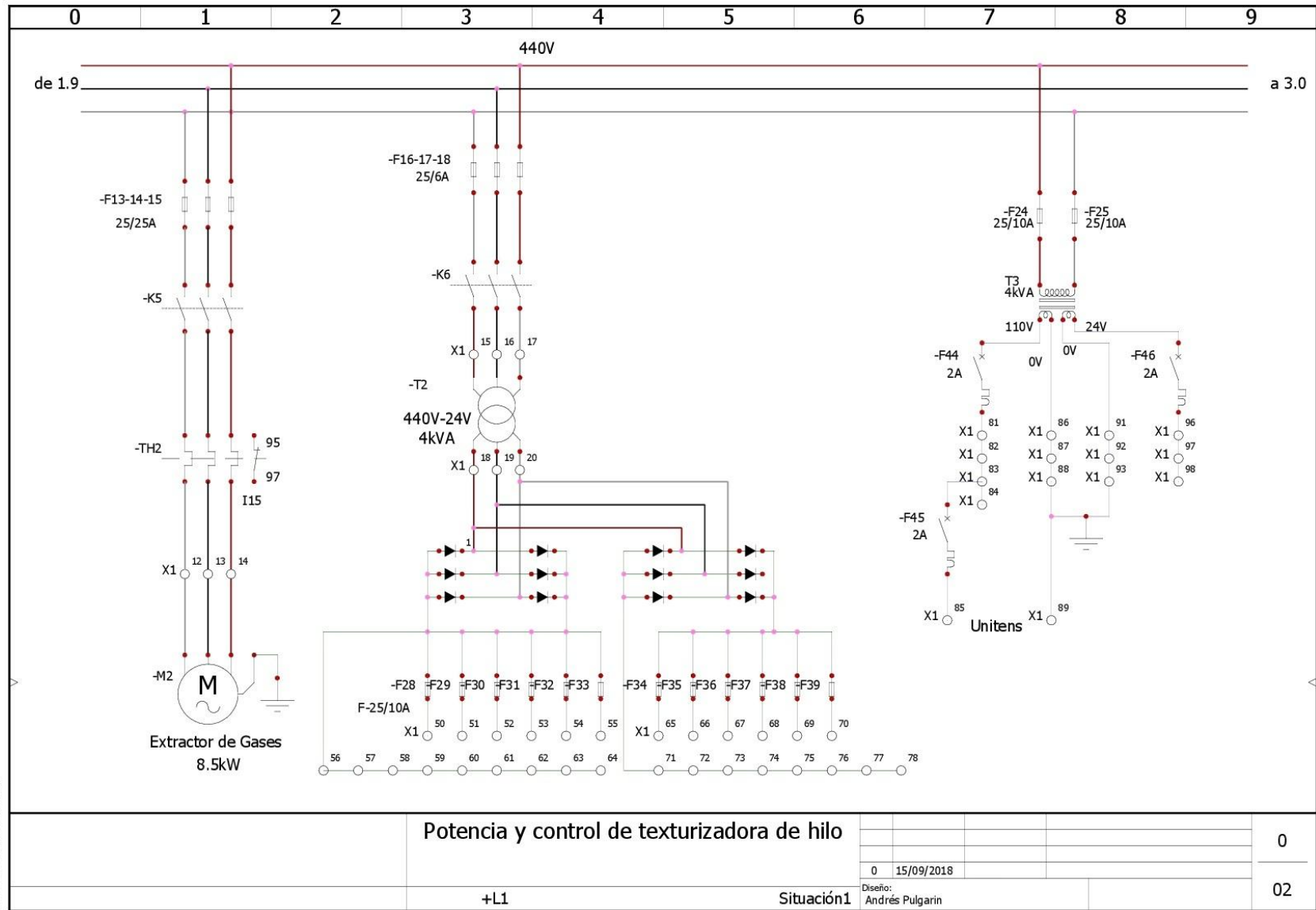
Vagia, M., Transeth, A. A., & Fjerdings, S. A. (2016). A literature review on the levels of automation during the years. What are the different taxonomies that have been proposed? *Applied Ergonomics*, 53, 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.09.013>

Xiame. (2016). POY. Retrieved October 4, 2018, from <http://spanish.textilesyarn.com/sale-8540260-high-tenacity-polyester-core-spun-yarn-poy-150d-48f-for-weaving-fabric.html>

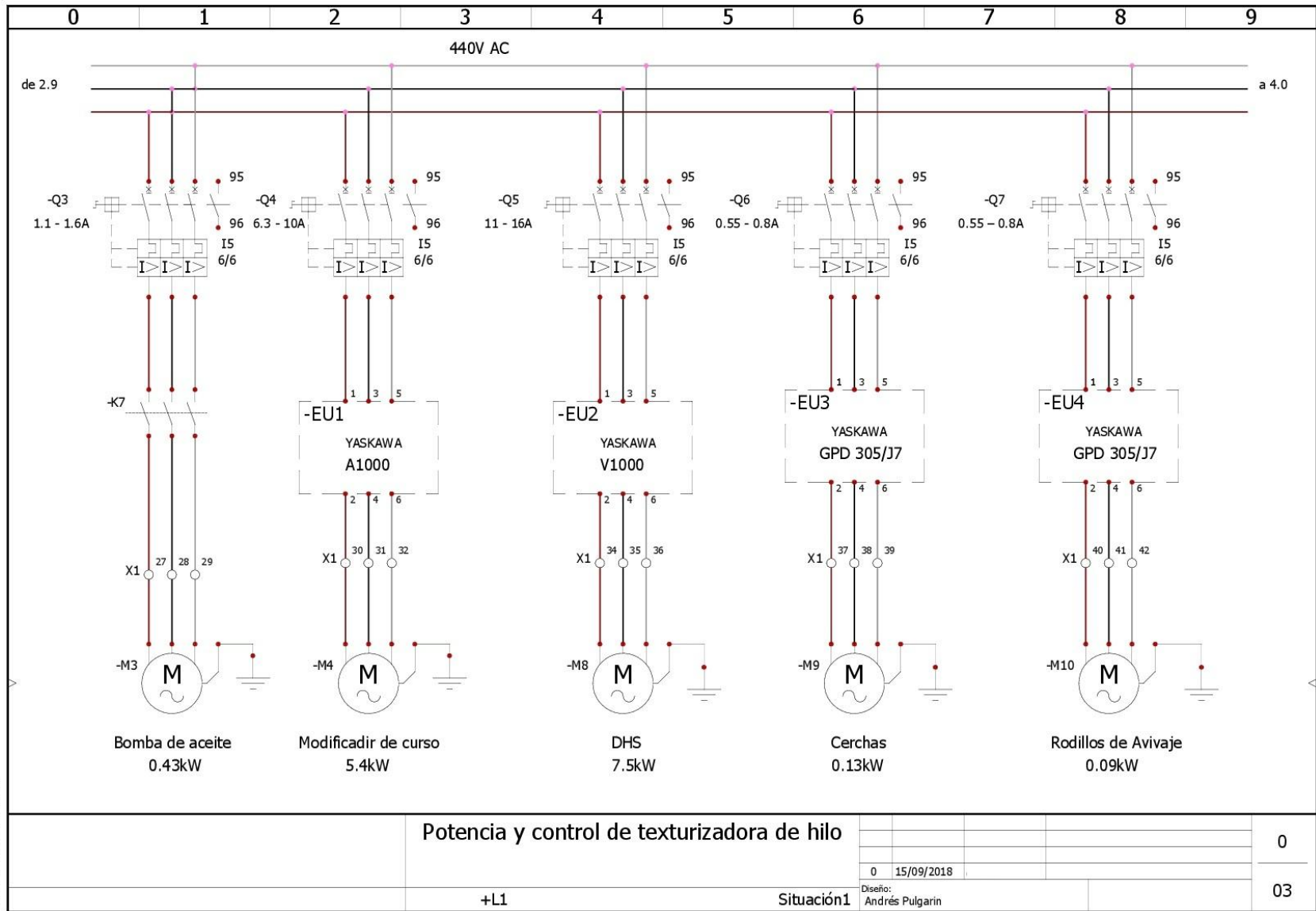
APÉNDICE

Apéndice A. Planos eléctricos y de control

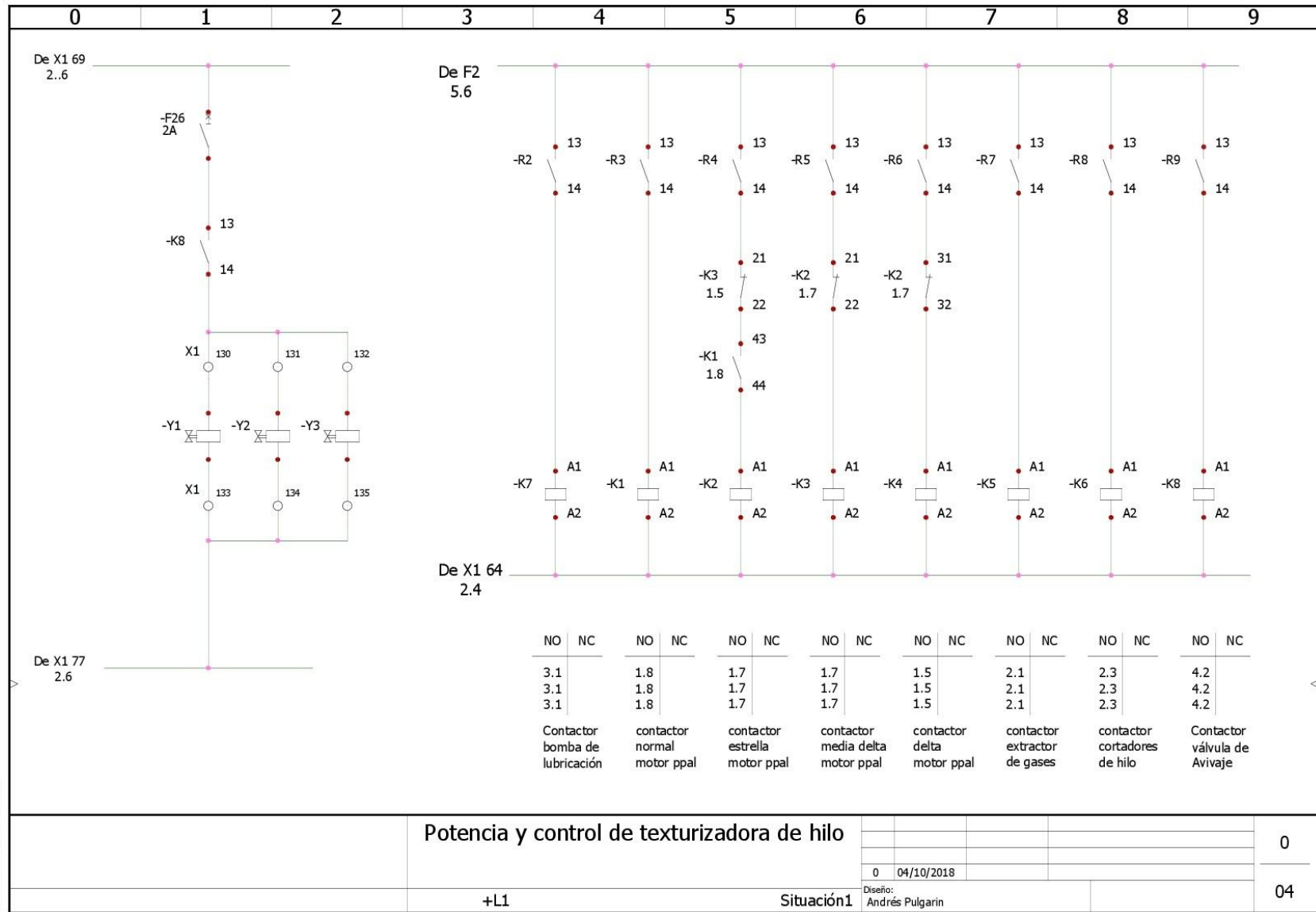




SOLIDWORKS Electrical

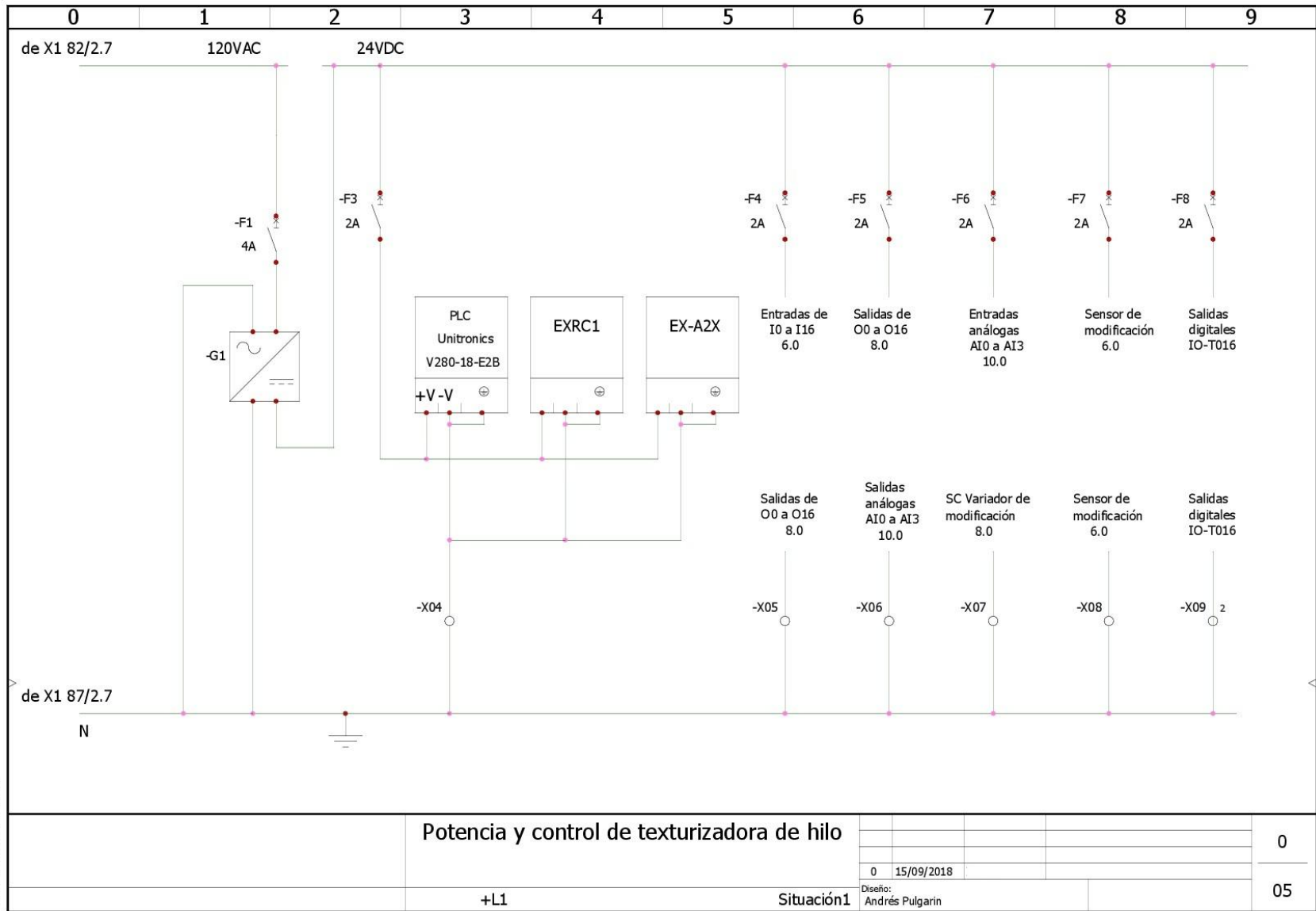


SOLIDWORKS Electrical

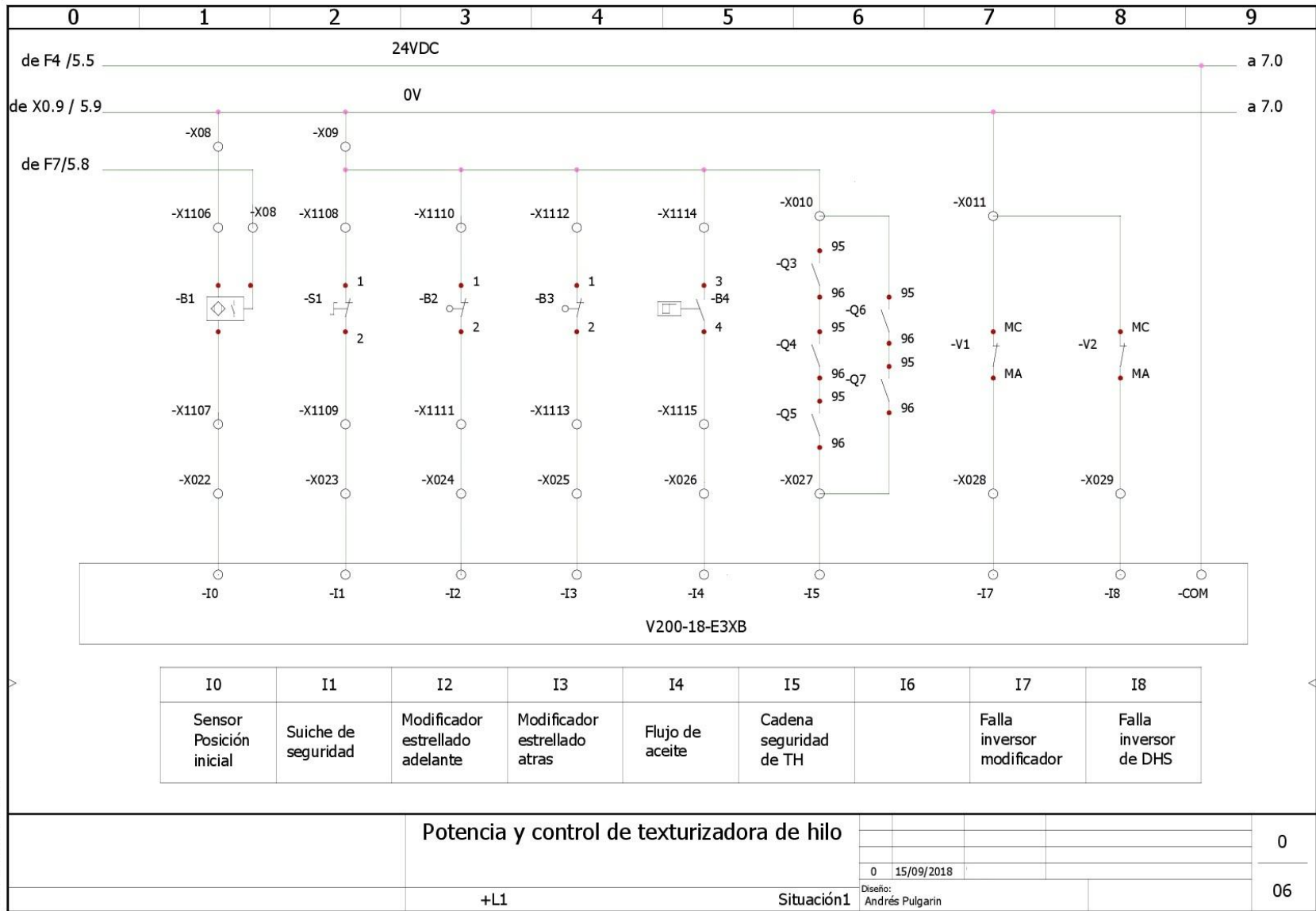


SOLIDWORKS Electrical

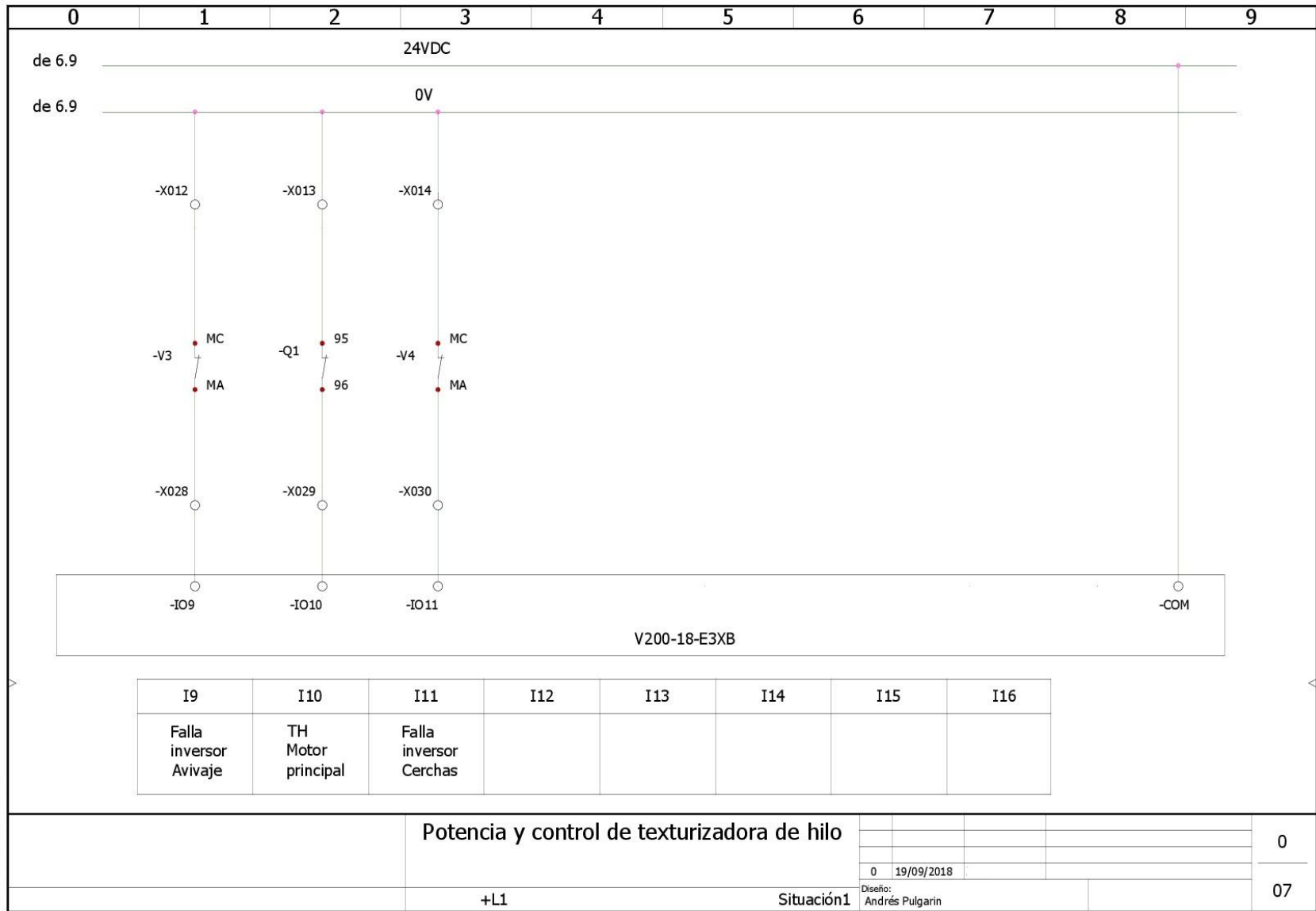
| | |
|---------|------------|
| Código | FDE 089 |
| Versión | 03 |
| Fecha | 2015-01-22 |



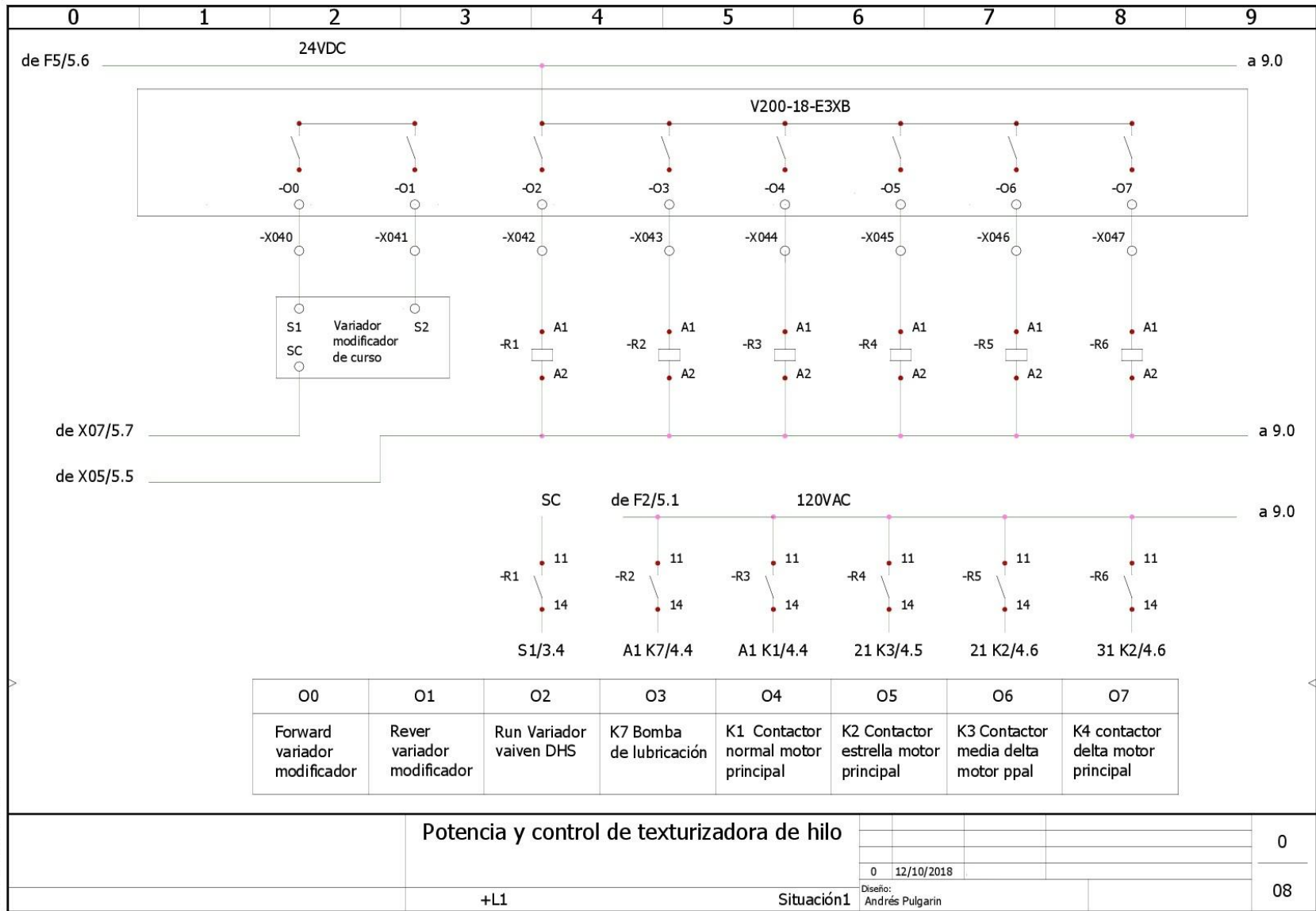
SOLIDWORKS Electrical



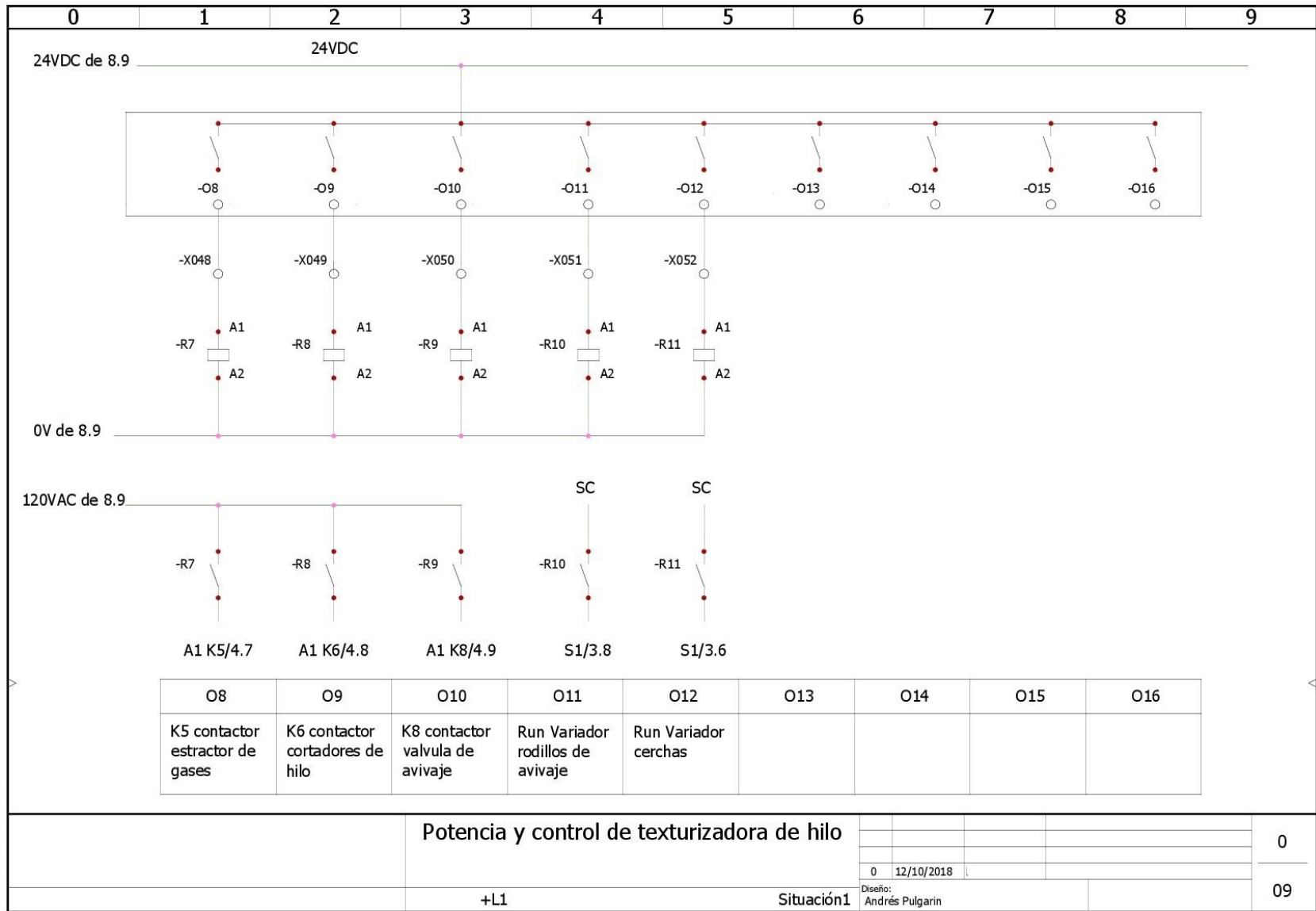
SOLIDWORKS Electrical



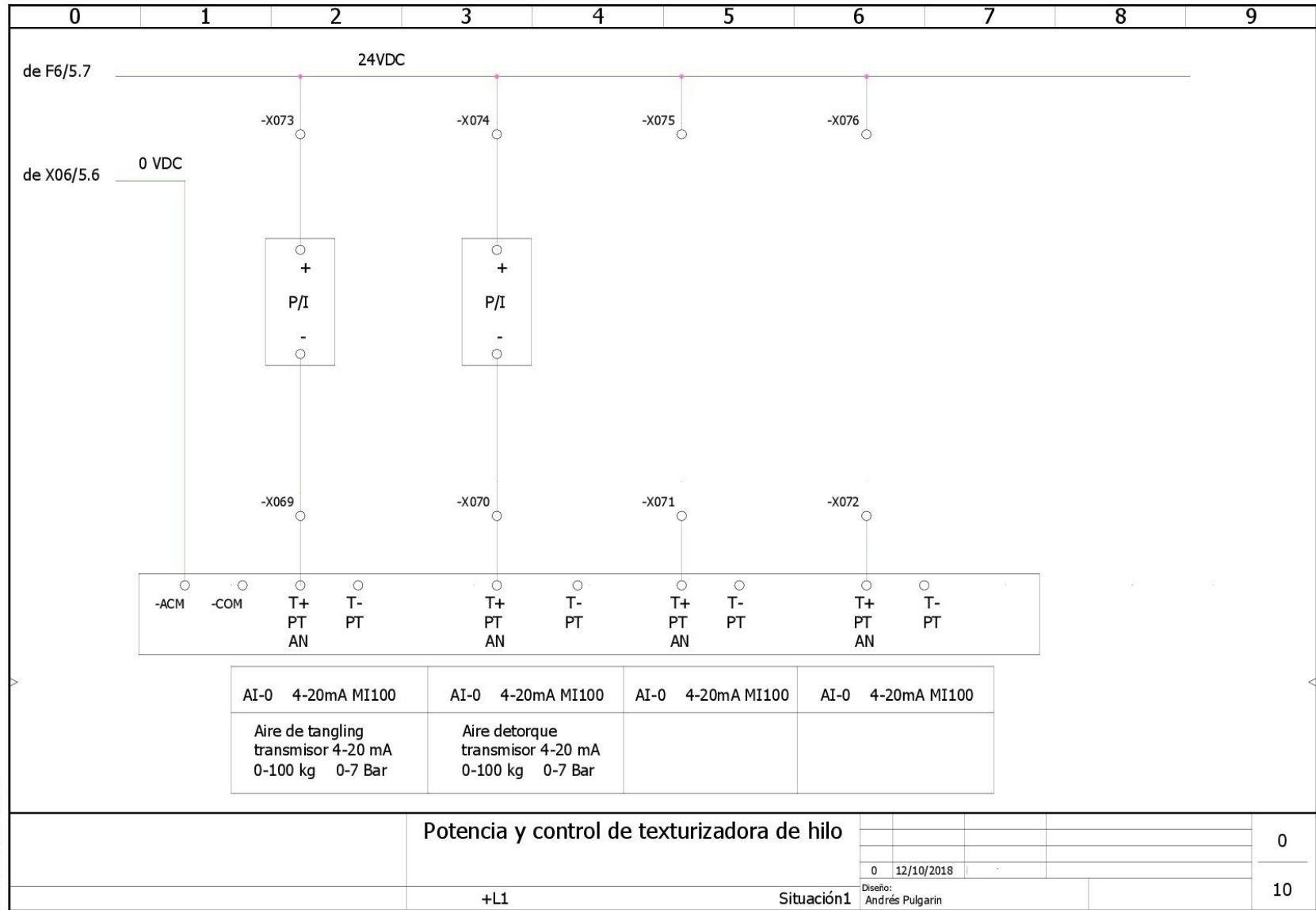
SOLIDWORKS Electrical



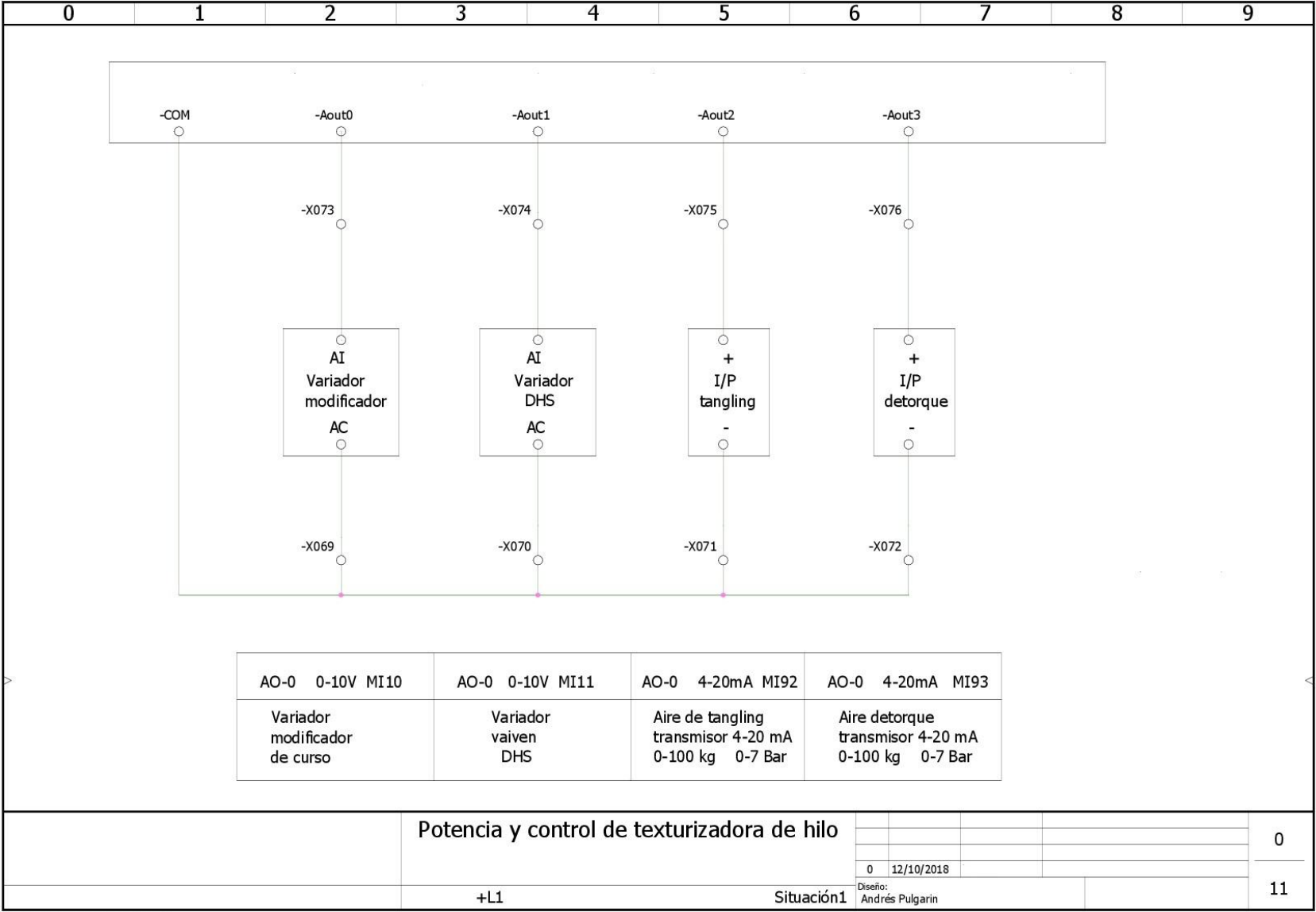
SOLIDWORKS Electrical



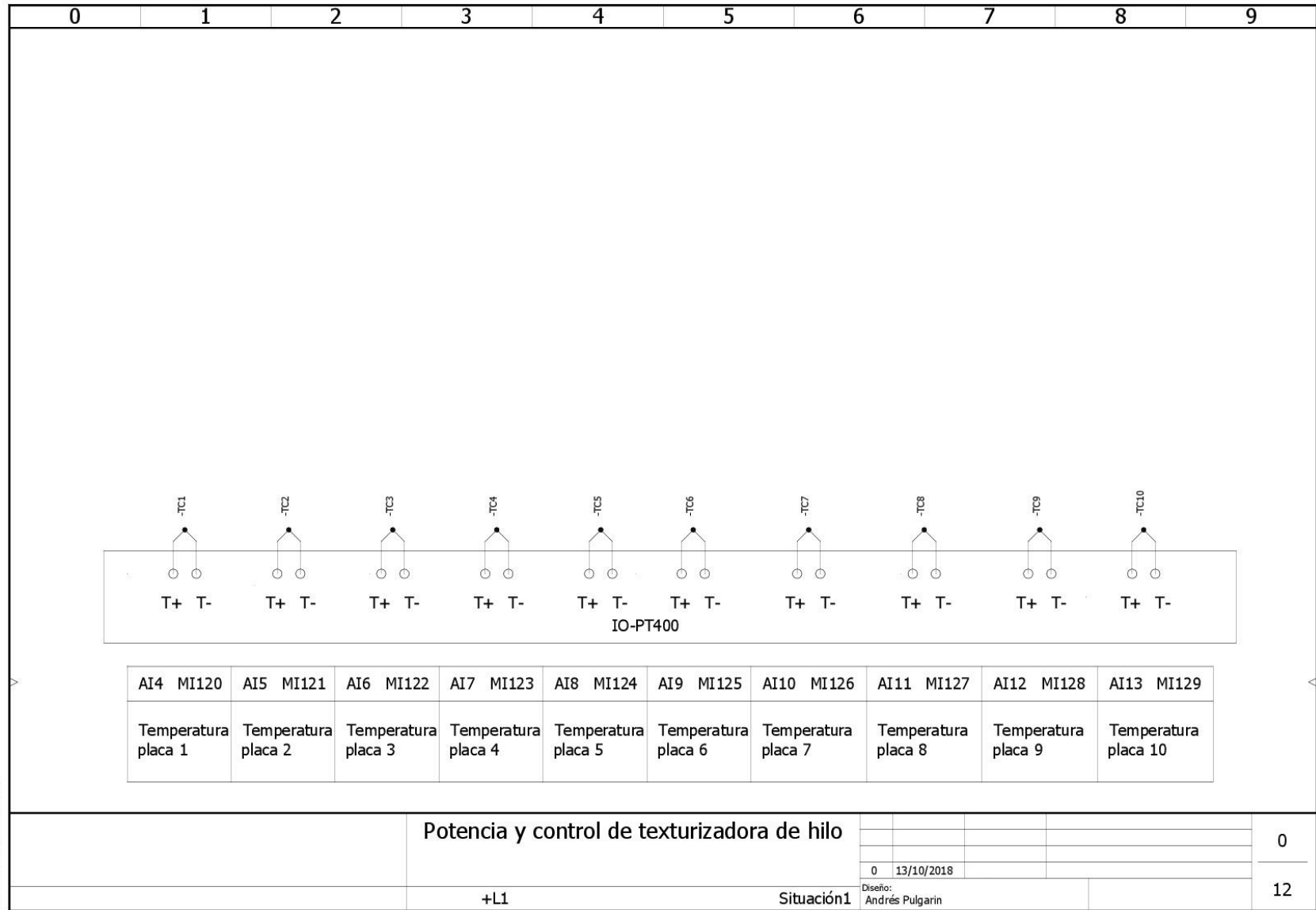
SOLIDWORKS Electrical



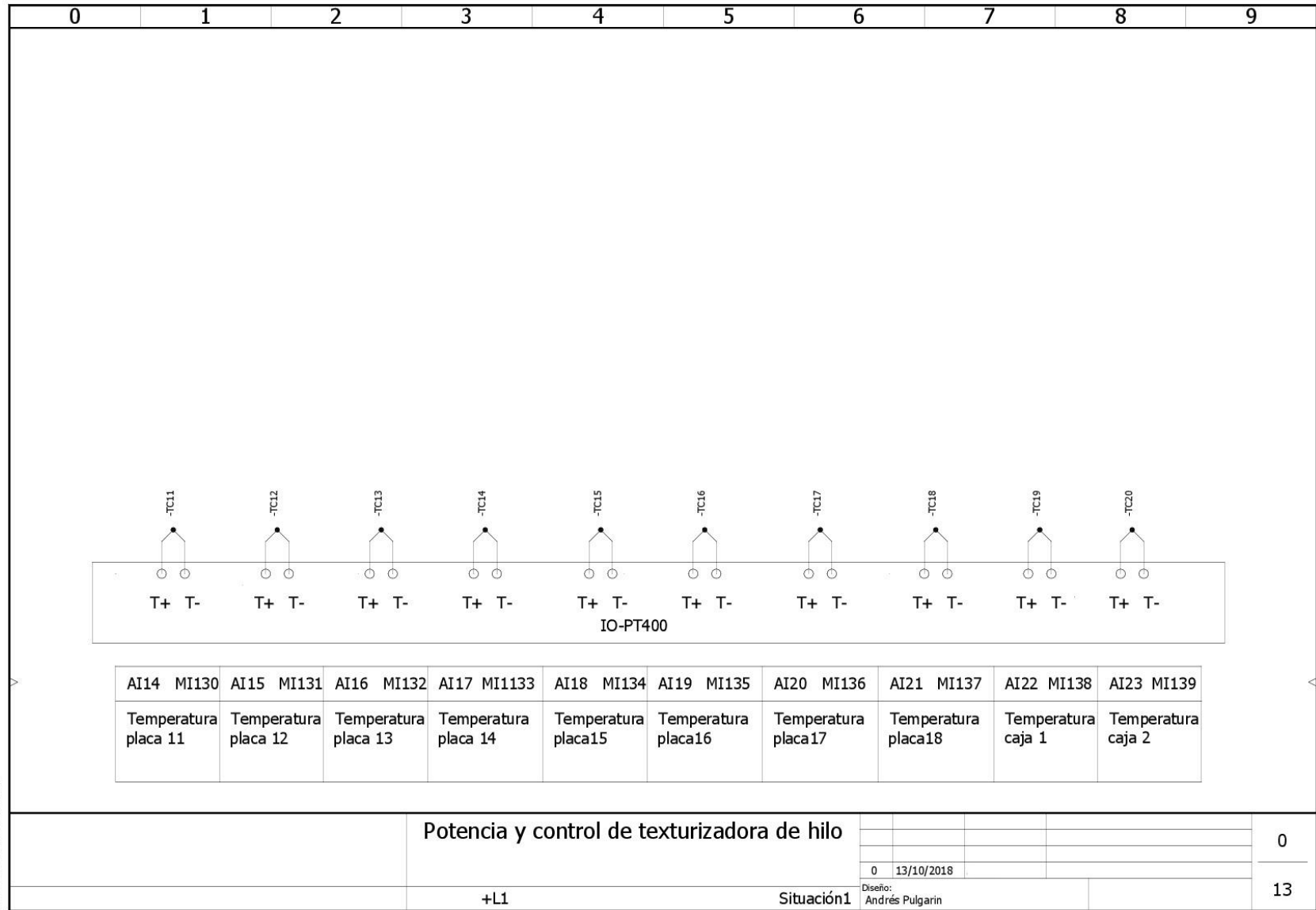
SOLIDWORKS Electrical



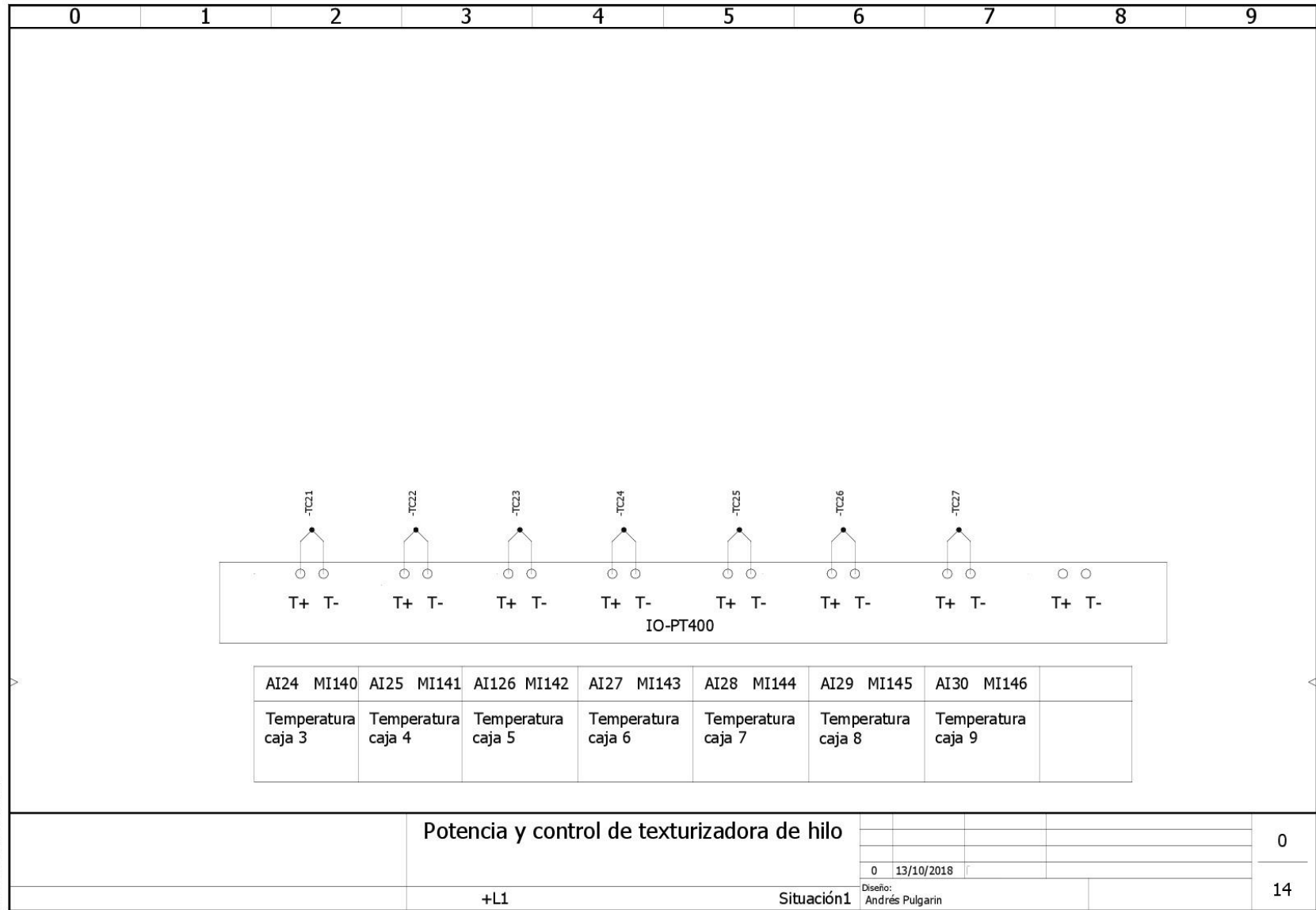
SOLIDWORKS Electrical



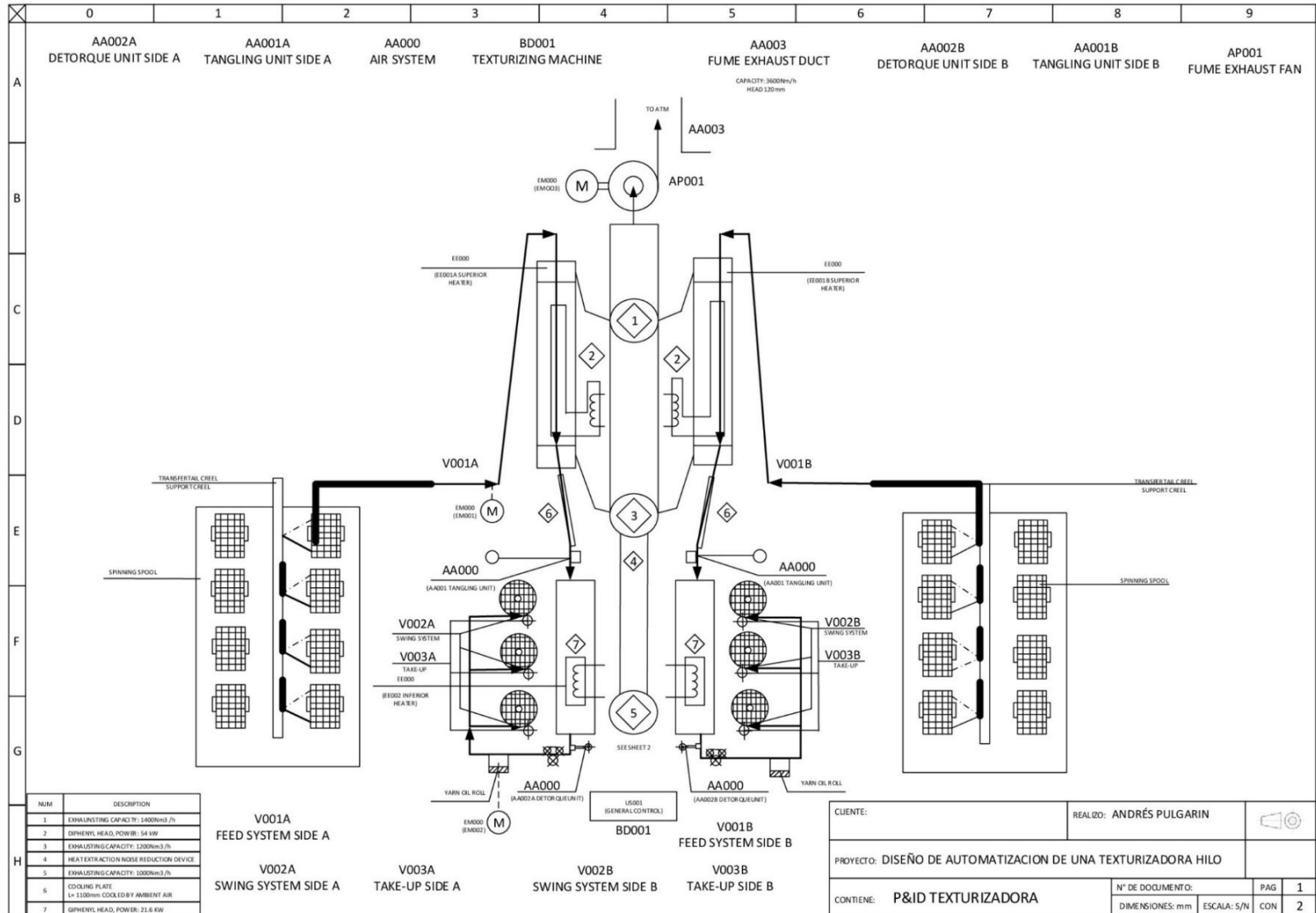
SOLIDWORKS Electrical

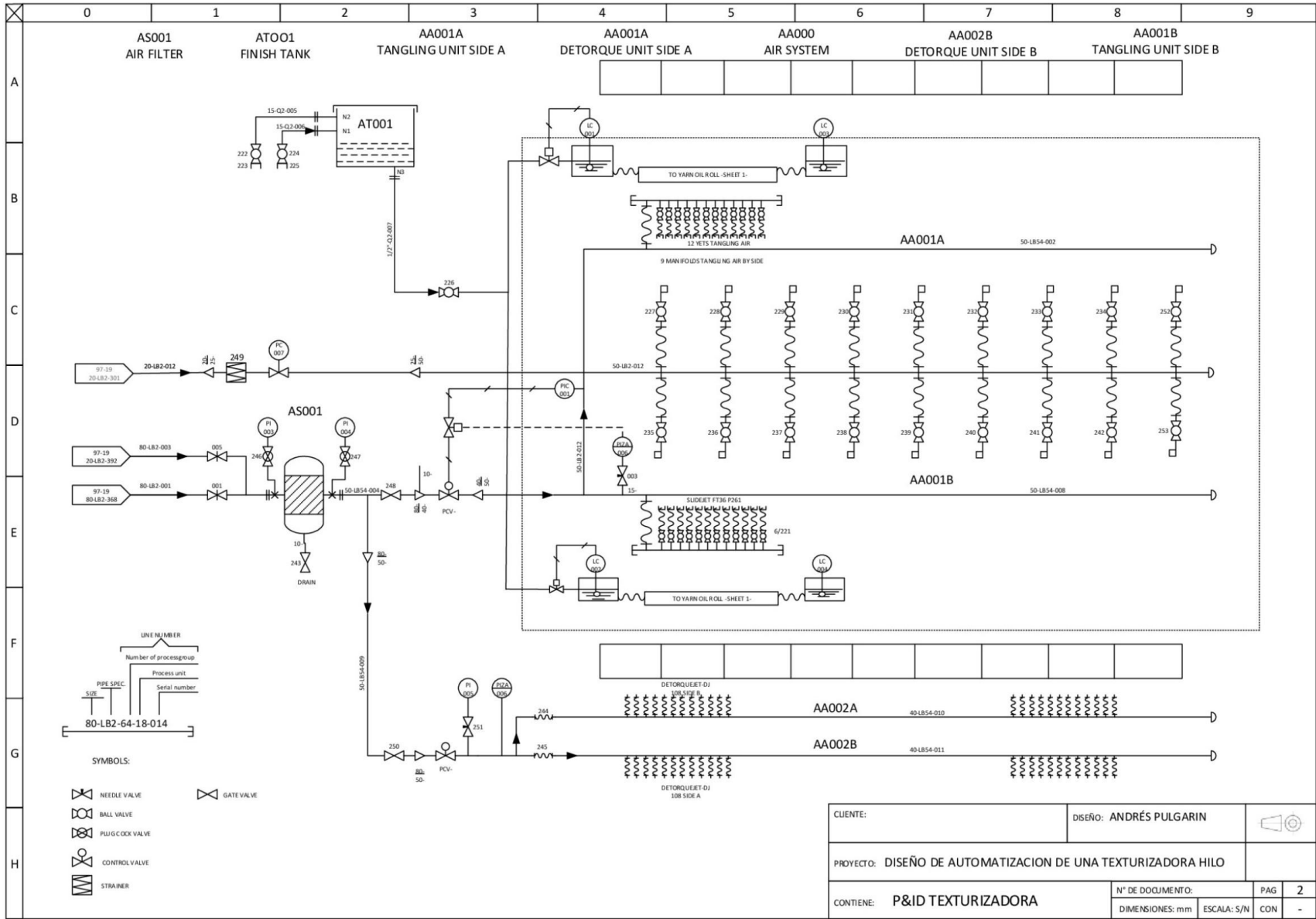


SOLIDWORKS Electrical

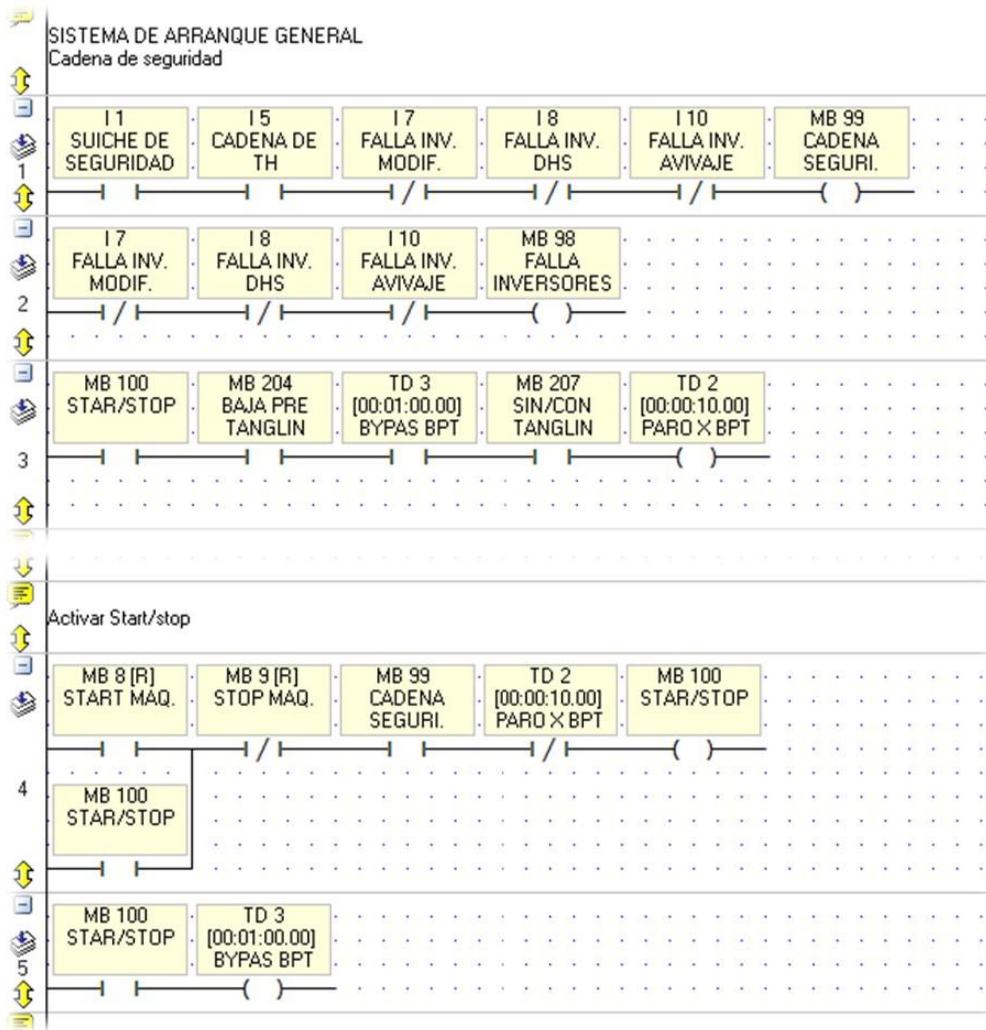


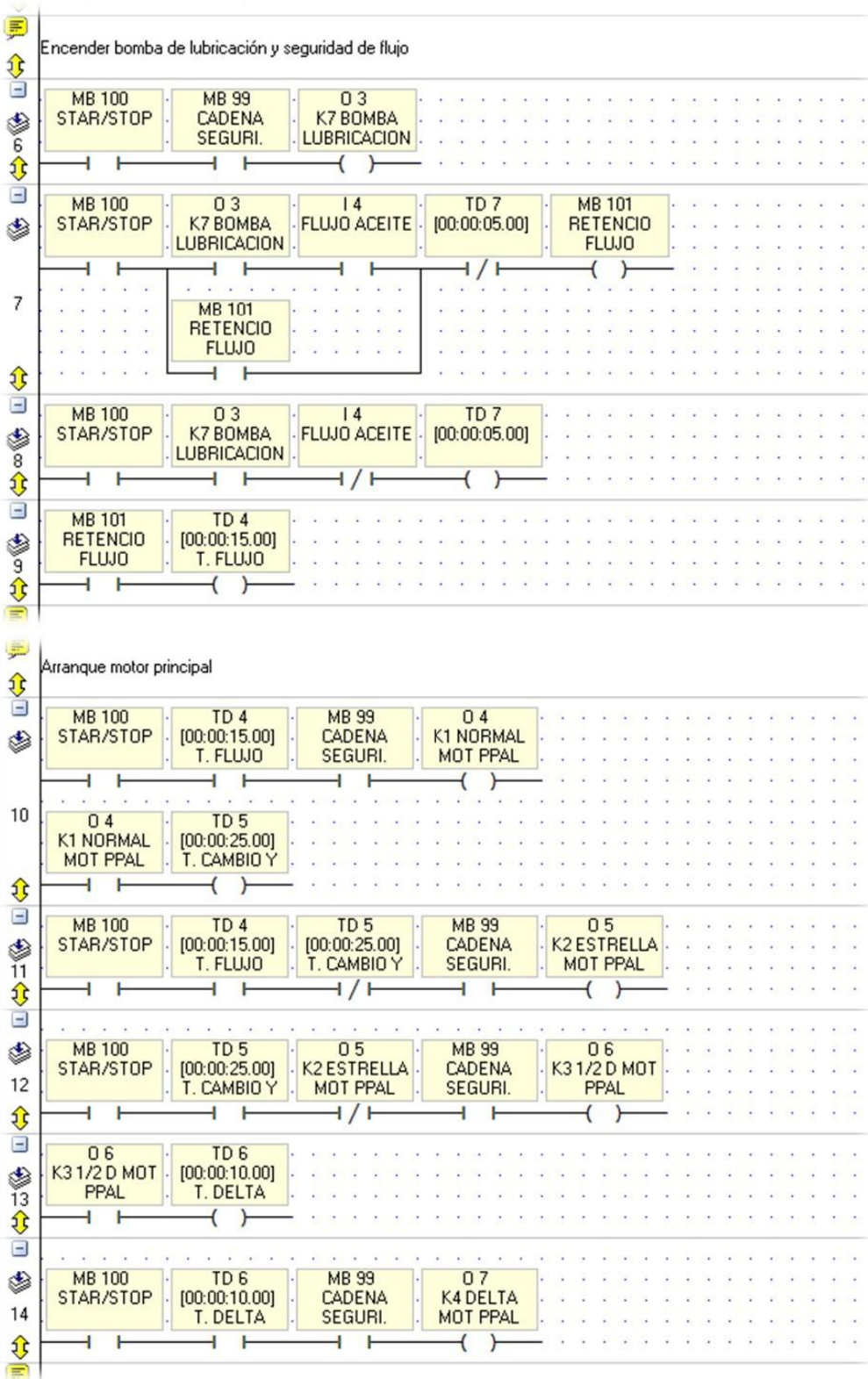
Apéndice B. P&ID de texturizadora de hilo.

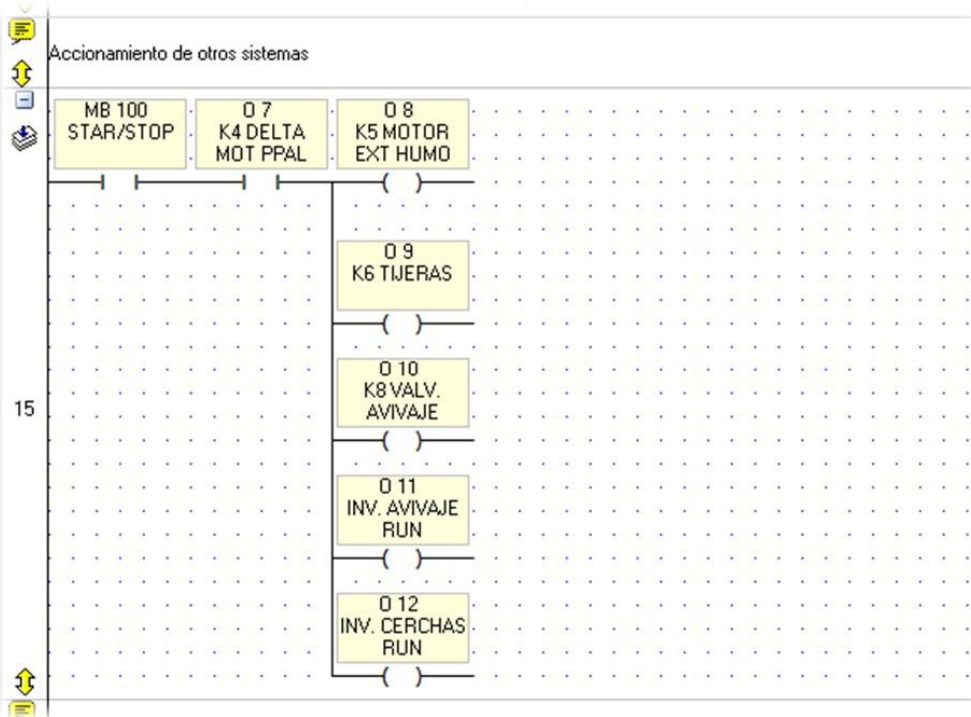




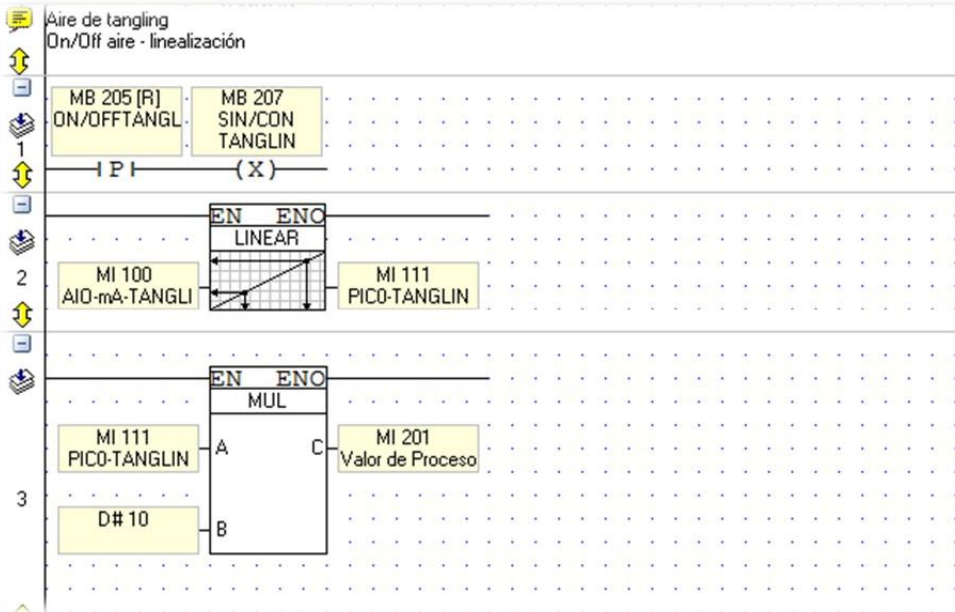
Apéndice C. Algoritmo de programación del arranque general.

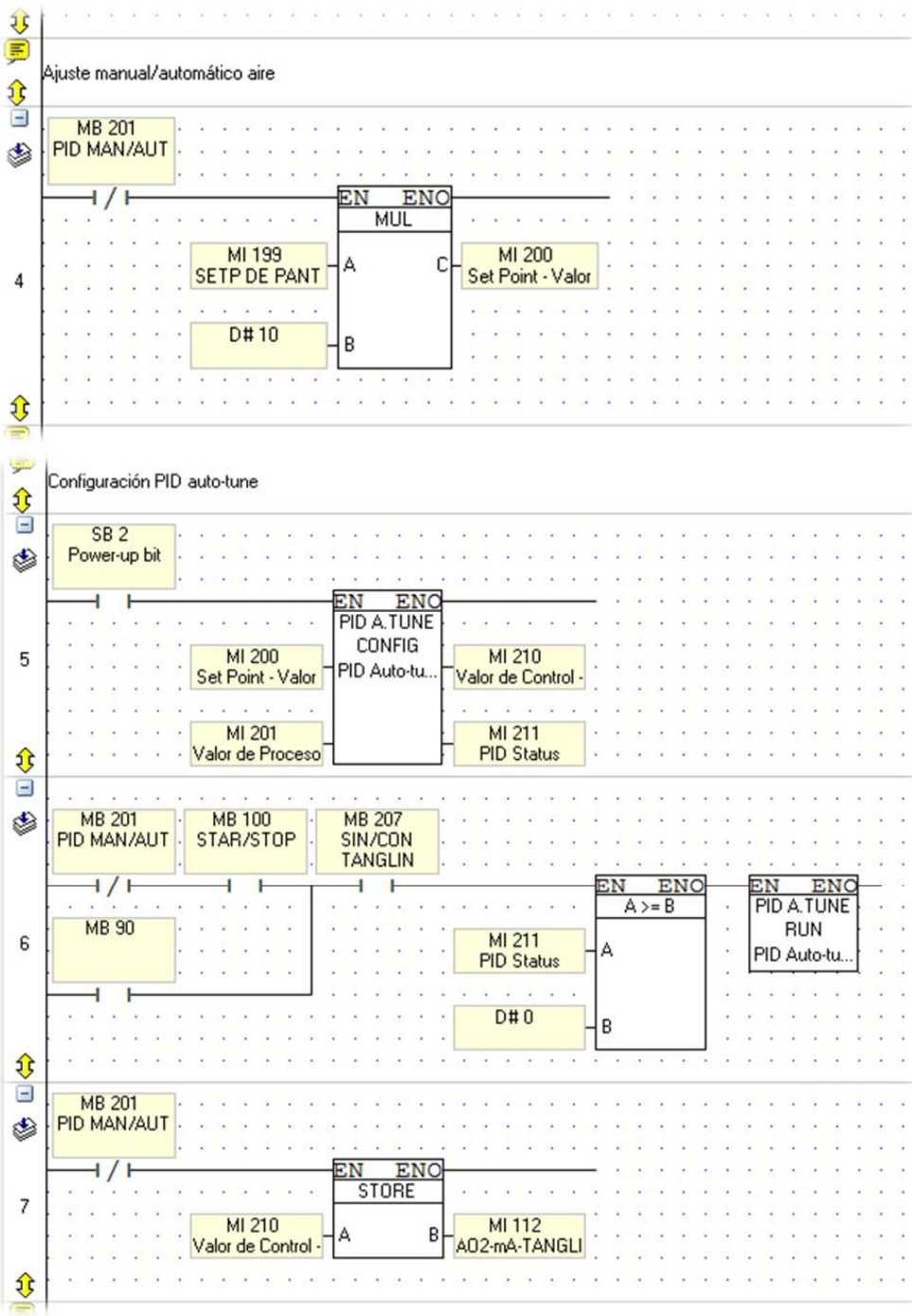


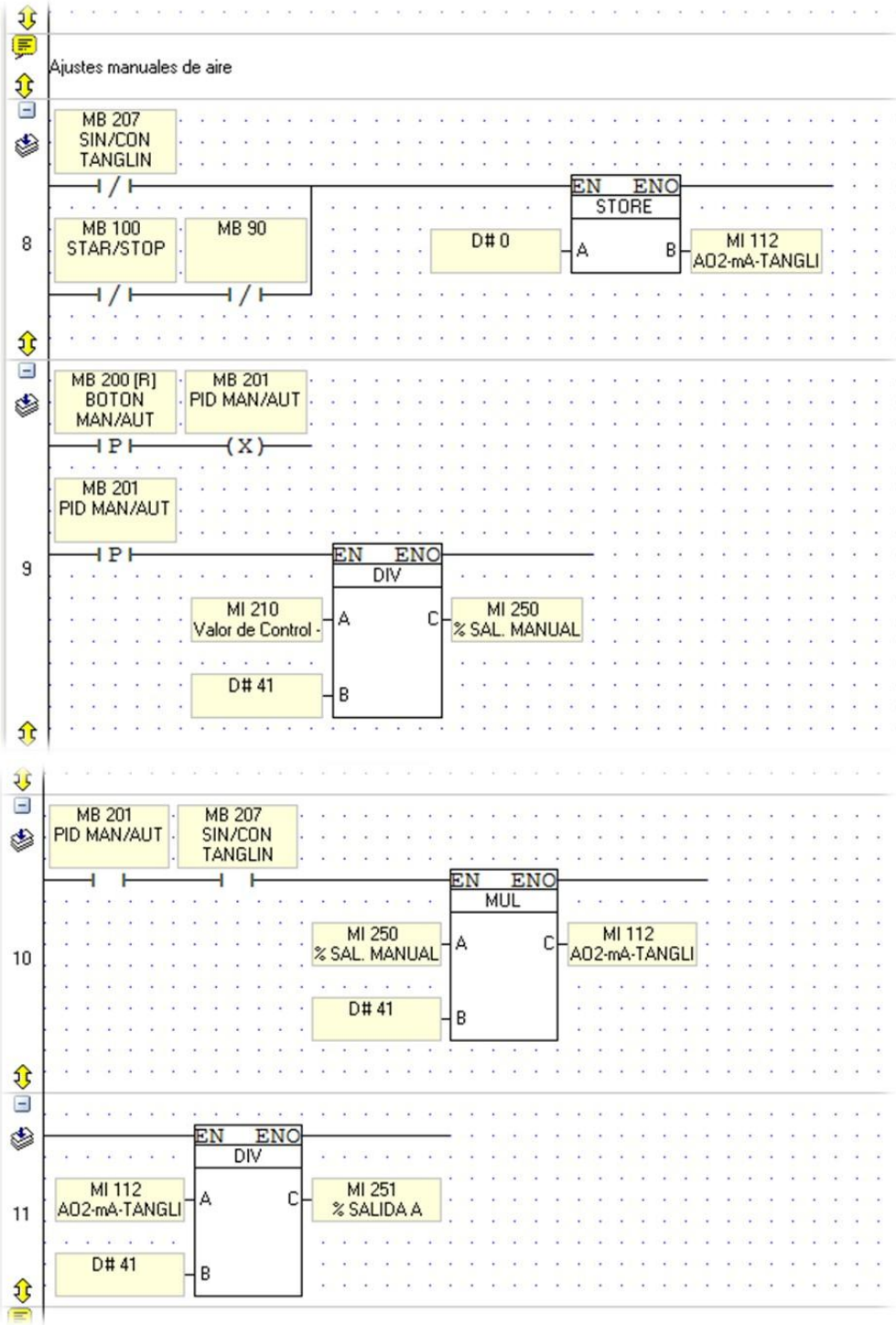


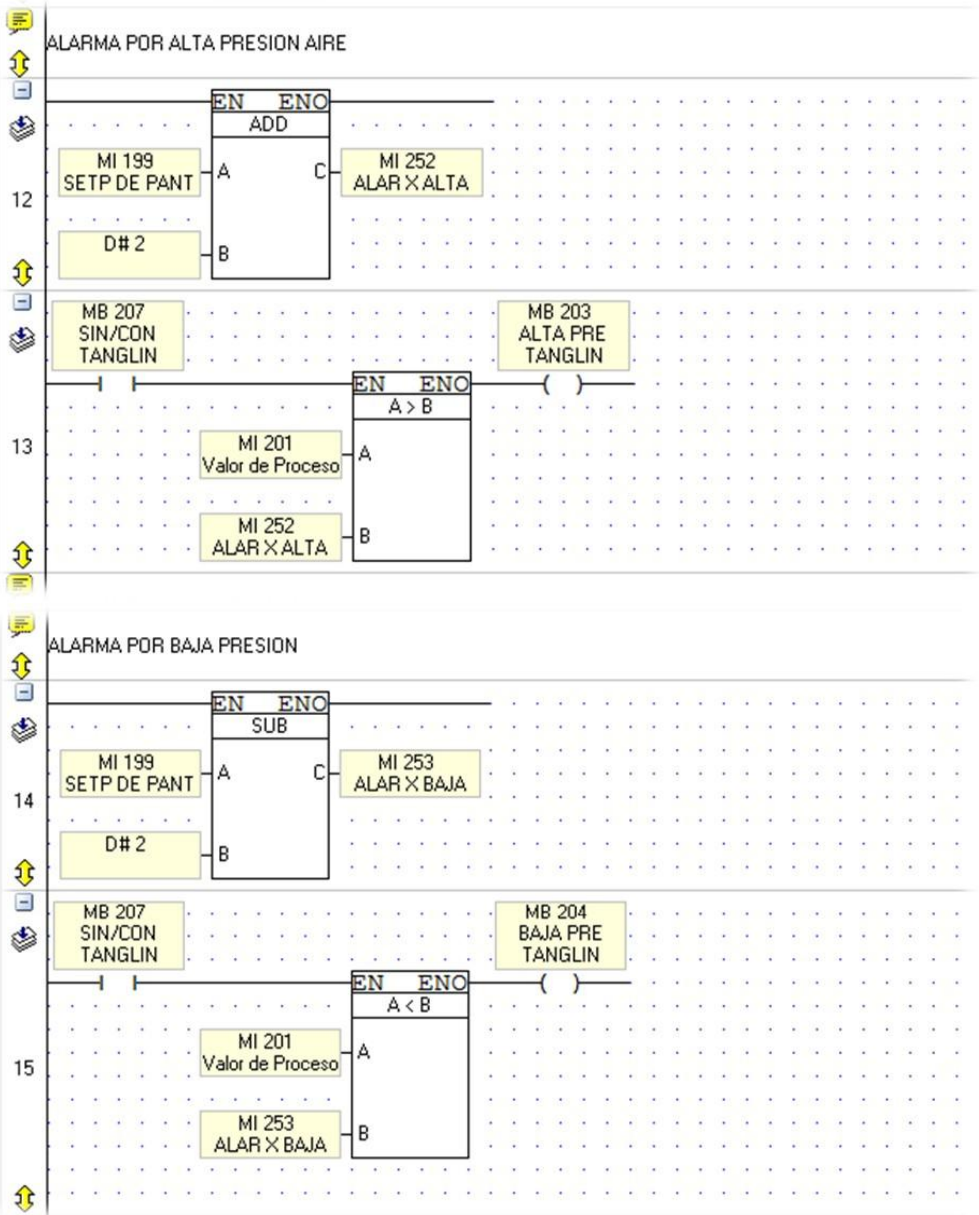


Apéndice D. Algoritmo de programación para el manejo de aire comprimido.



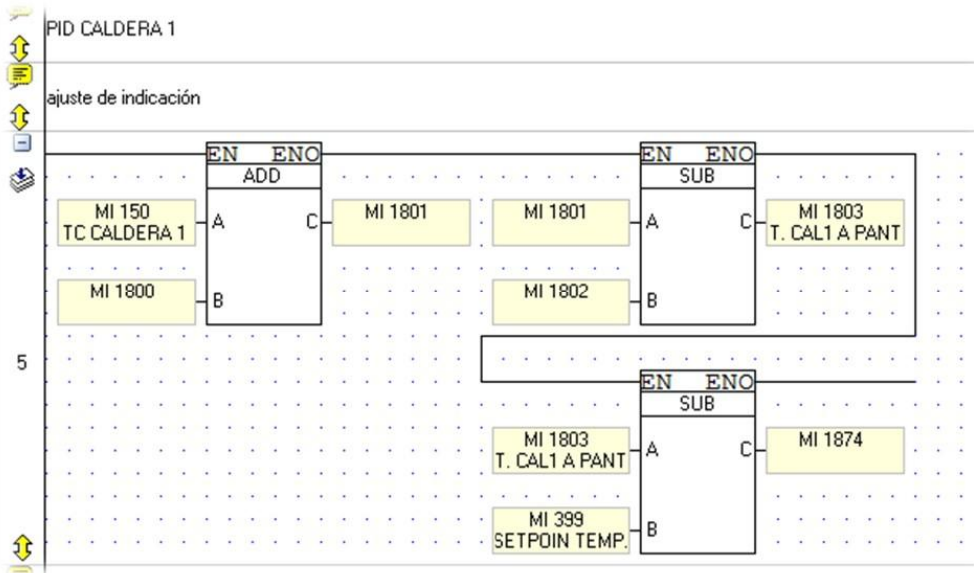
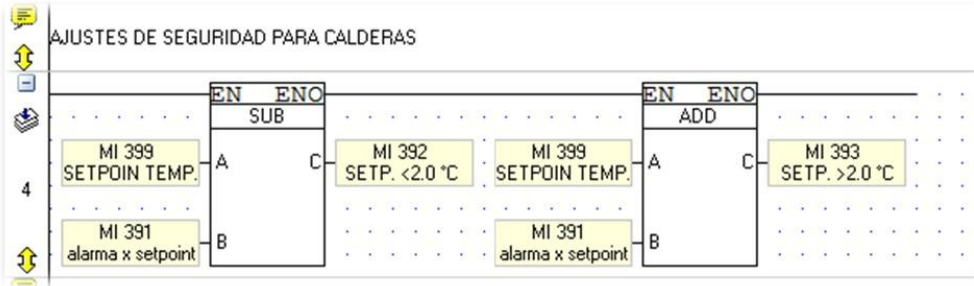


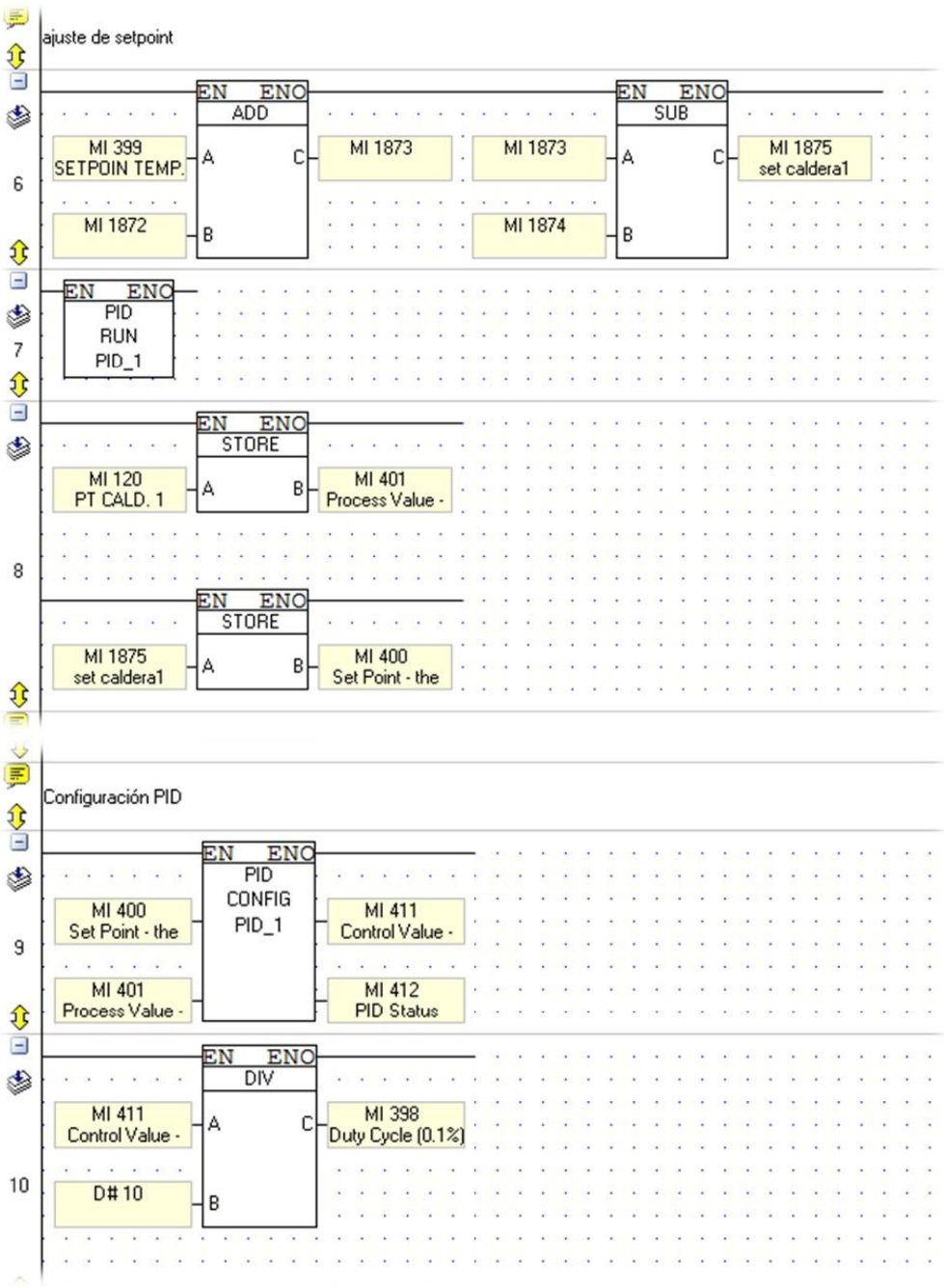


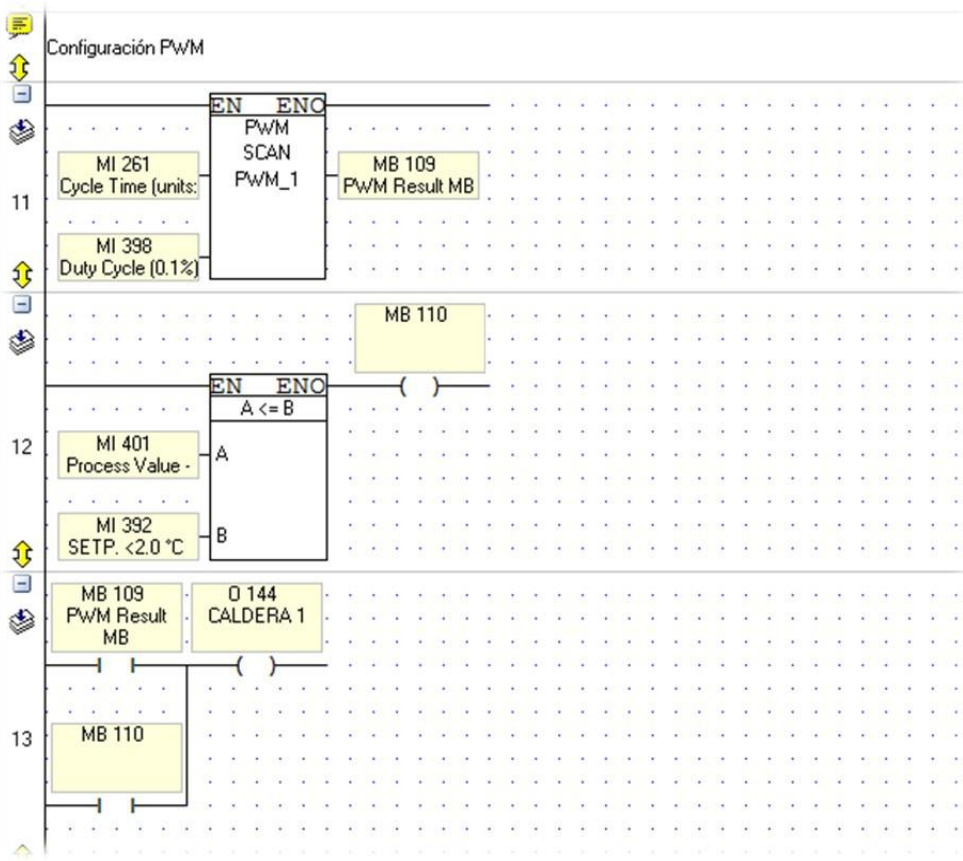


Apéndice E. Algoritmo de programación para el sistema de calentamiento de cajas y calderas.

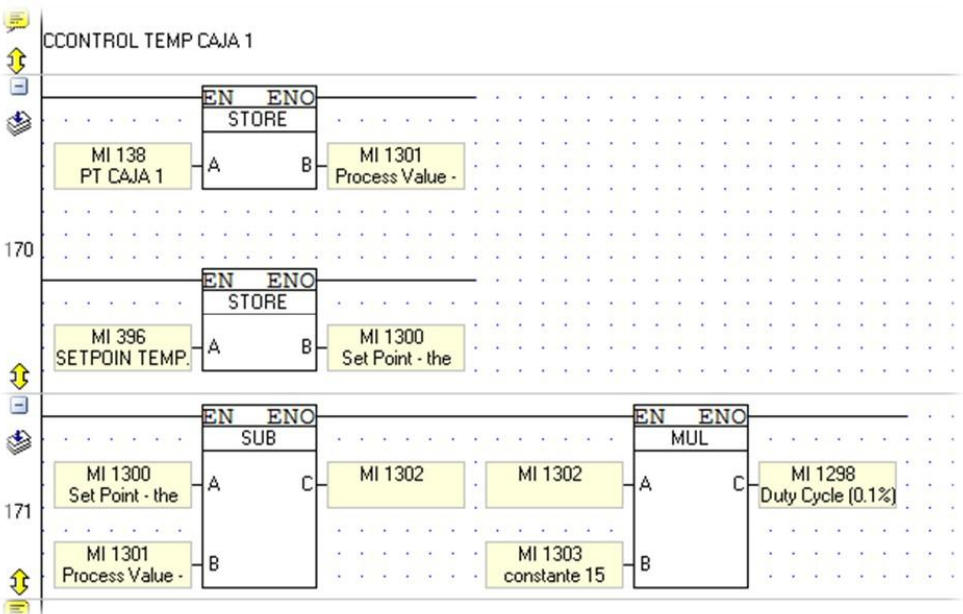
Programación para calderas

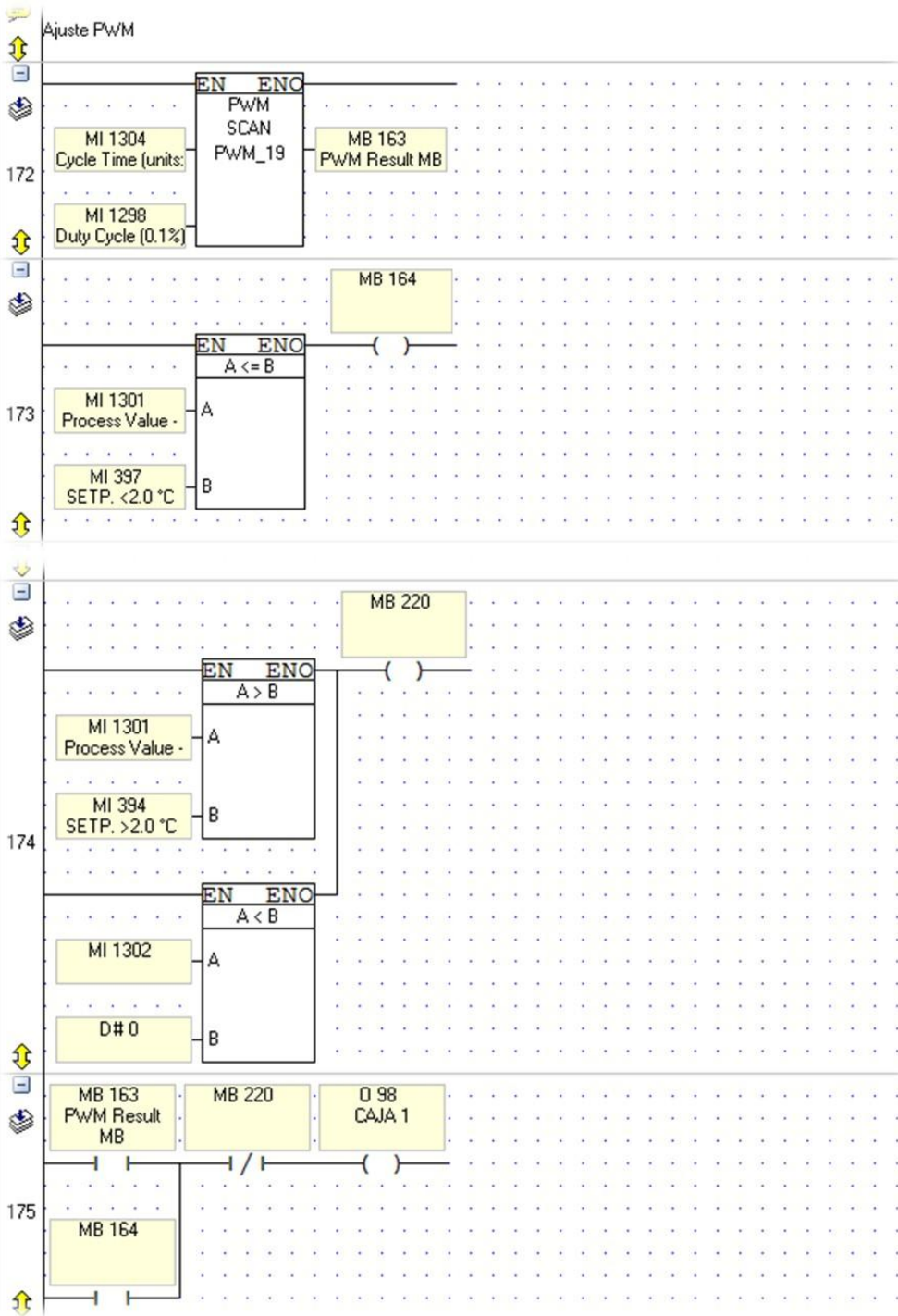




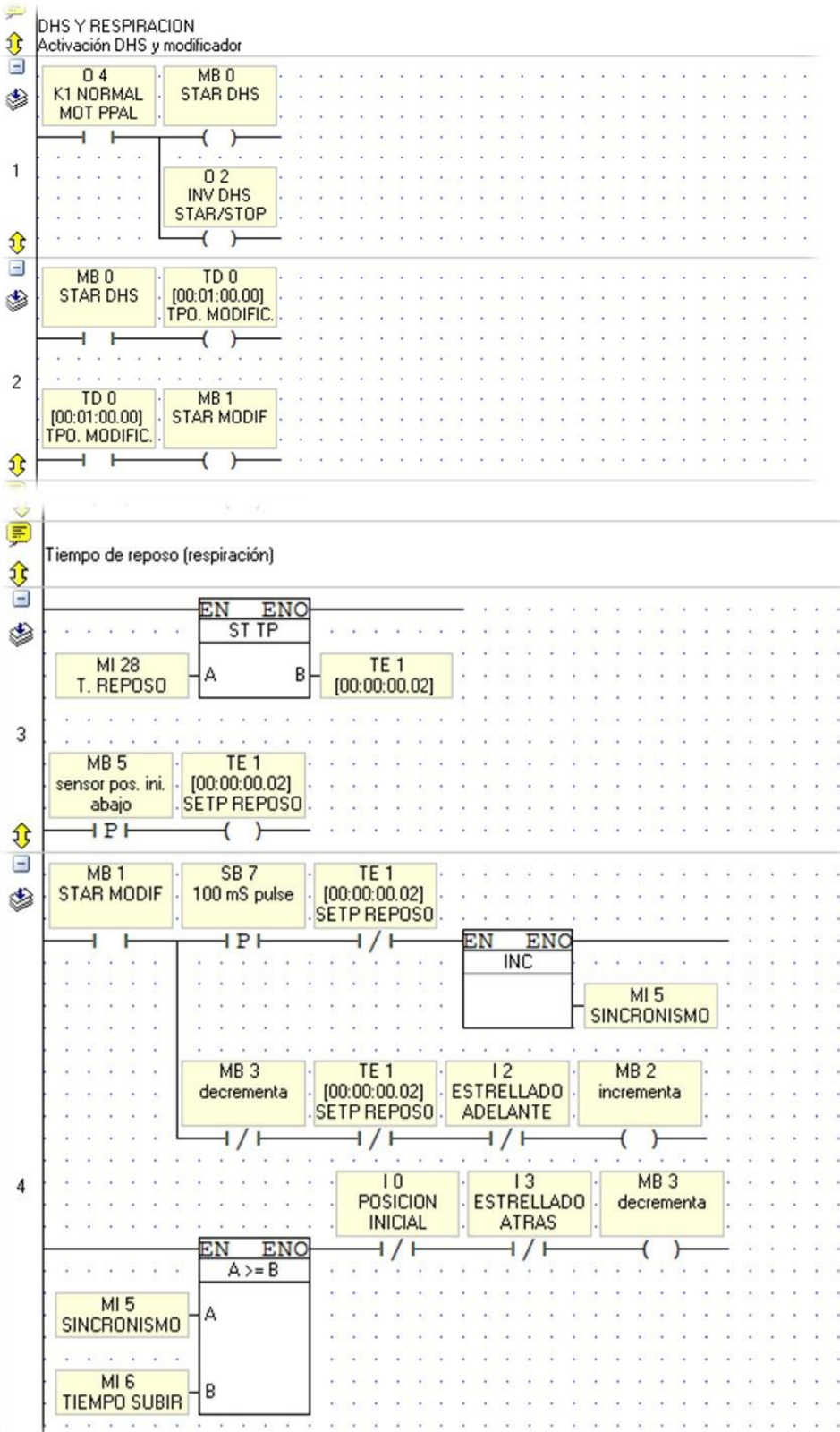


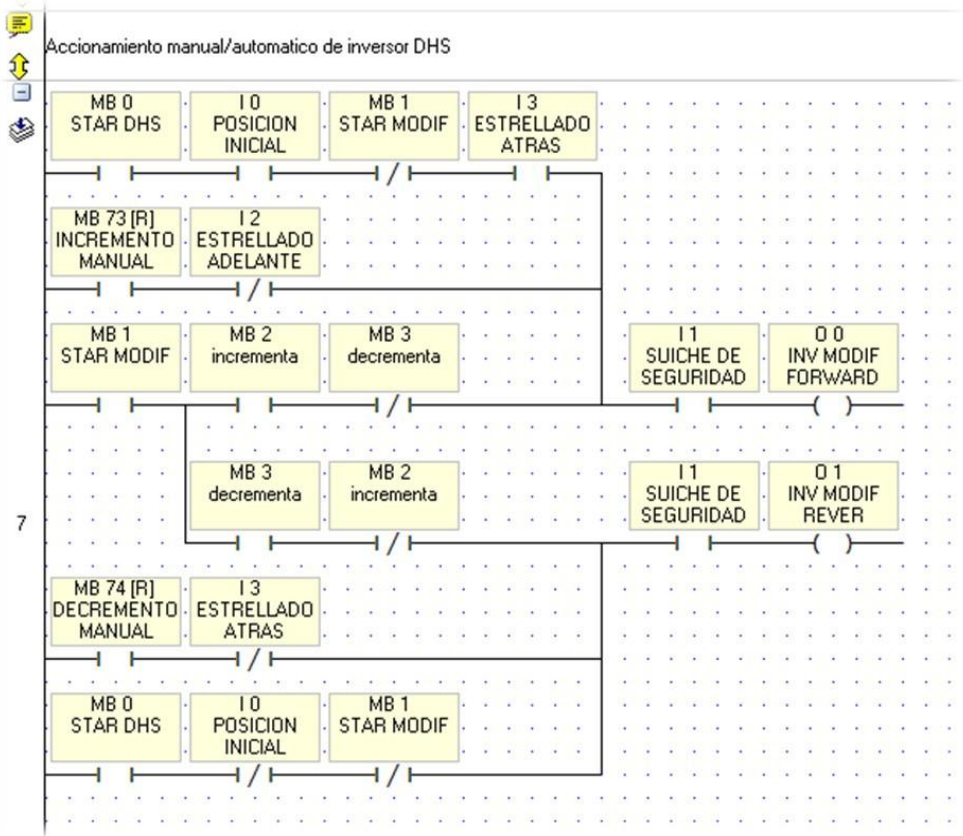
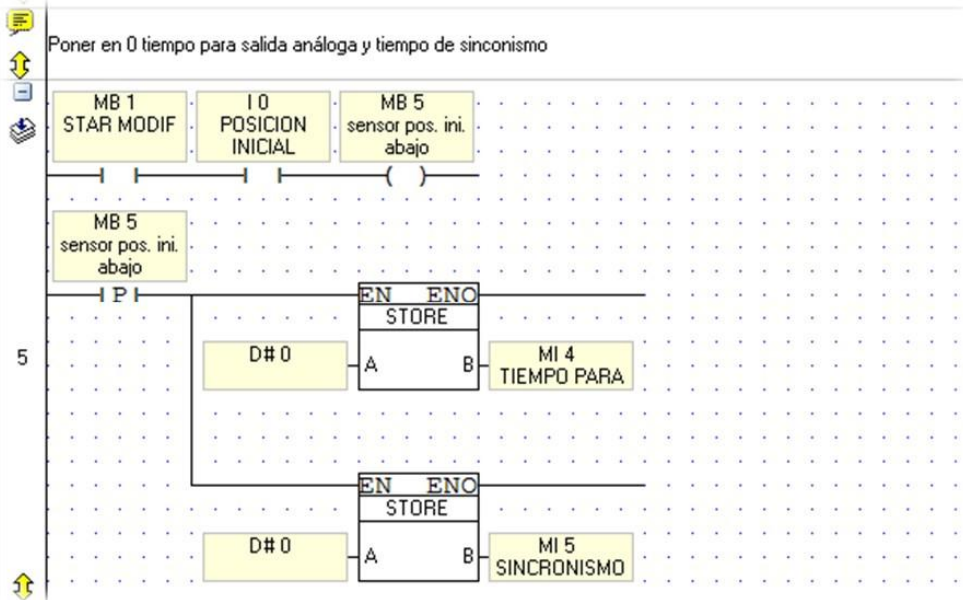
Programa para cajas de calefacción

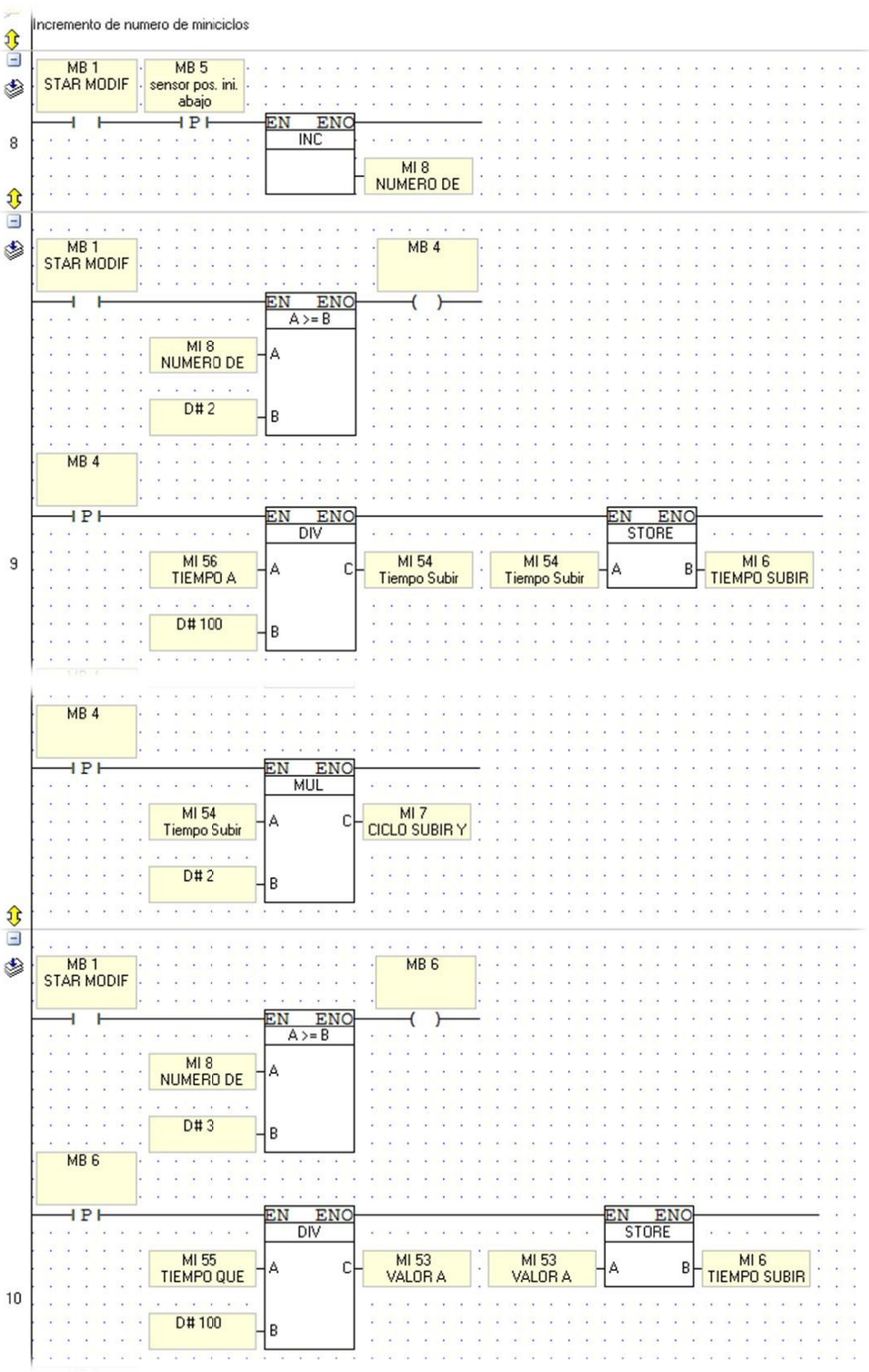


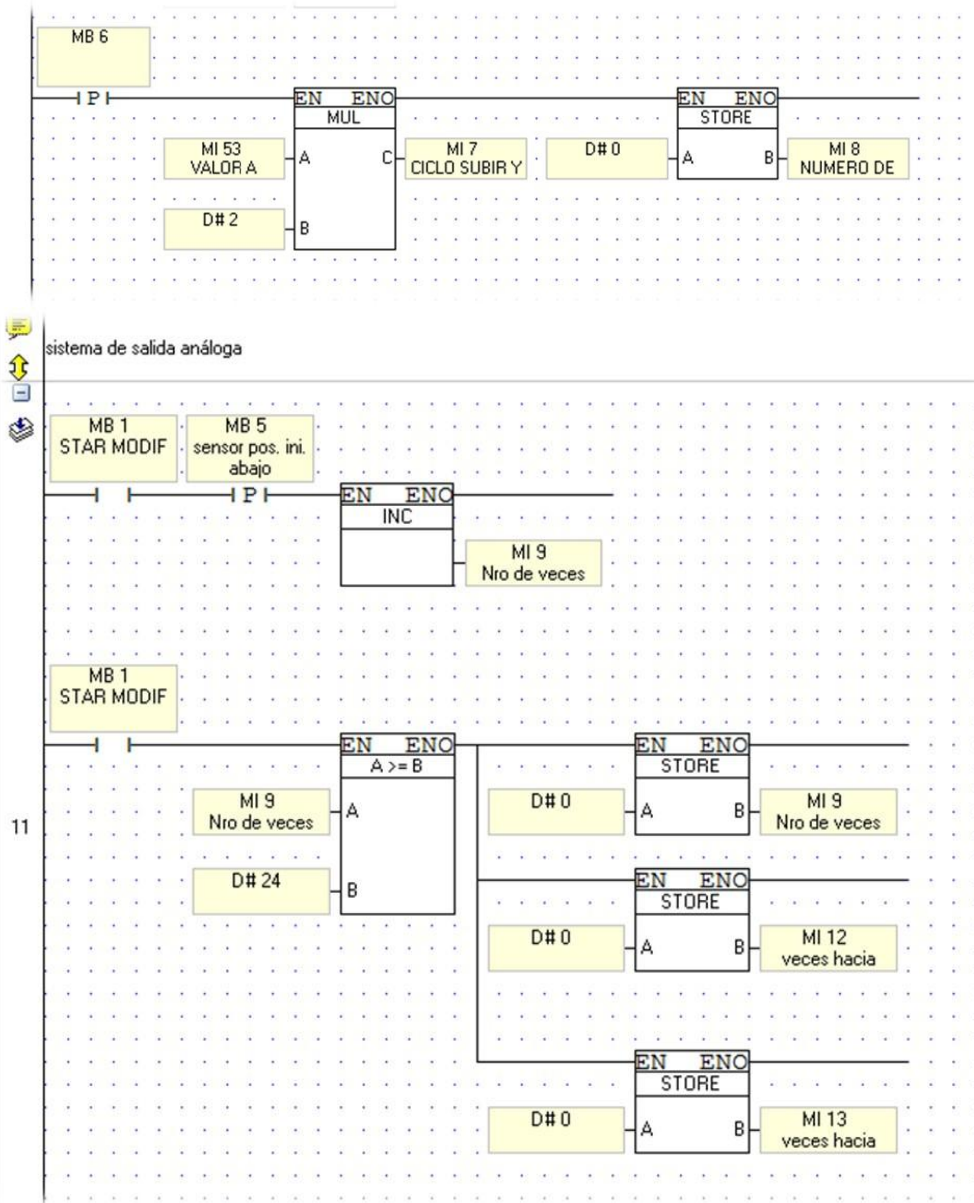


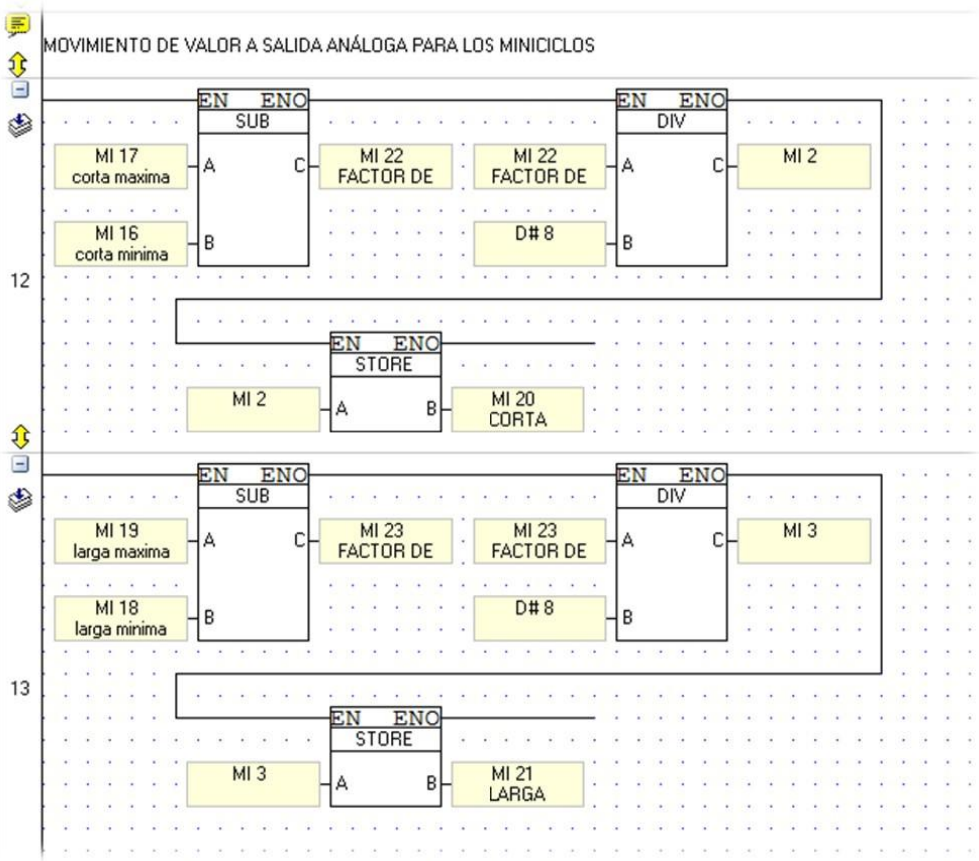
Apéndice F. Algoritmo de programación del sistema Vaivén.

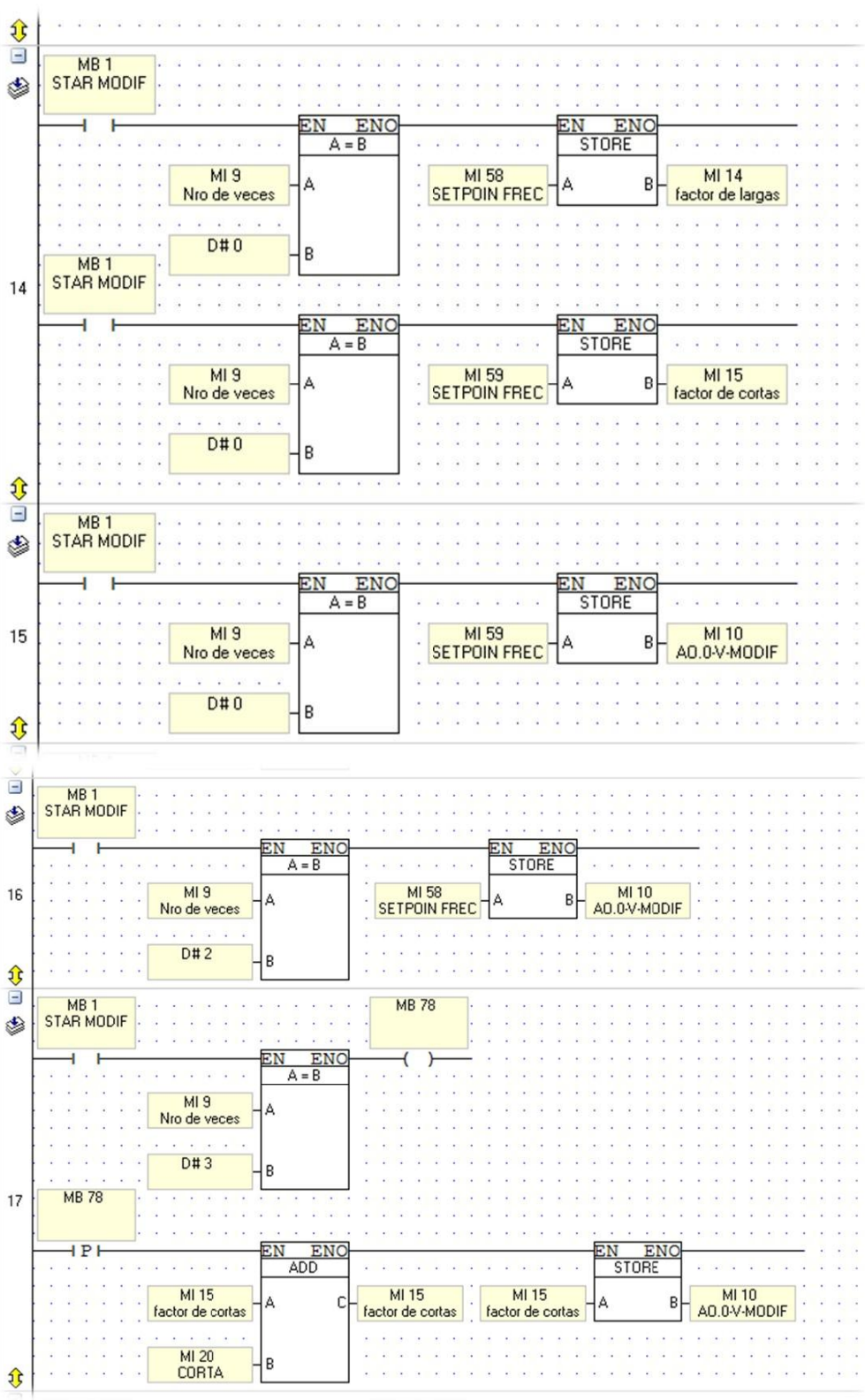


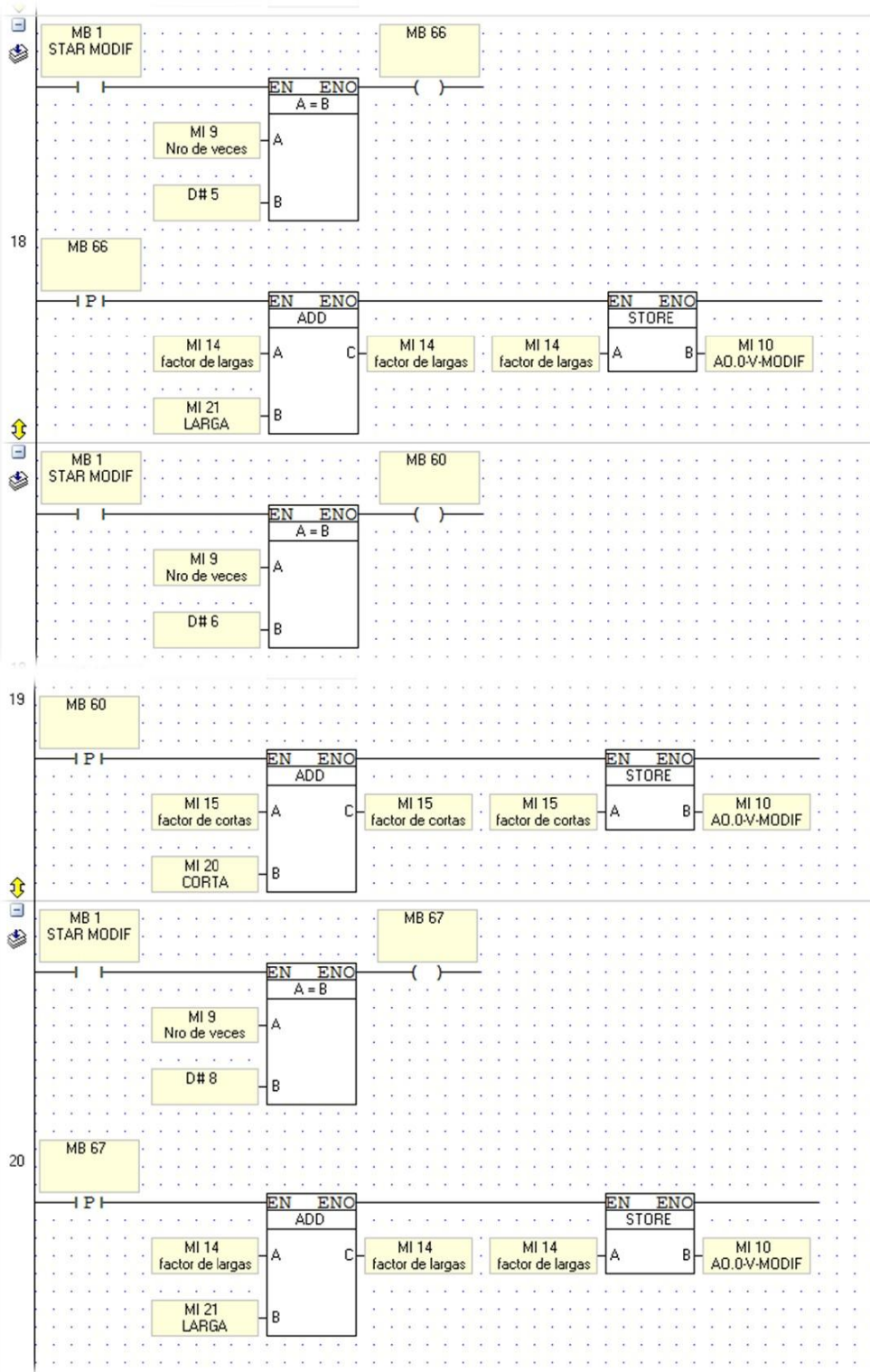


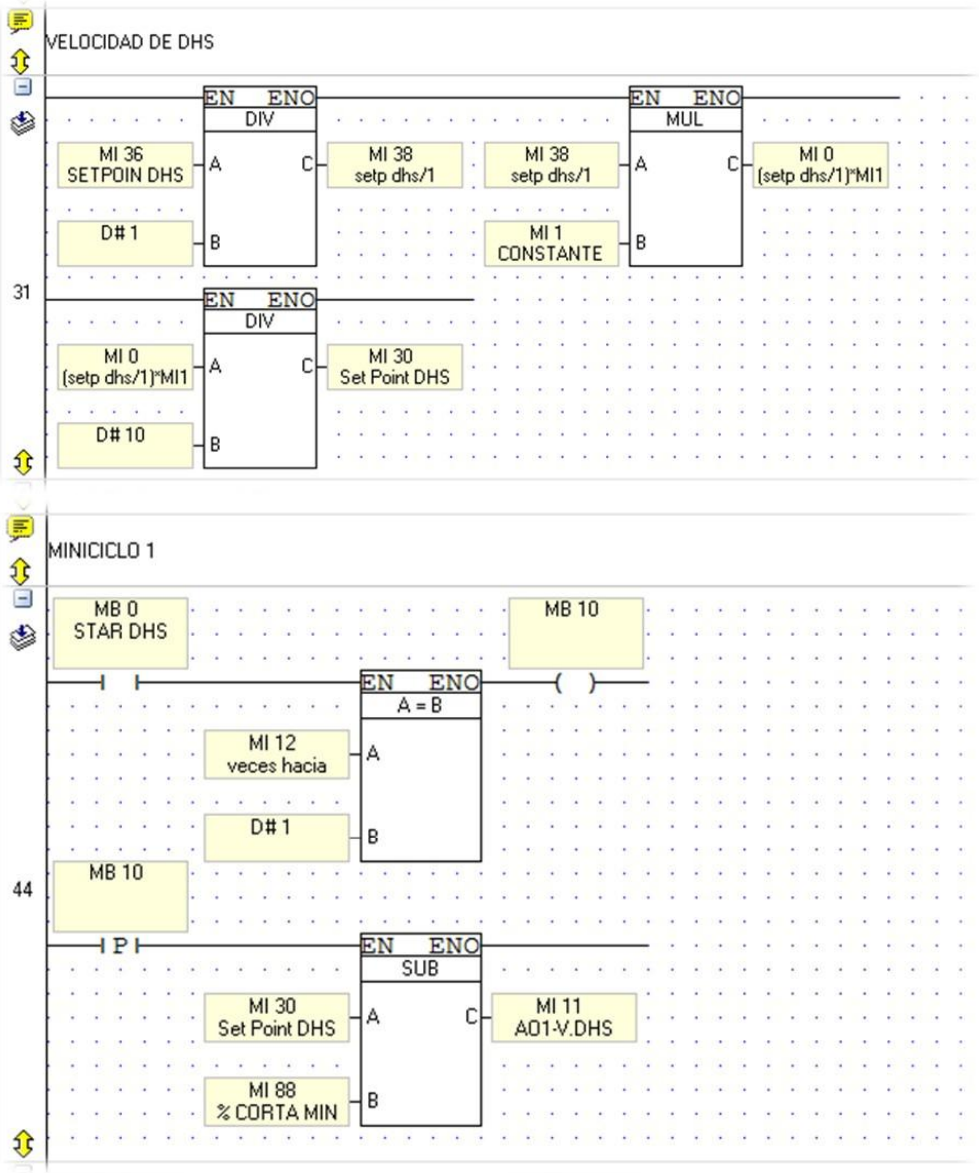


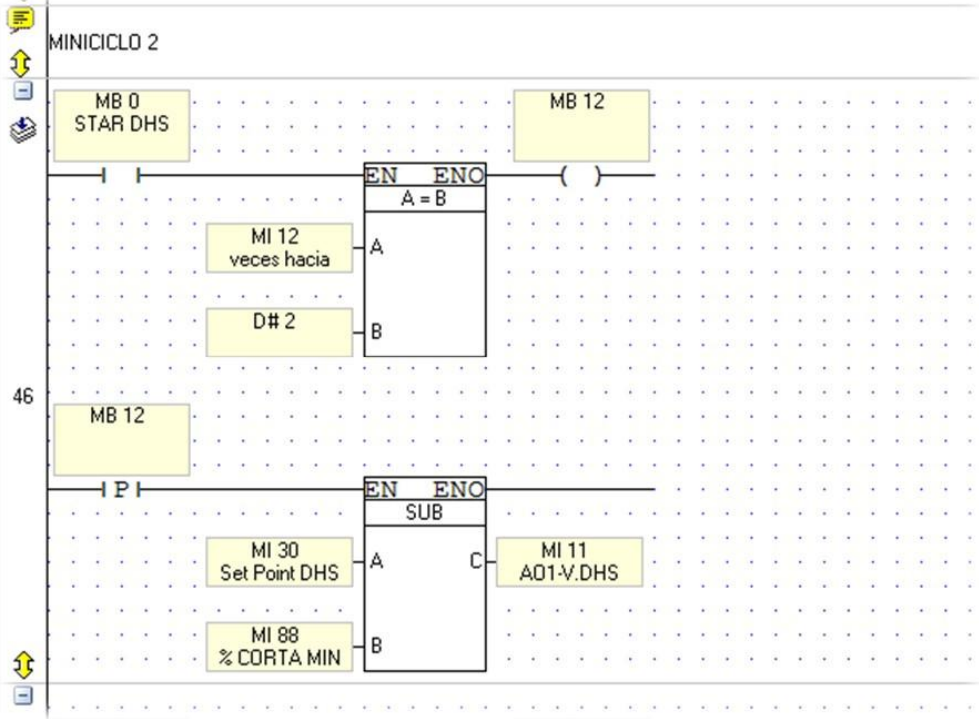
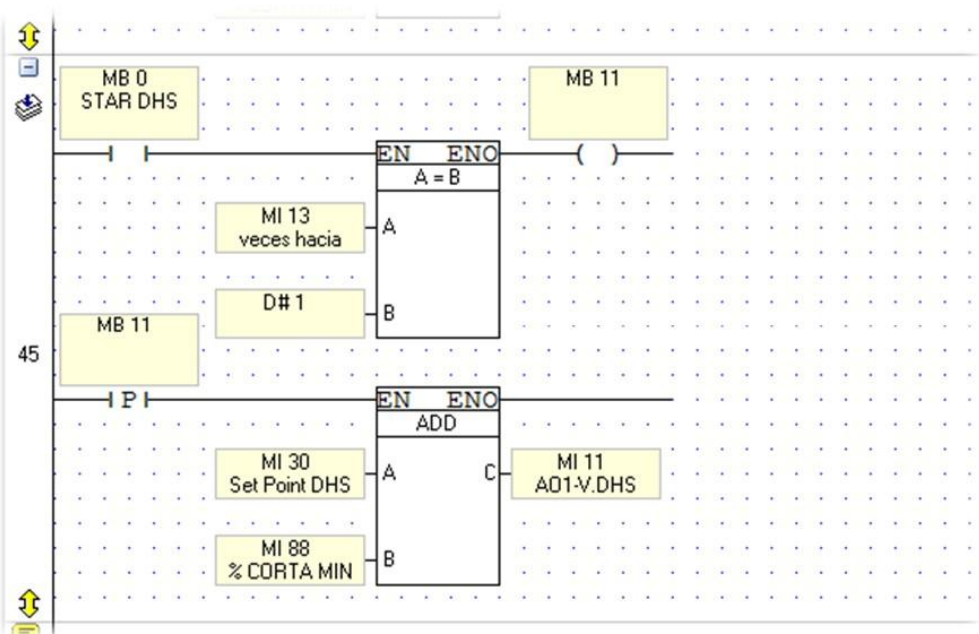


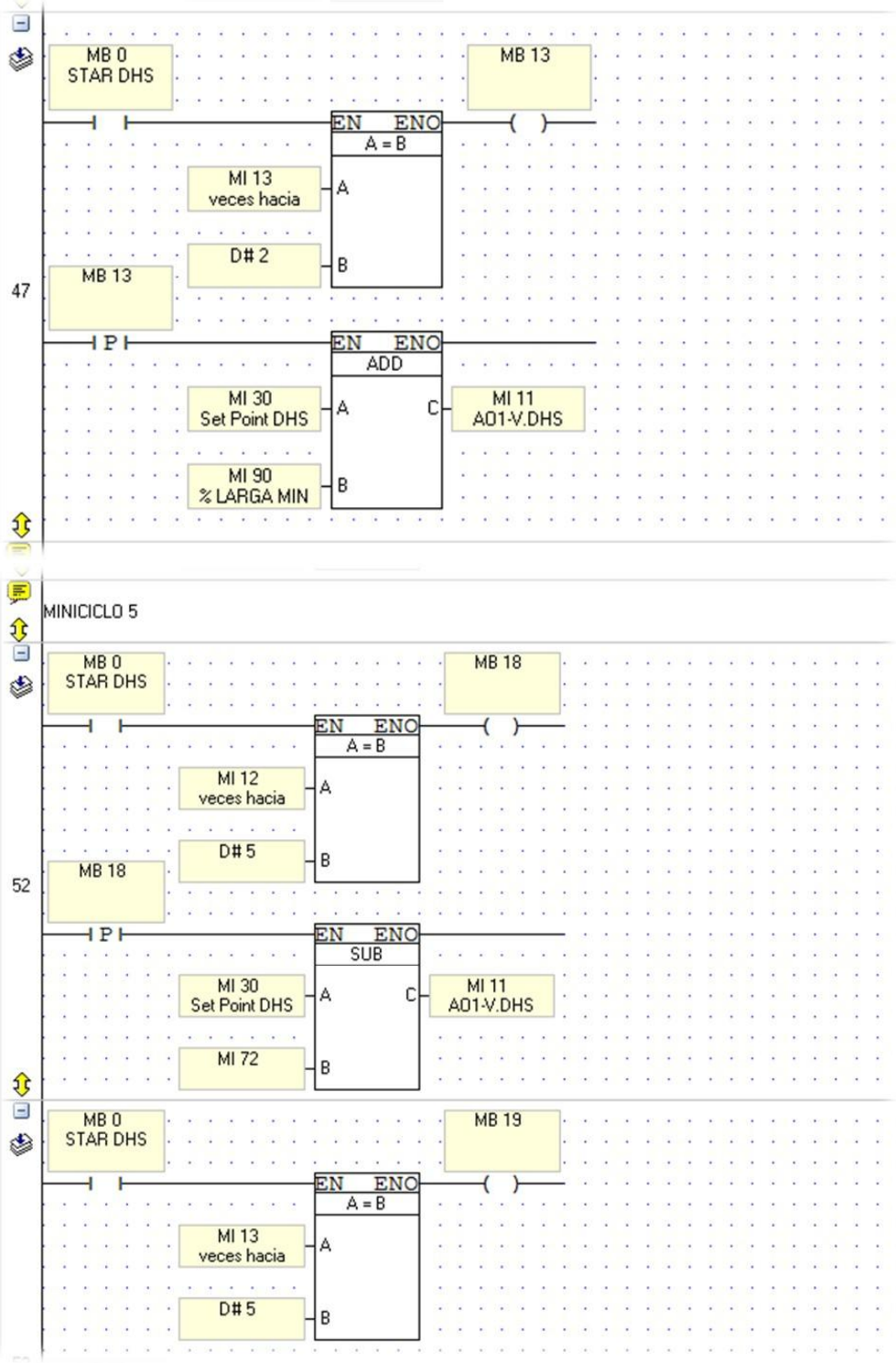


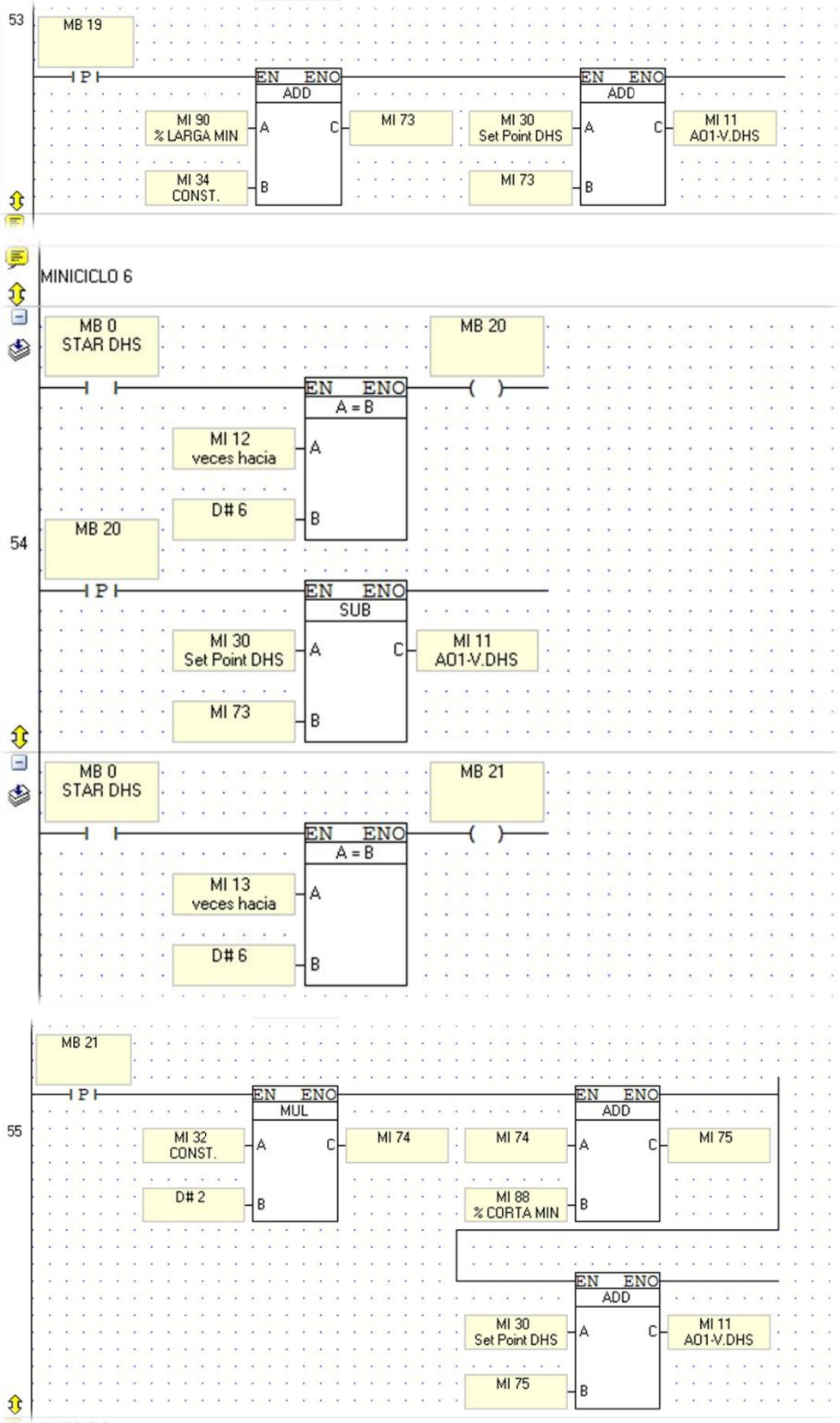


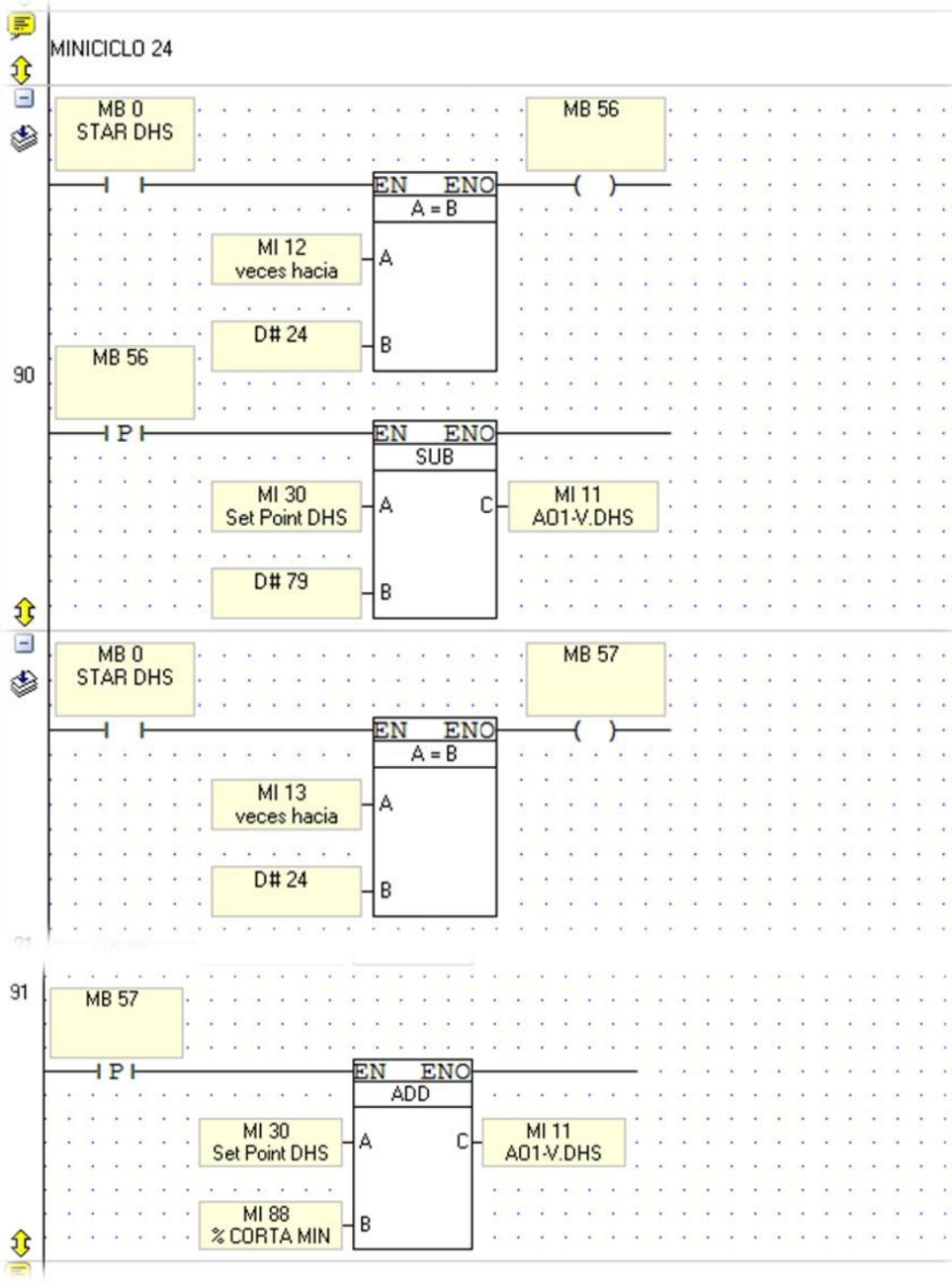


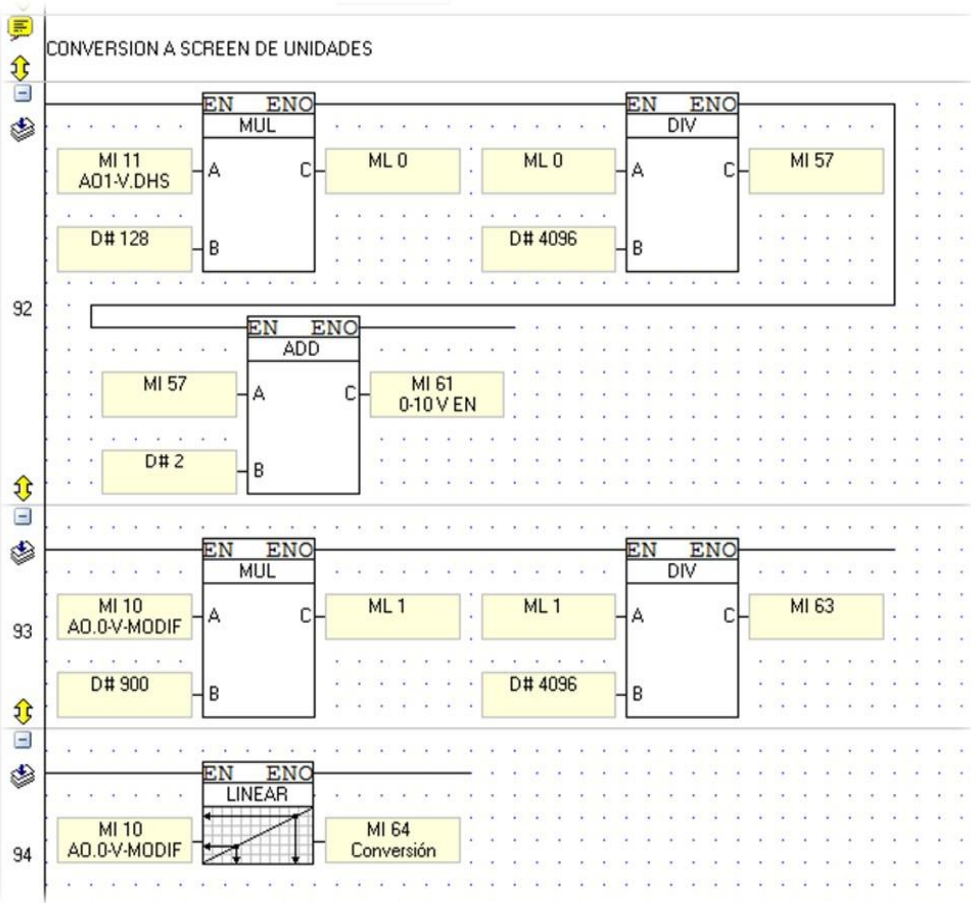












| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|--------------------------------|---|
| FIRMA ESTUDIANTES |  <hr/> <hr/> |
| FIRMA ASESOR |  |
| FECHA ENTREGA: 14 NOV 18 _____ | |

| |
|---|
| FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____ |
| RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___ |
| ACTA NO. _____ FECHA ENTREGA: _____ |

| |
|--|
| FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____ |
| ACTA NO. _____ FECHA ENTREGA: _____ |