



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

**Propuesta de automatización de una máquina Granalladora de cilindros
para envasado de Gas Licuado de Petróleo a través de LOGO V8.**

AUTOR:

Prado Vera, Ricardo Andrés

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TUTOR:

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

10 de marzo del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Prado Vera, Ricardo Andrés**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

TUTOR

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, M.Sc.

Guayaquil, a los 10 días del mes de marzo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Prado Vera, Ricardo Andrés**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Propuesta de automatización de una máquina Granalladora de cilindros para envasado de Gas Licuado de Petróleo a través de LOGO V8**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 10 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Prado Vera, Ricardo Andrés



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Prado Vera, Ricardo Andrés**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Propuesta de automatización de una máquina Granalladora de cilindros para envasado de Gas Licuado de Petróleo a través de LOGO V8**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 10 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Prado Vera, Ricardo Andrés

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento	Titulacion Prado.pdf (D128172870)
Presentado	2022-02-17 12:08 (-05:00)
Presentado por	Néstor Zamora (nestor.zamora@cu.ucsg.edu.ec)
Recibido	nestor.zamora.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Análisis Urkund Titulación Prado Mostrar el mensaje completo 1% de estas 20 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA TEMA: Propuesta de automatización de una máquina

Granalladora de cilindros para envasado de Gas Licuado de Petróleo a través de LOGO V8. AUTOR: Prado Vera, Ricardo Andrés

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA TUTOR: Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc. Guayaquil, Ecuador 23

de febrero de 2022

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por

Prado Vera, Ricardo Andrés, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial. TUTOR

_____ Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA _____ Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, M.Sc. Guayaquil, a los 23 días del mes de febrero de 2022

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a Dios, por mostrarme el camino a seguir para alcanzar mis metas a pesar de los obstáculos que presenta la vida, por darme la fuerza necesaria para luchar contra las adversidades, por darme salud y vida en medio de una terrible pandemia y poder continuar con mis estudios y compartir mis logros con mis seres amados.

Prado Vera, Ricardo Andrés

DEDICATORIA

A mi madre, esposa y mis hijos, quienes son el motor de mi inspiración para superarme cada día, ellos están conmigo siempre apoyándome y dándome su cariño a cada momento para poder avanzar en este largo camino de la vida académica; sin ellos no fuera posible alcanzar esta valiosa meta que sin duda marca un acontecimiento muy importante en mi vida.

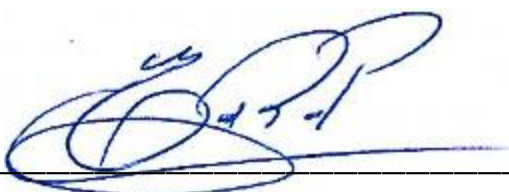
Prado Vera, Ricardo Andrés



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

M. Sc. Romero Paz, Manuel De Jesus
DECANO

f. 

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO 1.....	2
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Definición del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Hipótesis de Investigación.....	3
1.6 Metodología de la Investigación	4
CAPÍTULO 2.....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1 Introducción al proceso de Granallado	5
2.1.1 Acción de impacto con partículas esféricas	5
2.1.2 Granalla esférica de acero al carbono.....	6
2.1.3 Turbinas de Granallado	7

2.2 Fundamentos de sistemas de control de máquinas eléctricas	8
2.2.1 Acometida eléctrica de baja tensión	8
2.2.2 Tablero eléctrico de fuerza	9
2.2.3 Tablero eléctrico de automatización	10
2.2.4 Breakers de caja moldeada	10
2.2.5 Guardamotores	11
2.2.6 Contactores.....	12
2.2.7 Motores de Inducción	12
2.2.8 Controlador Lógico Programable PLC	13
2.2.9 Ventajas y desventajas del PLC.....	14
2.3 LOGO 8 de Siemens	14
2.3.1 Software LOGO Soft Comfort V8	15
2.4 Interfaz Hombre Máquina HMI.....	16
2.4.1 Paneles básicos Simatic HMI	16
2.4.2 Automatización totalmente integrada TIA Portal	17
2.5 Arrancadores suaves.....	17
2.6 Pantalla de operación LOGO TDE	18
CAPÍTULO 3.....	19
DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	19
3.1 Estado actual de la máquina Granalladora de cilindros de GLP.....	19

3.1.1 Sistema de control eléctrico actual de máquina Granalladora.....	20
3.1.2 Procedimiento de encendido de motores	23
3.2 Fallas comunes en el sistema eléctrico de la Granalladora	24
3.3 Dimensionamiento de conductores de alimentación.....	25
3.4 Dimensionamiento de elementos de protección	27
3.5 Selección de los arrancadores suaves para las Turbinas 1 y 2.....	28
3.6 Selección del PLC y la pantalla de operaciones	30
3.7 Elaboración del circuito de control secuencial de motores	30
3.7.1 Control secuencial de motores de componentes	30
3.7.2 Control secuencial de motores de las Turbinas 1 – 2.....	32
3.8 Configuración de pantalla de operación LOGO TDE	33
CAPÍTULO 4.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
4.1 Conclusiones	39
4.2 Recomendaciones	39
ANEXOS	41
Arrancador suave Siemens 3RW55	41
Modos de operación y mando del arrancador suave	42
Interfaces de interacción de Siemens 3RW55.....	42

Kit de montaje de puerta HMI.....	43
Vista completa de las conexiones del arrancador 3RW55	43
Cableado del circuito de control de arrancador suave 3RW55.....	44
Esquema eléctrico de control de LOGO 8 con sus entradas y salidas	45
Diagrama eléctrico de fuerza de los motores de la Granalladora	46
BIBLIOGRAFÍA	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ventajas y Desventajas del uso de PLC	14
Tabla 3.1 Características de los motores de la Granalladora	25
Tabla 3.2 Calibre de conductores según capacidad de conducción ...	26
Tabla 3.3 Factor de temperatura ambiente	27
Tabla 3.3 Factor de temperatura ambiente	27
Tabla 3.4 Cálculo de guardamotores	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tipos de piezas para granallado	6
Figura 2.2 Granalla de acero al carbono tipo esférica	6
Figura 2.3 Estructura de turbina de granallado	7
Figura 2.4 Acometida eléctrica en baja tensión	8
Figura 2.5 Tablero eléctrico de fuerza	9
Figura 2.6 Tablero eléctrico de automatización	10
Figura 2.7 Breakers de caja moldeada	11
Figura 2.8 Guardamotor Sirius	11
Figura 2.9 Contactor Schneider.....	12
Figura 2.10 Motor de Inducción Trifásico.....	13
Figura 2.11 Controlador Lógico Programable PLC	13
Figura 2.12 LOGO 8 de Siemens.....	15
Figura 2.13 Software Logo Soft Comfort	15
Figura 2.14 Panel Simatic HMI.....	17
Figura 2.15 Pantalla Principal TIA Portal WinCC	17
Figura 2.16 Partes y conexión de arrancador suave	18
Figura 2.17 Pantalla de operación LOGO TDE	18
Figura 3.1 Vista panorámica de la Granalladora	19
Figura 3.2 Estado actual de tablero eléctrico de Granalladora	20
Figura 3.3 Breaker principal y cables de acometida de la Granallador.	21
Figura 3.4 Contactores de motores de Turbinas	21
Figura 3.5 Controlador Zelio para arranque estrella triángulo.....	22
Figura 3.6 Cuadro de maniobra de Granalladora.....	22

Figura 3.7 Parte interna de cuadro de maniobra	23
Figura 3.8 Daños en contactores y breakers de la Granalladora	24
Figura 3.9 Simulación de arrancador suave con software Siemens STS.....	28
Figura 3.10 Reporte del software Siemens STS para arrancadores suaves	29
Figura 3.11 Comunicación entre LOGO 8 y LOGO TDE	30
Figura 3.12 Circuito de control secuencial de motores de componentes.....	31
Figura 3.13 Circuito de control de Turbina 1	32
Figura 3.14 Circuito de control de Turbina 2.....	33
Figura 3.15 Circuito de control de la pantalla TDE	33
Figura 3.16 Programación de estados de motor de banda	34
Figura 3.17 Programación de estados de motor extractor.....	35
Figura 3.18 Programación de estados de motor rodillos	36
Figura 3.19 Programación estados de Turbinas	36
Figura 3.20 Configuración mensaje de falla motor de banda.....	37
Figura 3.21 Configuración mensaje de falla motor extractor	38
Figura 3.22 Configuración mensaje de falla motor rodillos.....	38

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone la automatización de una máquina Granalladora de cilindros utilizados para el envasado de gas licuado de petróleo, la cual trabaja con un conjunto de motores eléctricos que requieren un encendido secuencial para proteger los componentes internos y asegurar una operación eficiente. El diseño de la automatización de la Granalladora consiste en primer lugar en realizar una identificación de todos los componentes que intervienen en su funcionamiento; de esta manera, se dimensionan los conductores eléctricos de la acometida principal, su sistema de protección eléctrica, el tipo de arrancador suave para los motores de elevada potencia y el controlador lógico programable Logo 8 junto con su interfaz hombre máquina. Para la elaboración del esquema eléctrico se utiliza el software Logo Soft Comfort V8, donde se controlan los motores de los componentes y las turbinas de la Granalladora de manera secuencial junto con la configuración de la pantalla Logo TDE que se encarga de ejecutar los comandos de marcha, paro, estado de los motores e identificación de fallos producidos por activaciones de guardamotors. Con esta propuesta de automatización se optimiza el proceso de granallado al reducir las fallas eléctricas producidas por elementos eléctricos defectuosos y errores en la secuencia de encendido de motores; por consiguiente, los indicadores de producción presentan cumplimientos sobre la meta establecida.

Palabras claves: Granalladora, Logo, Esquema, Controlador, Cilindros, Motores

ABSTRACT

The present degree work proposes the automation of a cylinder shot blasting machine used for the packaging of liquefied petroleum gas, which works with a set of electric motors that require a sequential ignition to protect the internal components and ensure efficient operation. The design of the automation of the shot blasting machine consists first in identifying all the components that intervene in its operation; In this way, the electrical conductors of the main connection, its electrical protection system, the type of soft starter for high-power motors and the Logo 8 programmable logic controller together with its man-machine interface are dimensioned. For the elaboration of the electrical diagram, the Logo Soft Comfort V8 software is used, where the motors of the components and the turbines of the Shot Blasting Machine are controlled sequentially together with the configuration of the Logo TDE screen, which is responsible for executing the running commands, stop, state of the motors and identification of faults produced by activations of motor protectors. With this automation proposal, the shot blasting process is optimized by reducing electrical failures caused by faulty electrical elements and errors in the motor ignition sequence; therefore, the production indicators show compliance with the established goal.

Keywords: Shot blasting machine, Logo, Diagram, Controller, Cylinders, Motors

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

La industria de envasado y comercialización de Gas Licuado de Petróleo tiene más de 40 años de operación en el Ecuador, la misma ha sido objeto de diversas actualizaciones en sus máquinas y sistemas que intervienen en sus procesos de envasado y seguridad de los recipientes metálicos o también conocidos como cilindros en los cuales se distribuye dicho combustible a las familias ecuatorianas. Uno de los factores importantes a considerar al momento de elegir un cilindro envasado con GLP es su imagen y seguridad, que esté libre de óxido y su pintura sea impecable, para ello los cilindros son sometidos periódicamente a un proceso de granallado donde trabaja una máquina Granalladora que limpia los cilindros que luego pasan por una cabina de pintura.

La máquina Granalladora está diseñada para remover la pintura y restos de óxido de los cilindros que se emplean para el envasado de Gas Licuado de Petróleo, utilizando granalla metálica, su objetivo es limpiar la superficie de los cilindros que luego pasan por un proceso de repintado. Esta máquina se compone de un transportador de banda, un transportador de rodillos, un sistema de aspiración de polvos y dos turbinas que utilizan motores eléctricos trifásicos.

1.2 Antecedentes

El proceso de granallado consiste en aplicar granalla a través de una banda transportadora hacia las turbinas las cuales proyectan estas partículas a gran velocidad hacia los cilindros que atraviesan la máquina por medio de un transportador de rodillos. El control de los motores eléctricos trifásicos de las turbinas de granallado se realiza mediante un arranque estrella – triángulo que utiliza contactores, guardamotors, temporizadores pulsadores y luces piloto. Se han identificado oportunidades de mejora en el control de los motores eléctricos, al reemplazar el arranque estrella – triángulo por arrancadores suaves y mejorando el control de la máquina utilizando un PLC

LOGO 8 actualizado; optimizando el tiempo de vida útil de los motores y la confiabilidad de todo el equipo.

1.3 Definición del problema

La máquina Granalladora de cilindros presenta fallos repetitivos en sus motores eléctricos, debido al deterioro prematuro de contactores, pulsadores, temporizadores, guardamotores y breakers de alimentación utilizados en los circuitos de control y fuerza, originado por la operación inadecuada y en mayor parte por la presencia de polvo metálico proveniente del proceso de granallado, pues estas partículas metálicas se adhieren a los contactos y mecanismos internos provocando corto circuitos y trabamientos de piezas móviles; por consiguiente, estas fallas generan paradas en la máquina afectando a los indicadores de producción de cilindros granallados.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar el proceso de automatización de una máquina Granalladora que trabaja con un conjunto de motores trifásicos para el granallado de cilindros utilizados en el envasado de GLP, mediante el uso de un PLC LOGO versión 8 y su software de simulación.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los elementos que intervienen en el circuito de control y fuerza de la máquina Granalladora de cilindros.
- Dimensionar los conductores eléctricos de la acometida principal, los elementos de protección de motores, el tipo de arrancador suave, el tipo de PLC y la pantalla de operación.
- Realizar el esquema eléctrico y la simulación del circuito de control de la máquina Granalladora de cilindros a través del software LOGO Soft Comfort V8.

1.5 Hipótesis de Investigación

La propuesta de automatización de la máquina Granalladora de cilindros

permitirá mejorar la operación de sus motores eléctricos, mediante la utilización elementos de última tecnología tales como el PLC LOGO V8, arrancadores suaves para los motores de gran potencia y una interfaz hombre máquina digital que manejará la secuencia de encendido del transportador de banda, transportador de rodillos, aspirador de polvo y turbinas de granallado; de esta manera, se reemplazan elementos de accionamiento electro mecánico por elementos electrónicos minimizando los fallos producidos por polvos metálicos emitidos por la máquina cuando está en funcionamiento, también se reducirán los tiempos de paradas de la Granalladora y los indicadores de producción de cilindros granallados cumplirán o superarán sus objetivos.

1.6 Metodología de la Investigación

El presente trabajo de diseño tiene naturaleza teórica con un alcance documental y analítico, la investigación de tipo documental abarca aportes importantes considerados en las actividades investigativas con la recolección de conceptos, fundamentos y publicaciones de profesionales e investigadores en la rama de la electricidad y electrónica, estos datos se obtienen mediante el uso de fuentes bibliográficas como trabajos de titulación, repositorios, artículos científicos y tecnológicos, foros web, páginas web de categorías técnicas, normativas vigentes, y catálogos de fabricantes de partes y piezas tecnológicas. En la investigación de tipo analítica se definen los componentes y especificaciones técnicas que intervienen en la automatización de la máquina Granalladora mejorando su diseño de control original para que pueda mantener o incrementar su eficiencia operativa, luego se determina una evaluación de factibilidad del proyecto identificando las ventajas de utilizar elementos electrónicos de última tecnología que logran optimizar el rendimiento de las máquinas eléctricas que serán controladas por este tipo de sistemas. En el enfoque adicional a la investigación se desarrolla un evento de simulación digital utilizando un software que permite visualizar en tiempo real el accionamiento de motores y funcionamiento eléctrico de la máquina sometida a el proceso de automatización industrial.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Introducción al proceso de Granallado

Este proceso es un caso específico dentro de la gama de granallado, mediante el cual se introducen presiones en un área metálica, sometiéndola a un flujo de partículas esféricas proyectadas velozmente y controlando los parámetros de la operación del equipo. Durante el granallado, no solo se produce el efecto anterior, sino que también se limpia la superficie eliminando óxido y pintura, pero esto es únicamente un efecto secundario del proceso, siendo el objetivo principal el aumento de la resistencia a la fatiga del metal.

2.1.1 Acción de impacto con partículas esféricas

Cuando la granalla, en forma de microesfera, es impulsada en un flujo de gran velocidad, impacta sobre un cuerpo de metal originando a la vez un perfil superficial conformado por surcos y picos redondeados producidos por la deformación plástica del metal sometido al impacto. Esta deformación tiene alrededor de 150 micrones de profundidad.

El efecto producido después del granallado se basa en la compresión de los granos metalográficos de la superficie metálica. Por consiguiente, se producen dos nuevos efectos:

- Los granos se vuelven más anchos presionándose mutuamente lo cual provoca el origen de tensiones de compresión adyacentes a la superficie. Las tensiones de compresión eliminan las tensiones restantes que resultan de operaciones anteriores como soldadura, corte, enderezado, etc. Y además son contrarias a toda exposición a la tracción a que sea sometida en múltiples usos futuros.

- El efecto secundario se produce al ampliarse los granos que abarcan los espacios intermedios reduciéndolos en gran medida y a su vez el avance de corrosión galvánica.

En resumen, la acción de impacto con partículas esféricas incrementa la resistencia a la fatiga, en la Figura 2.1 se muestran especialmente muelles metálicos, amortiguadores, flejes, barras estabilizadoras de vehículos,

piñones y como efecto secundario genera un incremento de la resistencia a la corrosión, la corrección de tensiones residuales inyectando una tensión de compresión homogénea en el área y a su vez se encarga de limpiar a través del granallado. (Cym, 2018, p. 2)



Figura 2.1 Tipos de piezas para granallado

Fuente: Adaptado de *Introducción al proceso de shoot penning*, de CYM M., 2018.

2.1.2 Granalla esférica de acero al carbono

La Granalla de acero al carbono o acero inoxidable fundida en forma esférica es el abrasivo que se utiliza mayormente, pues a través del preciso tratamiento térmico realizado a las granallas durante el proceso de elaboración combinan un valor de dureza robusto con reducida capacidad de rotura siendo el costo inferior a otros tipos de granalla existentes en el mercado. Los tamaños, tamizados según las distintas medidas de gránulos y clasificados según un número específico se encuentran normalizados según SAE en el Standard SAE J444. En la Figura 2.2 se muestra la forma de la granalla de acero al carbono de tipo esférica. (Cym, 2018)



Figura 2.2 Granalla de acero al carbono tipo esférica

Fuente: Adaptado de *Introducción al proceso de shoot penning*, de CYM M., 2018.

2.1.3 Turbinas de Granallado

El proceso de granallado mediante turbina centrífuga es, entre los métodos modernos de limpieza superficial, la técnica más económica y con un ambiente de trabajo de contaminación reducida. El principio de funcionamiento del granallado se fundamenta en la optimización de la energía cinética de la granalla empleada al impactar contra la superficie del elemento metálico, removiendo restos de pintura, suciedad, óxidos, etc. El rendimiento de la máquina granalladora depende de la calidad, cantidad, velocidad y dirección del flujo de la granalla; los tres últimos factores dependen exclusivamente del funcionamiento óptimo de las turbinas de granallado. (Cym, 2019)

En la figura 2.3 se muestra la estructura de las turbinas, las mismas que son el corazón de la máquina y tienen una influencia determinante sobre la efectividad del trabajo, apariencia de la superficie granallada, costos de operaciones y por consiguiente la rentabilidad del proceso.



Figura 2.3 Estructura de turbina de granallado

Fuente: Adaptado de *Turbinas de granallado*, de CYM M., 2018.

2.2 Fundamentos de sistemas de control de máquinas eléctricas

Las máquinas eléctricas son diseñadas para desempeñar funciones específicas en la industria, dentro de las cuales intervienen diversos dispositivos eléctricos y electrónicos que permiten establecer el control de cada uno de sus componentes. A continuación, se detallan los elementos fundamentales que cada máquina eléctrica necesita para llevar a cabo su operación.

2.2.1 Acometida eléctrica de baja tensión

Las acometidas eléctricas son los recorridos que van desde la red de distribución eléctrica hasta el medidor eléctrico, instalado en el edificio del usuario del servicio. Estas se clasifican en: aéreas y soterradas. En la acometida aérea, las líneas de distribución viajan suspendidas a una determinada altura, desde el poste hasta la tubería de la bajante camino al medidor. El calibre del conductor es de número 10 en #AWG y en orden descendente. En la acometida soterrada, las líneas de alimentación se trasladan por tuberías y bajo tierra. El calibre del conductor es #14 AWG y en orden descendente. Las acometidas trabajan con varios sistemas: sistema monofásico, sistema bifásico y sistema trifásico. (Alvear Muevecela, 2019, p. 20)

En la Figura 2.4 se muestra la estructuración de una acometida eléctrica y sus componentes principales.

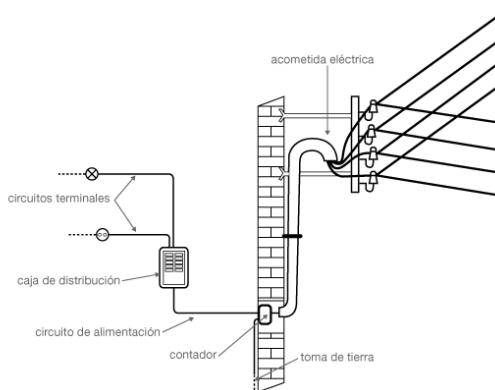


Figura 2.4 Acometida eléctrica en baja tensión

Fuente: Adaptado de *Acometida trifásica*, de García N., 2017.

2.2.2 Tablero eléctrico de fuerza

Los tableros eléctricos de fuerza se pueden encontrar como tableros generales o sub-tableros que son diseñados para distribuir energía eléctrica para cargas considerables y cumplir con todos los requerimientos de seguridad y especificaciones técnicas. (Farina, 2019, p. 2). En estos tableros se instalan todos los elementos que intervienen en el diseño de los circuitos de fuerza de máquinas eléctricas, en la Figura 2.5 se observa un tablero de fuerza y sus principales componentes que se mencionan a continuación:

- Gabinete Metálico con puertas
- Interruptores Trifásicos de Caja Moldeada
- Protecciones Diferenciales
- Barras de Cobre
- Barras Tetrapolar
- Aisladores barril y escalonados
- Portafusibles y Fusibles
- Canaleta Ranurada Portacables
- Riel Din
- Borneras de Conexión
- Cables de acometidas



Figura 2.5 Tablero eléctrico de fuerza

Fuente: Adaptado de *Tableros Eléctricos*, de Farina A., 2019.

2.2.3 Tablero eléctrico de automatización

Un tablero eléctrico de automatización es un gabinete metálico que está conformado por dispositivos electromagnéticos y su principal función es hospedar diversos componentes eléctricos y electrónicos que administren la lógica y accionen cargas eléctricas, tales como motores de inducción, actuadores, máquinas, bobinas, etc. (Cadena & Morales, 2012, p. 30). En la Figura 2.6 se observa la parte inferior de un tablero eléctrico de automatización constituido por un PLC, elementos de protección, variador de frecuencia y switch de comunicación.

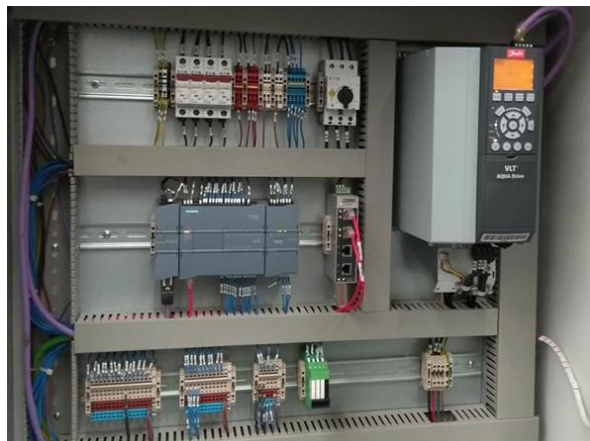


Figura 2.6 Tablero eléctrico de automatización

Fuente: Adaptado de *Diseño y montaje de un tablero de control*, de Cadena y Morales, 2012.

2.2.4 Breakers de caja moldeada

El disyuntor o breaker de caja moldeada se presenta como una alternativa al uso de fusibles debido a que no necesitan reemplazarse una vez que se produce un disparo producto de una sobrecarga en el sistema eléctrico. Al contrario de los fusibles, este interruptor termomagnético se puede resetear sin inconvenientes después de un fallo y brinda una mayor seguridad y sencillez en su activación sin incrementar costos operacionales. Normalmente este tipo de breakers o disyuntores poseen una protección contra intensidades térmicas en lo que se relaciona a sobre corrientes y el conjunto magnético para los eventos de cortocircuitos que ofrecen una actuación más rápida, ver Figura 2.7. (Molina, 2019)



Figura 2.7 Breakers de caja moldeada

Fuente: Adaptado de *Diferencia entre breakers MCB y MCCB*, de Eléctrica A., 2017.

2.2.5 Guardamotores

Ofrecen una solución compacta para la protección del circuito eléctrico y protección durante el arranque y operación de motores. Cuentan con una gran capacidad de interrupción, permiten un amplio uso en instalaciones con elevado nivel de corriente de cortocircuito. La importancia de instalar guardamotores se considera cuando se va a proteger motores, arrancadores suaves y variadores de frecuencia, por el motivo de que sirven también de protección para estos elementos; ver Figura 2.8. (Cárdenas, 2016)



Figura 2.8 Guardamotor Sirius

Fuente: Adaptado de *Automatización de procesos industriales* de Cárdenas A., 2016.

2.2.6 Contactores

Los contactores están diseñados para operar como interruptores automáticos, con amperajes y voltajes relativamente elevados. En su interior consta de tres contactos abiertos denominados principales o de fuerza, estos son más robustos que los otros contactos llamados auxiliares que sirven como elementos de control. Los contactos principales son los que realizan los accionamientos del circuito de fuerza de las máquinas tales como alimentación de motores de inducción, tal como lo muestra la Figura 2.9. (Pérez, 2013)



Figura 2.9 Contactor Schneider

Fuente: Adaptado de *Automatización de procesos industriales* de Cárdenas A., 2016.

2.2.7 Motores de Inducción

Un motor de inducción es un dispositivo electromotriz, esto significa que es capaz de transformar la energía eléctrica, que se suministra de la red eléctrica o energía almacenada en un acumulador, en energía mecánica. Los motores de inducción desarrollan este tipo de transformación de energía mediante campos magnéticos, estos motores se utilizan en diversas aplicaciones como, por ejemplo, hacen funcionar a equipos de refrigeración, ventiladores, compresores, transportadores de banda, turbinas, elevadores, rodillos, en la Figura 2.10 se puede observar un motor eléctrico con sus componentes básicos y construcción interna y externa. El motor de inducción

trifásico es tipo de motor que utiliza corriente alterna más ampliamente empleado, estos motores son de construcción robusta, presentan un costo reducido de fabricación y necesitan un mantenimiento muy básico. (Montánchez, 2015).

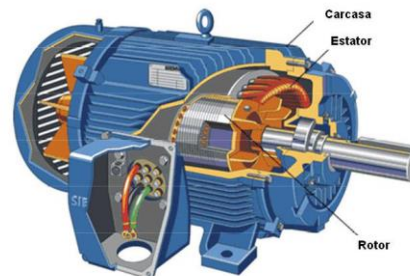


Figura 2.10 *Motor de Inducción Trifásico*

Fuente: Adaptado de *Diseño e implementación de un variador de velocidad para motores de inducción trifásicos* de Montánchez E., 2015.

2.2.8 Controlador Lógico Programable PLC

Como un concepto fundamental es posible definir al controlador lógico programable como todo dispositivo electrónico diseñado para administrar en tiempo real y en ambientes industriales procesos secuenciales de control. Su configuración y operación pueden ser ejecutados por personas con formación eléctrica electrónica, sin tener conocimientos previos sobre sistemas informáticos. (Vallejo, 2015). En la Figura 2.11 podemos observar a un controlador lógico programable con sus bornes de conexiones de entradas y salidas y sus puertos de comunicación.



Figura 2.11 *Controlador Lógico Programable PLC*

Fuente: Adaptado de *Los controladores lógicos programables* de Vallejo H., 2015.

2.2.9 Ventajas y desventajas del PLC

En la Tabla 2.1 se enlistan las ventajas más importantes de la utilización de un PLC en la industria, en comparación con sus desventajas que son muy reducidas.

Tabla 2.1 *Ventajas y Desventajas del uso de PLC*

Ventajas	Desventajas
Menor tiempo de elaboración de proyectos	Necesidad de entrenamiento del personal
Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.	Dependiendo de su tamaño es posible que tengan un costo elevado
Mínimo espacio de ocupación	
Mantenimiento económico	
Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata	
Menor tiempo de puesta en funcionamiento	

Fuente: Adaptado de *Los controladores lógicos programables* de Vallejo H., 2015.

2.3 LOGO 8 de Siemens

Los PLCs Logo 8 de Siemens son los módulos lógicos programables utilizados en proyectos de automatización a pequeña y mediana escala. Estos dispositivos poseen una pantalla más grande que sus versiones anteriores, diversas alternativas de comunicación a través de Ethernet, un servidor web integrado y salidas complementarias en los módulos de expansión digitales y analógicos. El display cuenta con 6 líneas y este a su vez posee 16 dígitos por línea, de esta forma recibe el doble de caracteres en cada texto explicativo brindando más detalles en su interacción con el operador o programador. La interfaz Ethernet y el servidor web incorporados son características únicas en esta clase de dispositivos y se elimina el uso de cables adicionales de conexión con la computadora, haciendo uso de internet para monitorear, ejecutar un comando, visualizar mensajes de alerta, configurar entradas, configurar salidas y todo lo relacionado con la programación del dispositivo, ver Figura 2.12. (Esteves, 2018)



Figura 2.12 LOGO 8 de Siemens

Fuente: Adaptado de *Controladores lógicos inteligentes Siemens Logo 8* de Esteves A., 2018.

2.3.1 Software LOGO Soft Comfort V8

El software Soft Comfort V8 está diseñado para la creación práctica de programas, simulación de proyectos y respaldo de información para las personas que utilizan el dispositivo LOGO, adicionando características como la operación sencilla en modo red, la configuración automática de protocolos de conexión con una pantalla en la visualización de redes y la facultad de gestionar hasta tres programas de manera simultánea. Adicionalmente, los programadores pueden transmitir una señal de un programa a otro utilizando el mouse y soltando en el programa de destino. Soft Comfort V8 tiene como característica alternativa la migración de programas de LOGO que se configuraron con las versiones anteriores; en la Figura 2.13 podemos observar el detalle de la pantalla del software. (Esteves, 2018).

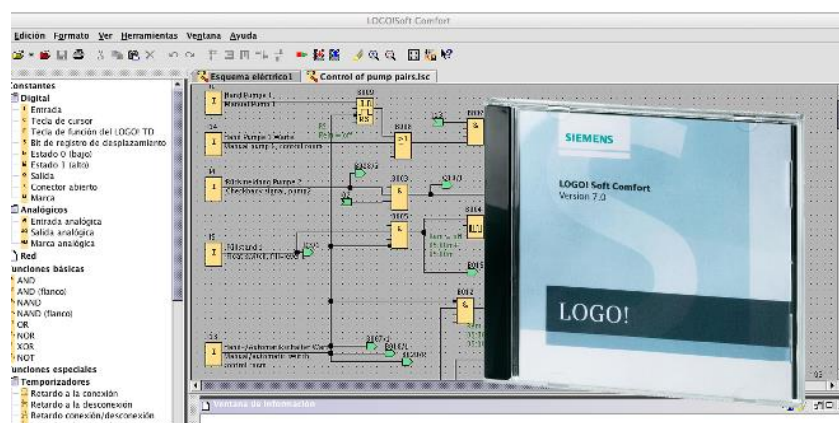


Figura 2.13 Software Logo Soft Comfort

Fuente: Adaptado de *Controladores lógicos inteligentes Siemens Logo 8* de Esteves A., 2018.

2.4 Interfaz Hombre Máquina HMI

Cuando los seres humanos y computadoras establecen una interacción lo realizan por medio de un interfaz hombre – máquina, que se define como HMI. La HMI es el espacio en el que las personas y ordenadores establecen una comunicación, intercambiando en forma bidireccional tanto datos, órdenes y diferente tipo de información como sensaciones, acciones y nuevas formas de visualizar las cosas. Por otra parte, la interfaz es además una frontera a la comunicación en algunos casos, debido a que todo lo que no se pueda expresar a través de ella se mantendrá al margen de esta relación de doble vía. Si la interfaz está diseñada de manera correcta, el operario encontrará la respuesta apropiada a su acción a realizar; si esto no ocurre, puede ser perjudicial para el operador, que en términos generales suele culparse a sí mismo por no poder utilizar el objeto. De la misma forma, un buen programa con una interfaz pésima tendrá una imagen insuficiente, contrariamente, una buena interfaz puede repotenciar un programa sencillo y pobre. (Rodríguez, 2012)

2.4.1 Paneles básicos Simatic HMI

Con sus avanzadas funciones esenciales HMI, los SIMATIC HMI Basic Panels de segunda generación son la serie básica idónea para aplicaciones HMI menos complejas. Esta serie de equipos ofrece paneles con displays de 4", 7", 9" y 12", y operación híbrida de teclas o pantalla táctil.

Las innovadoras pantallas panorámicas ofrecen una alta resolución con 64k colores. Es posible ubicarlas de manera vertical y son sumamente eficientes en consumo de energía debido a su brillo que se puede regular en su totalidad.

Su interfaz de usuario actualizada posee una amplia gama de operaciones con utilización mejorada mediante nuevos botones y gráficos.

La interfaz USB permite conectar un teclado en el dispositivo, un mouse y un escáner de código de barras y logrando así el registro inmediato de datos en una memoria USB, ver Figura 2.14. (Siemens, 2022)



Figura 2.14 Panel Simatic HMI

Fuente: Adaptado de *Simatic HMI Basic Panels* de Siemens, 2022.

2.4.2 Automatización totalmente integrada TIA Portal

Totally Integrated Automation (TIA) es una arquitectura de sistema abierta la cual permite la interacción idónea de todos los dispositivos de automatización, el software de programación y todos los servicios adicionales de gran nivel desde hace varias décadas. Esto se encuentra consolidado por una sólida gestión de datos, estándares mundiales e interfaces homologadas, desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión directiva. (Siemens, 2022)

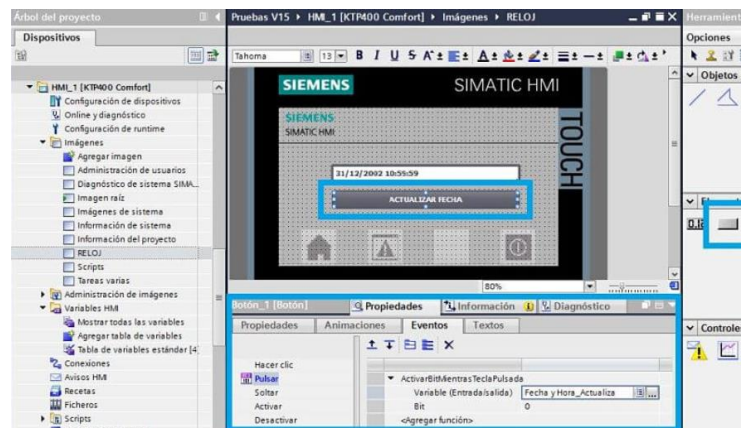


Figura 2.15 Pantalla Principal TIA Portal WinCC

Fuente: Adaptado de *Simatic HMI Basic Panels* de Siemens, 2022.

2.5 Arranadores suaves

Un arrancador suave está conformado por dispositivos electrónicos de estado sólido (tiristores) y a través de ellos se controla el voltaje que alimenta al motor de inducción, el voltaje aumenta en forma controlada para evitar el cambio violento del par y la intensidad de arranque. Por medio de este tipo de

arrancadores suaves se logra controlar las características de funcionamiento durante los ciclos de arranque y parada del motor. La intensidad y el par pueden regularse en un rango extenso. En condiciones normales una vez que el motor se ha puesto en marcha, los elementos electrónicos de estado sólido se puentean utilizando un contactor esclavo conocido como 'bypass', ver Figura 2.16. Este tipo de aplicaciones se utilizan comúnmente en motores trifásicos. (Kling, 2012)

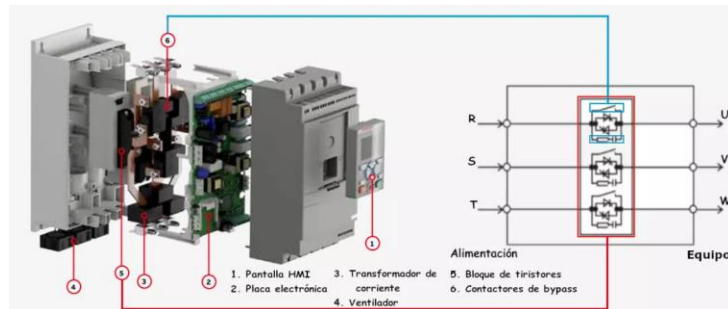


Figura 2.16 Partes y conexión de arrancador suave

Fuente: Adaptado de *Nuevos arrancadores suaves* de Kling S., 2012.

2.6 Pantalla de operación LOGO TDE

La pantalla TDE de LOGO es un equipo complementario al PLC, su propósito principal es operar y visualizar directamente con el procesador del PLC LOGO 8. Este dispositivo tiene acceso a toda la configuración del programa e información como entradas digitales, entradas analógicas, salidas, funciones especiales y demás. La comunicación entre el LOGO y la pantalla TDE se realiza mediante Ethernet, ver Figura 2.17. (Esteves, 2018)

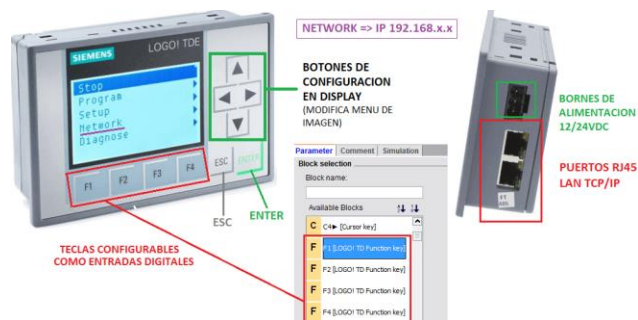


Figura 2.17 Pantalla de operación LOGO TDE

Fuente: Adaptado de *Controladores lógicos inteligentes Siemens Logo 8* de Esteves A., 2018.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Estado actual de la máquina Granalladora de cilindros de GLP

La máquina Granalladora de cilindros para envasado de GLP se encuentra instalada en el Taller de mantenimiento de Cilindros, el cual pertenece a una empresa comercializadora de gas licuado de petróleo ubicada en la ciudad de Guayaquil. Esta máquina es de la marca Cym, fue fabricada en Argentina en el año 2007 y el montaje en la ubicación actual de operación se realizó en el año 2008. Su capacidad de producción es de 250 cilindros por hora y su tiempo de funcionamiento es de 10 horas al día 5 días a la semana. En su operación intervienen 5 motores que realizan funciones esenciales del proceso de granallado, los cuales son:

- * Motor de Transportador de Banda: Permite recircular la granalla desde la parte inferior hasta la parte superior donde actúa el sistema de extracción de polvos.

- * Motor Extractor de Polvos: Su función principal es extraer los polvos suspendidos en el proceso de granallado.

- * Motor Transportador de Rodillos: Trasladan y giran los cilindros de GLP por el recorrido de la cabina interna para su granallado total.

- * Motores de Turbinas: Proyectan a gran velocidad la granalla proveniente del transportador de banda hacia la cabina interna de la máquina.

En la Figura 3.1 se observa una vista panorámica de la Granalladora.



Figura 3.1 Vista panorámica de la Granalladora

3.1.1 Sistema de control eléctrico actual de máquina Granalladora

La máquina tiene un tablero eléctrico donde se alojan todos los componentes de los circuitos de fuerza y control, en su interior el espacio está ocupado al cien por ciento y varios cables de alimentación se encuentran por encima del breaker de caja moldeada y los contactores, en la Figura 3.2 se muestra la parte interna del tablero y la ubicación de sus elementos.

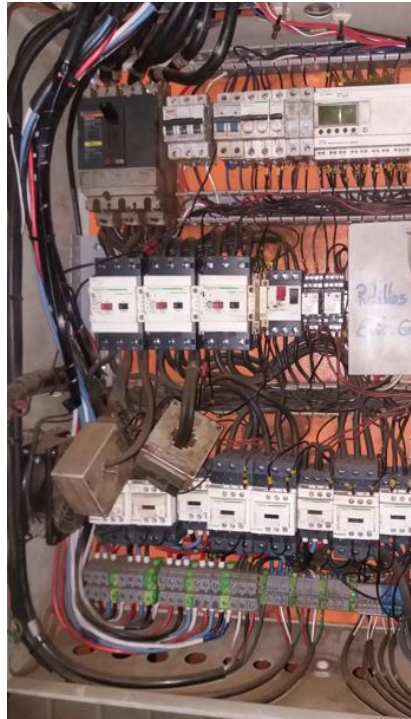


Figura 3.2 Estado actual de tablero eléctrico de Granalladora

El breaker principal es de la marca MERLIN GERIN con una capacidad de 250 amperios, se ubica en la parte superior del panel en donde ingresan los cables de la acometida principal. En la parte inferior del breaker se derivan los cables que alimentan el circuito de fuerza de los motores y los cables que alimentan el circuito de control. Todos los cables que ingresan y salen del breaker se encuentran en espacios muy reducidos, en la Figura 3.3 se observa que en cada terminal de conexión ingresan dos y tres cables de calibre 1/0 con sus puntas desnudas y sin terminales de compresión; debido al calibre de los cables de acometida se han cortado algunos hilos del conductor para que puedan ingresar en los terminales de ajuste.



Figura 3.3 Breaker principal y cables de acometida de la Granalladora

Los motores de las Turbinas son accionados a través de dos contactores Schneider LC1D65A y un contactor Schneider LC1D32 por cada motor, estos contactores son activados mediante un circuito de control estrella – triángulo, ver Figura 3.4.



Figura 3.4 Contactores de motores de Turbinas

Para controlar los arranques estrella triángulo y protecciones de los motores se utiliza un Zelio Schneider SR3 B261 con alimentación 100 – 240 VAC, el cual se muestra en la Figura 3.5.

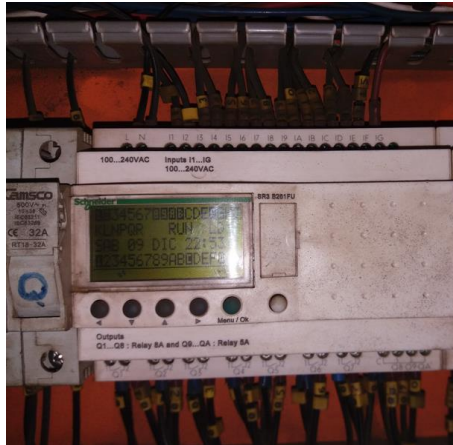


Figura 3.5 Controlador Zelio para arranque estrella triángulo

El cuadro de maniobra se encuentra montado en la puerta del tablero eléctrico y se compone de pulsadores verdes de marcha, pulsadores rojos de paro, luces piloto de encendido, luces piloto de falla, selectores de dos posiciones y amperímetros; existe un piloto que se encuentra sin rotulación, ver Figura 3.6.



Figura 3.6 Cuadro de maniobra de Granalladora

El cuadro de maniobra ubicado en la puerta del tablero se encuentra expuesto a contaminación por polvo metálico y al deterioro prematuro de sus elementos de móviles, tal como se observa en la Figura 3.7.

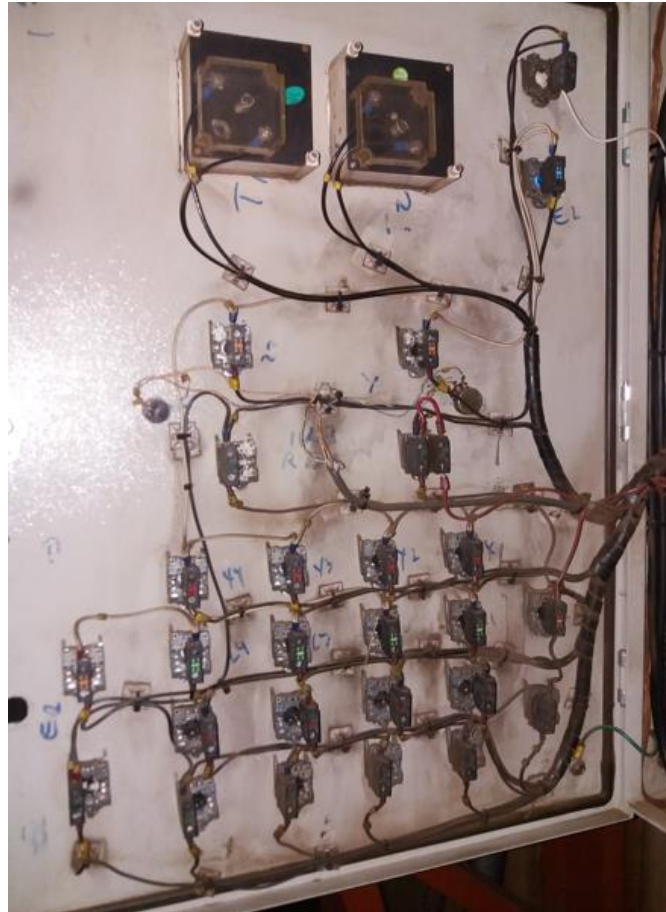


Figura 3.7 Parte interna de cuadro de maniobra

3.1.2 Procedimiento de encendido de motores

El proceso de encendido de los motores de la máquina se realiza de forma manual y cada motor puede ser encendido o apagado de manera independiente. No existe una secuencia de encendido automático para proteger la máquina en caso de una operación inadecuada. El fabricante recomienda que en primer lugar se deben encender los motores de los componentes de la Granalladora en orden secuencial y con intervalos de 5 segundos, primero encender el transportador de banda, luego el extractor de polvos y finalmente el transportador de rodillos. Para completar el encendido de la máquina se debe encender en secuencia en motor de la turbina 1 y después de 10 segundos arrancar el motor de la turbina 2. El propósito del encendido secuencial de la máquina es proteger las partes mecánicas y evitar disparos de guardamotores por sobrecargas producidas por errores de operación.

3.2 Fallas comunes en el sistema eléctrico de la Granalladora

Las fallas comunes del sistema eléctrico de la máquina son el recalentamiento de las líneas de la acometida principal y daño de los terminales de ajuste del breaker de caja moldeada, las causas de estas fallas son las siguientes:

- * Falta de reajuste de líneas debido al espacio interior reducido del tablero.

- * Ingreso de puntas de cables sin terminales de compresión en los terminales de ajuste del breaker principal.

- * Corte de hilos de cables de acometida para que puedan ingresar en los terminales de ajuste.

- * Corto circuito en líneas de fuerza originado por contactores defectuosos que trabajan en el arranque estrella – triángulo.

En la figura 3.8 se observan los daños ocasionados en un contactor y un breaker de caja moldeada de la Granalladora.

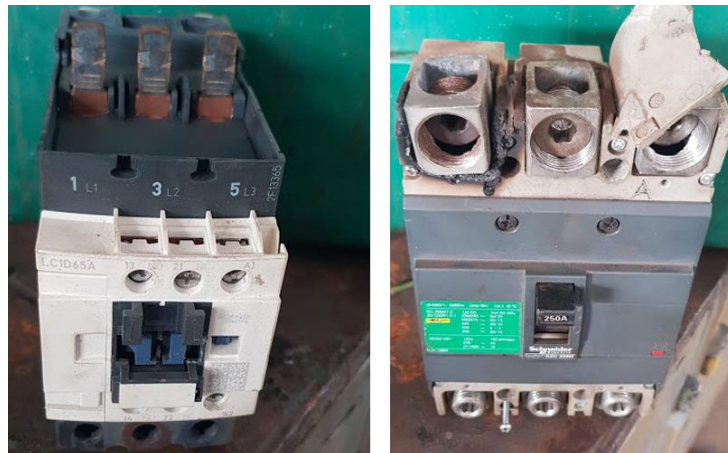


Figura 3.8 Daños en contactores y breakers de la Granalladora

Estas fallas se han vuelto repetitivas en el equipo y representan un problema serio tanto para el área de producción como para el departamento de mantenimiento; puesto que la Granalladora es parte esencial del proceso del Taller de Mantenimiento de cilindros y cada parada ocasionada por fallas eléctricas provoca la reducción de los cilindros procesados durante el turno.

Con estos antecedentes mencionados es necesario realizar un nuevo

diseño de automatización del equipo, a través de la elaboración de un programa de control mediante el software de simulación y proponer la adquisición de elementos de última tecnología para el control secuencial de los motores.

3.3 Dimensionamiento de conductores de alimentación

La parte inicial del diseño de automatización corresponde al dimensionamiento de los conductores que alimentan el tablero de la máquina. En la Tabla 3.1 se muestran los motores de transportador de banda, rodillos y aspirador de polvo a quienes se denominan componentes y los motores de las turbinas 1 y 2.

Tabla 3.1 Características de los motores de la Granalladora

Descripción del motor	Voltaje	Corriente nominal	Factor de potencia	Potencia Kw
Transportador de banda	220 V. Trifásico	5,7 Amp	0,89	3
Transportador de rodillos	220 V. Trifásico	3 Amp	0,89	1.1
Aspirador de polvos	220 V. Trifásico	15 Amp	0,89	7,5
Turbina de granallado 1	220 V. Trifásico	36 Amp	0,89	22
Turbina de granallado 2	220 V. Trifásico	36 Amp	0,89	22
Suma de Potencias en Kw				55,6

Fuente: Adaptado de *Tablas de cálculo de conductores* de Ingelpro, 2020.

Para calcular la corriente máxima que circula por los conductores de la acometida de alimentación del tablero de la máquina se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} * \text{Cos}\varphi * V)}$$

Donde:

P = Suma de Potencias en W (55600)

$\sqrt{3} = 1.74$

$\text{Cos}\varphi = 0.89$

V = Voltaje de alimentación (220)

$$I = \frac{55600}{(1.74 * 0.89 * 220)}$$

$$I = 163.2 \text{ Amperios}$$

En la tabla 3.2 se detallan los valores de los conductores según su calibre específico, en la columna AWG MCM se muestran los calibres de los conductores según su amperaje máximo admisible. En el mercado local es común encontrar conductores de cobre del tipo THW los cuales trabajan con temperaturas de hasta 75° C. En el cálculo anterior el resultado es de 163.2 amperios y para esta capacidad de conducción se utiliza una acometida trifásica con 3 conductores calibre 2/0.

Tabla 3.2 Calibre de conductores según capacidad de conducción

Sección mm ²	AWG MCM	Cobre			Aluminio		
		TW 60° C	THW 75° C	THHW 90° C	TW 60° C	THW 75° C	THHW 90° C
2.080	14	16*	18*	21*			
3.310	12	20*	24*	27*	16*	18*	21*
6.261	10	27*	33*	36*	21*	25*	28*
8.367	8	36	43	48	28	33	37
13.300	6	48	58	65	38	45	51
21.150	4	66	79	89	51	61	69
26.670	3	76	90	102	59	70	79
33.620	2	88	105	119	69	83	93
42.410	1	102	121	137	80	95	106
53.490	1/0	121	145	163	94	113	127
67.430	2/0	138	166	186	108	129	146
85.010	3/0	158	189	214	124	147	167
107.200	4/0	187	223	253	147	176	197
127.000	250	205	245	276	160	192	217
152.000	300	234	281	317	185	221	250
177.000	350	255	305	345	202	242	273
203.000	400	274	328	371	218	261	295
253.000	500	315	378	427	254	303	342
304.000	600	343	413	468	279	335	378
355.000	700	376	452	514	310	371	420
380.000	750	387	466	529	321	384	435
405.000	800	397	479	543	331	397	450
456.000	900	415	500	570	350	421	477
507.000	1.000	448	542	617	382	460	521

Fuente: Adaptado de *Tablas de cálculo de conductores* de Ingelpro, 2020.

Se debe tomar en cuenta que existe un factor determinante que trata sobre la temperatura ambiente a la que se expone el conductor; si existen temperaturas ambientes mayores a 30° C se multiplican los valores de la columna AWG MCM por el factor correspondiente señalado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Factor de temperatura ambiente

Tabla 4.3 Factor de temperatura ambiente

Temperatura ambiente °C	Cobre			Aluminio		
	TW	THW	THHW	TW	THW	THHW
21–25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26–30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31–35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36–40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41–45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46–50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51–55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56–60	—	0,58	0,71	—	0,58	0,71
61–70	—	0,33	0,58	—	0,33	0,58
71–80	—	—	0,41	—	—	0,41

Fuente: Adaptado de *Tablas de cálculo de conductores* de Ingelpro, 2020.

La temperatura ambiente de la Granalladora es de aproximadamente 35°C, al aplicar el factor de temperatura dentro del rango 31-35 se obtiene un resultado de 153.4 amperios. Con estos datos se recomienda la instalación de 3 conductores calibre 2/0 para la alimentación principal de la máquina.

3.4 Dimensionamiento de elementos de protección

El breaker principal de la máquina es de 3 polos y de caja moldeada, para calcular su intensidad se utiliza el dato de la corriente de los motores y se multiplica por el factor de seguridad 1.25 para considerar una flexibilidad del 25 por ciento por encima de la corriente máxima admisible.

- Corriente: 163.2 A

- Factor de seguridad: 1.25

$$163.2 * 1.25 = 204 \text{ amperios}$$

En el mercado local no se encuentra un disyuntor de 204 amperios y se recomienda elegir un disyuntor con una capacidad superior. En los catálogos de proveedores de materiales eléctricos se muestran breakers de 200 y 250 amperios; por lo tanto, se selecciona el breaker de caja moldeada de 3 polos de 250 amperios.

Para calcular la capacidad de los guardamotores de cada uno de los motores de la máquina se utiliza el mismo factor de seguridad de 1.25 y se multiplica por cada corriente nominal según se observa en la tabla 3.4.

Tabla 3.5 Cálculo de guardamotores

Descripción del motor	Corriente nominal Amperios	Factor de seguridad	Guardamotor Amperios
Transportador de banda	5,7	1,25	7,125
Transportador de rodillos	3	1,25	3,75
Aspirador de polvos	15	1,25	18,75
Turbina de granallado 1	36	1,25	45
Turbina de granallado 2	36	1,25	45

3.5 Selección de los arrancadores suaves para las Turbinas 1 y 2

Las turbinas de granallado 1 y 2 tienen una potencia de 22 Kw cada uno y su método de arranque actual es de estrella - triángulo mediante contactores. Para sustituir este tipo de arranque es necesario utilizar arrancadores suaves de última tecnología de marca Siemens Sirius y para seleccionar el modelo se utiliza la herramienta Simulation Tool for Soft Starters, en la Figura 3.9 se observa el ingreso de los datos de los motores.



Figura 3.9 Simulación de arrancador suave con software Siemens STS

Una vez ingresado los datos de los motores automáticamente el software recomienda el modelo de arrancador suave SIRIUS 3RW5527 – 1HA14. En la Figura 3.10 se visualizan los gráficos de par, corriente y los parámetros recomendados para la configuración del dispositivo que son los siguientes:

- * Tensión de arranque: 50%
- * Tiempo de rampa de aceleración: 2 segundos
- * Límite relativo de corriente de arranque: 4
- * Corriente asignada de empleo (Ie): 79.5 A
- * Class: Class 10E

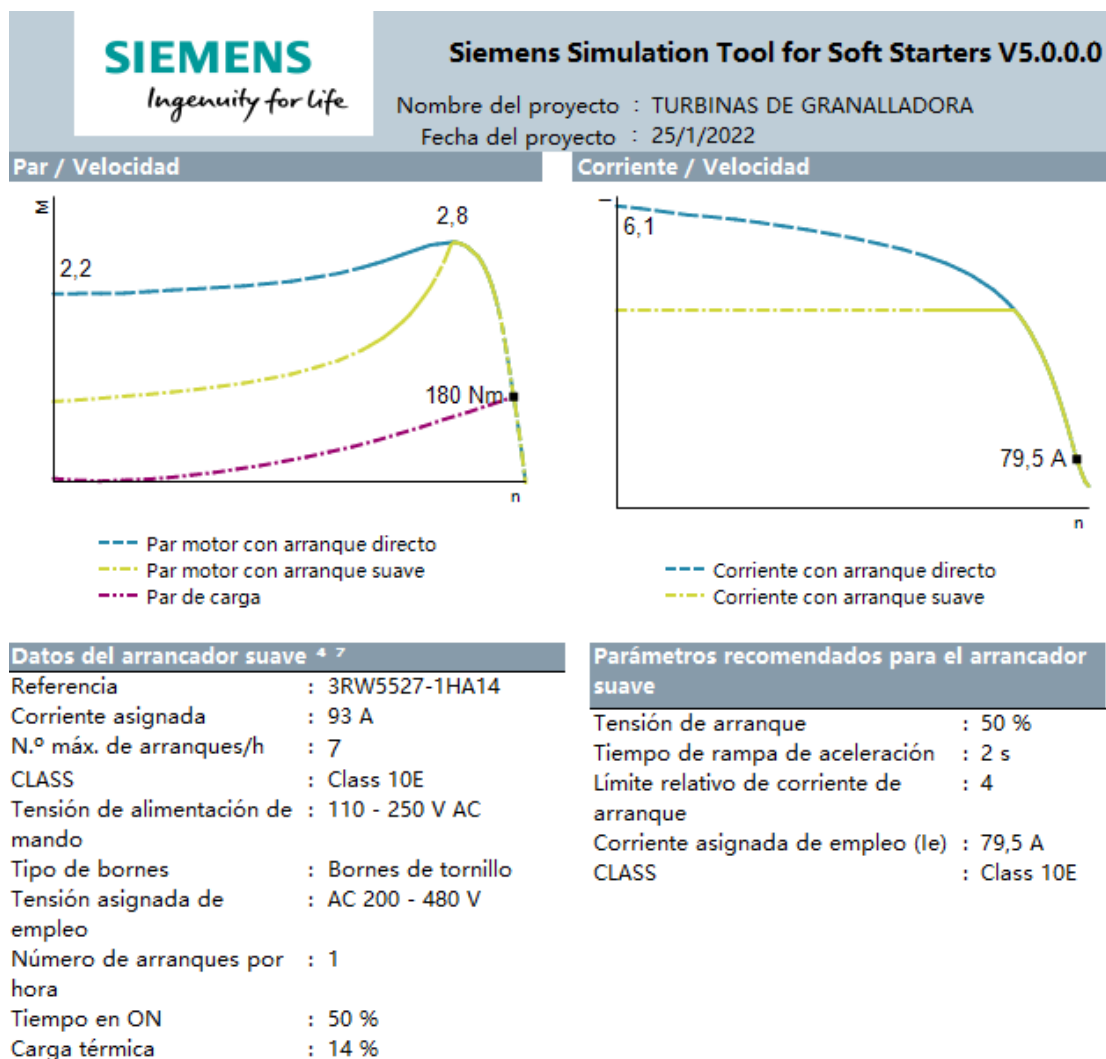


Figura 3.10 Reporte del software Siemens STS para arrancadores suaves

3.6 Selección del PLC y la pantalla de operaciones

Para el control secuencial de los motores de componentes y arranque de las turbinas por medio de arrancadores suaves se selecciona el PLC Siemens LOGO 8. Con el propósito de sustituir los pulsadores y luces piloto del cuadro de maniobra se selecciona la pantalla de operación LOGO TDE, la cual se comunica con el LOGO 8 a través de Ethernet - LAN utilizando un cable de datos RJ45, ver Figura 3.11.

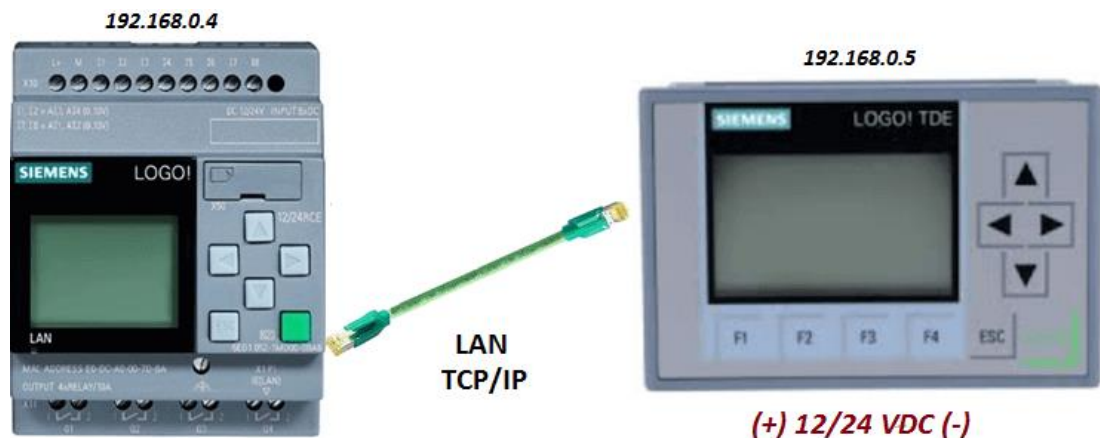


Figura 3.11 Comunicación entre LOGO 8 y LOGO TDE

Fuente: Adaptado de *Controladores lógicos inteligentes Siemens Logo 8* de Esteves A., 2018.

3.7 Elaboración del circuito de control secuencial de motores

El circuito de control secuencial de los motores de la Granalladora se realiza con el uso del Software Logo Soft Comfort V8 y se divide en tres partes, la primera es el control secuencial de los motores de componentes (banda, extractor y rodillos), la segunda es el circuito de control secuencial de las turbinas 1 – 2 y por último la configuración de la pantalla de operación LOGO TDE.

3.7.1 Control secuencial de motores de componentes

La tecla de función F1 de la pantalla TDE se configura como la entrada para la marcha de los componentes y se conecta en el terminal S del relé auto enclavador RS B001, la salida de este se conecta a la salida Q1 que controla

el motor del transportador de banda. La tecla de función F2 del TDE se programa como la entrada para el paro de los componentes y se une a un conector de la compuerta OR B003, la salida esta compuerta se conecta en el terminal R del relé RS B001. La entrada I1 trabaja como una señal de falla del guardamotor que paraliza todo el circuito y se conecta a un terminal de la compuerta OR B003 que a su vez realiza el paro del motor por medio del conector R del relé RS B001. El encendido del motor extractor se realiza luego de 5 segundos por medio del temporizador con retardo a la conexión B009, su salida se conecta al terminal S del relé auto enclavador RS B004 y este a su vez conecta la salida Q2 que controla al extractor. La entrada I2 ingresa como una señal de falla e interrumpe todo el circuito al igual que la entrada I1. El encendido del motor de rodillos se configura de manera similar al del extractor. Este circuito de control se muestra en la Figura 3.12.

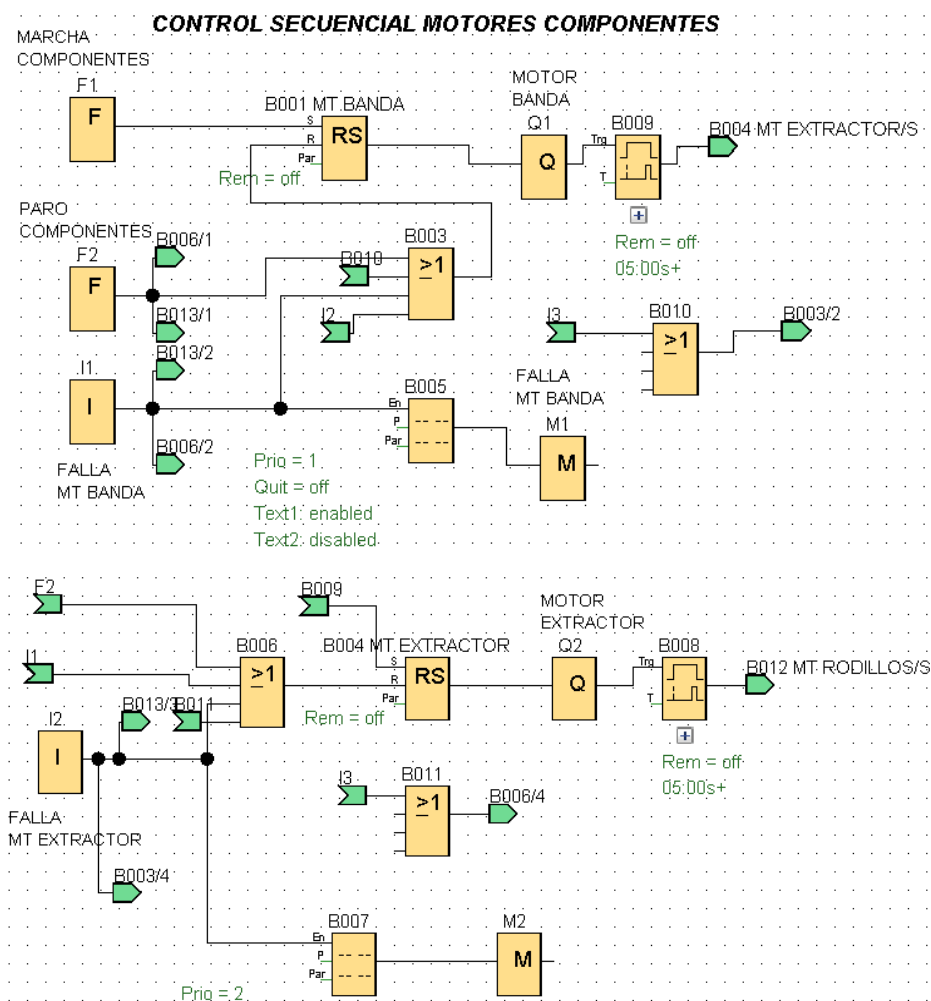


Figura 3.12 Circuito de control secuencial de motores de componentes

3.7.2 Control secuencial de motores de las Turbinas 1 – 2

La tecla de función F3 de la pantalla TDE se programa como la entrada para la marcha de las turbinas y se conecta en el terminal S del relé auto enclavador RS B015, la salida de este se conecta a la salida Q4 que controla el motor de la turbina 1. La tecla de función F4 del TDE se configura como la entrada para el paro de ambas turbinas y se une a la compuerta OR B016, la salida esta compuerta se conecta en el terminal R del relé RS B015. La entrada I4 funciona como una señal de falla del guardamotor que interrumpe todo el circuito y se conecta a un terminal de la compuerta OR B016 que a su vez realiza el paro del motor por medio del conector R del relé RS B015, ver Figura 3.13. El encendido del motor de la turbina 2 se realiza luego de 10 segundos por medio del temporizador con retardo a la conexión B017, su salida se conecta al terminal S del relé auto enclavador RS B019 y este a su vez conecta la salida Q5 que controla al motor. La entrada I5 proviene de una señal de falla del guardamotor y al igual que la I4 interrumpe todo el circuito al conectarse a un terminal de la compuerta OR B020 que al mismo tiempo ejecuta el paro del motor a través del conector R del relé RS B019, ver Figura 3.14

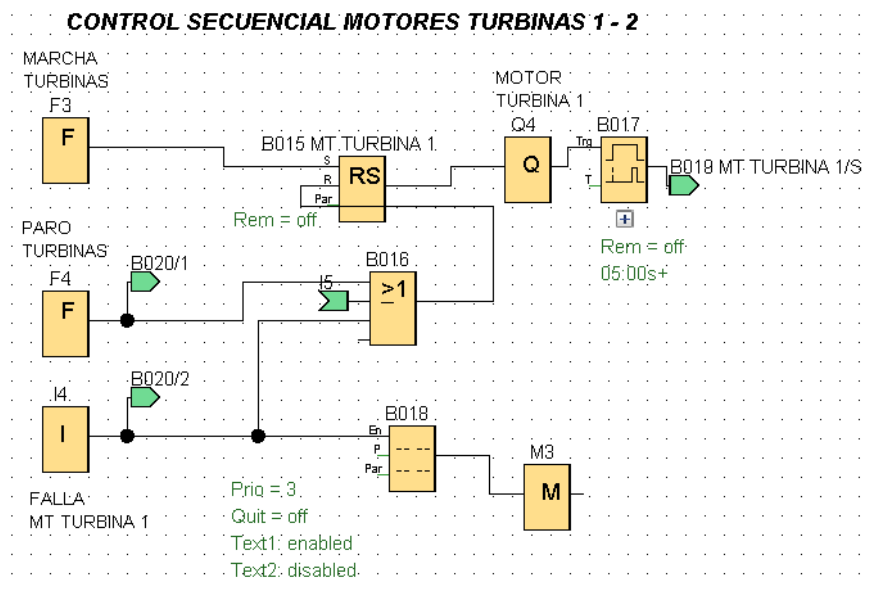


Figura 3.13 Circuito de control de Turbina 1

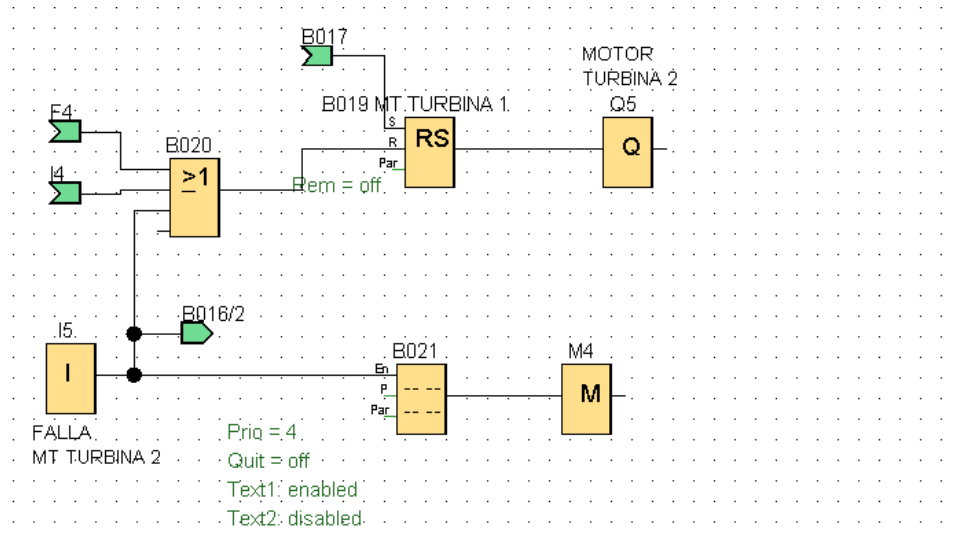


Figura 3.14 Circuito de control de Turbina 2

3.8 Configuración de pantalla de operación LOGO TDE

El circuito de control de la pantalla TDE se observa en la Figura 3.15, donde se utiliza una constante High que se encarga de mantener encendido el display con la información del estado de los motores, luego se conecta al terminal *En* de la función Texto de aviso B002 y finalmente se une a la marca M30 cuya función es retroalimentar la pantalla en color ámbar. El bloque B002 que corresponde al texto de aviso se denomina INICIO y con la ayuda de la constante High muestra permanentemente el estado ON – OFF de cada motor de la máquina.

CONFIGURACIÓN PANTALLA LOGO TDE

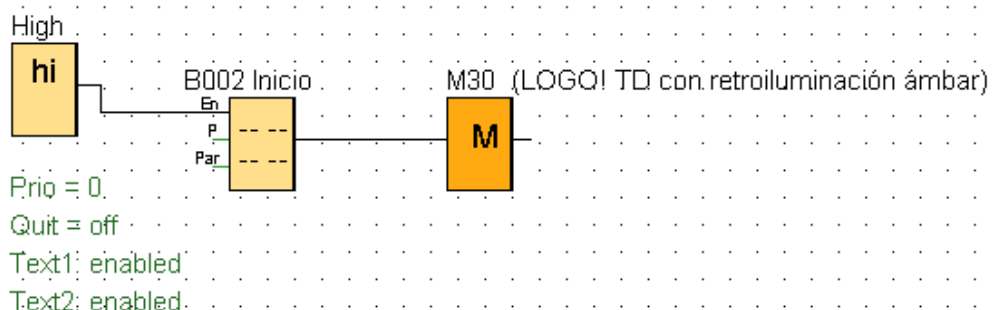


Figura 3.15 Circuito de control de la pantalla TDE

La programación del estado ON – OFF del motor de banda se realiza con el bloque B001 denominado MT BANDA, el cual corresponde al relé auto enclavador. El nombre del estado FALSE es OFF y el nombre del estado TRUE es ON, de esta manera se observa el estado en función de la actividad del relé B001. En la Figura 3.16 se visualiza la pantalla de configuración de la función Texto de aviso B002 y las distintas opciones para seleccionar datos e ingresar información en los campos correspondientes.

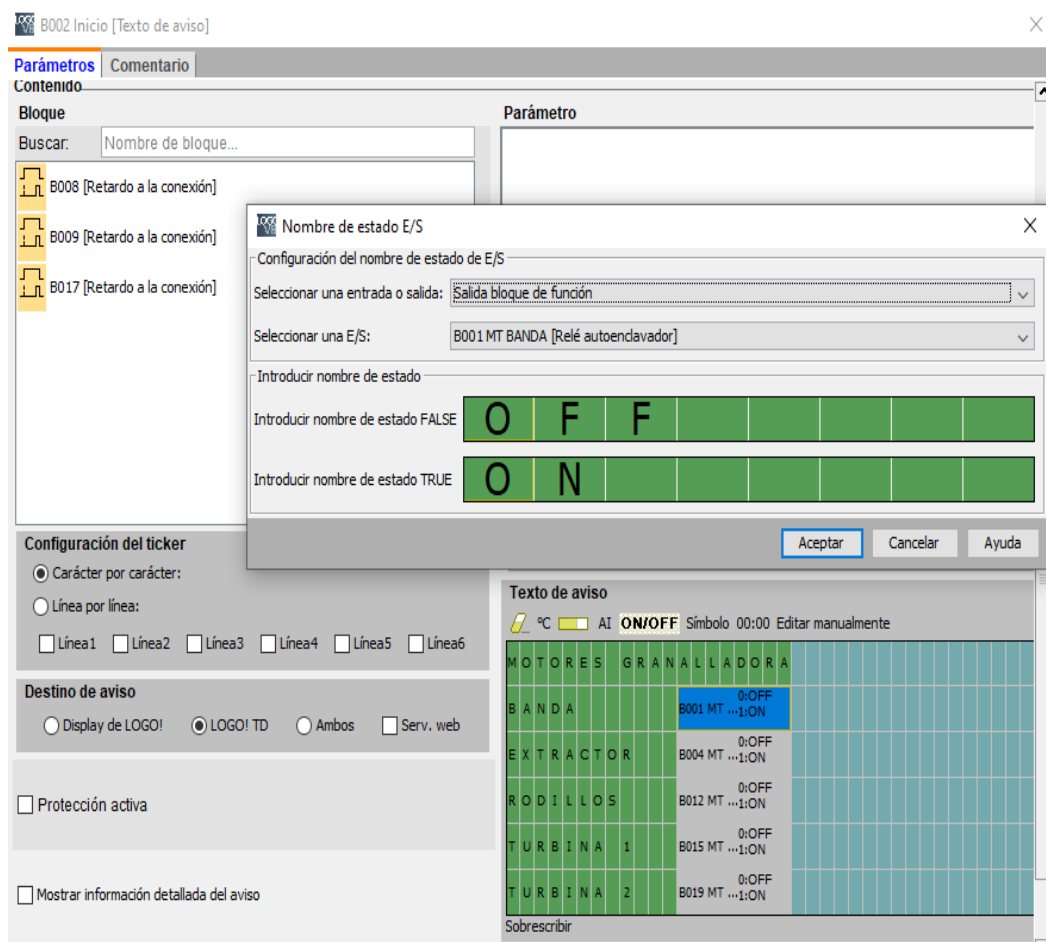


Figura 3.16 Programación de estados de motor de banda

En la Figura 3.17 se observa la programación del estado ON – OFF del motor del extractor se realiza con el bloque B004 denominado MT EXTRACTOR, el cual corresponde al relé auto enclavador. El nombre del estado FALSE es OFF y el nombre del estado TRUE es ON, de esta manera se observa el estado en función de la actividad del relé B004.

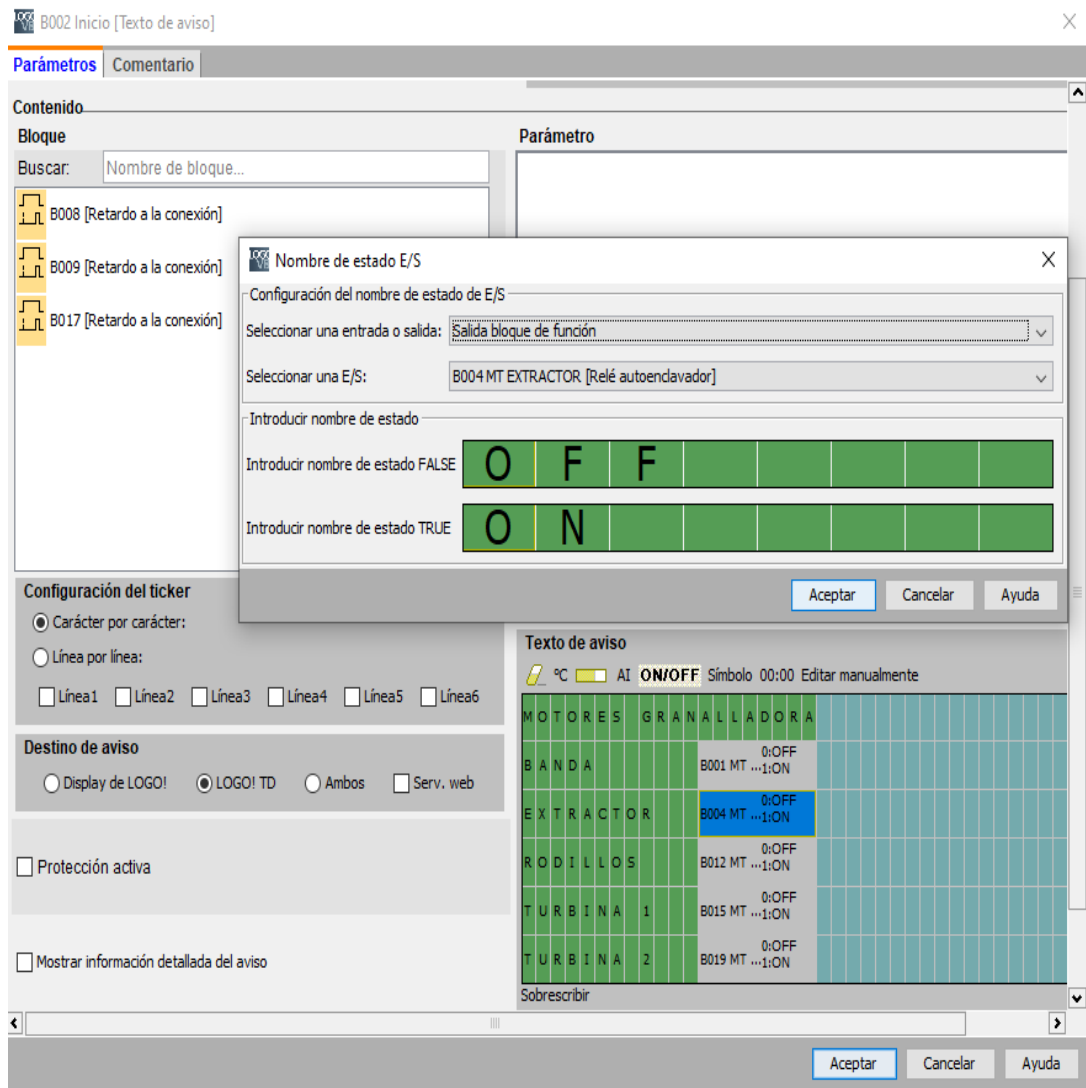


Figura 3.17 Programación de estados de motor extractor

La programación del estado ON – OFF del motor de rodillos se realiza con el bloque B012 denominado MT RODILLOS, el cual corresponde al relé auto enclavador. El nombre del estado FALSE es OFF y el nombre del estado TRUE es ON, de esta manera se observa el estado en función de la actividad del relé B012 como se observa en la Figura 3.18.

Para programar los estados ON – OFF de las turbinas 1 - 2 se selecciona el bloque B015 y B019 denominados MT TURBINA 1 y MT TURBINA 2; estos bloques corresponden a cada relé auto enclavador. El nombre del estado FALSE es OFF y el nombre del estado TRUE es ON, de esta manera se observa el estado en función de la actividad del relé B015 y B019, ver Figura 3.19

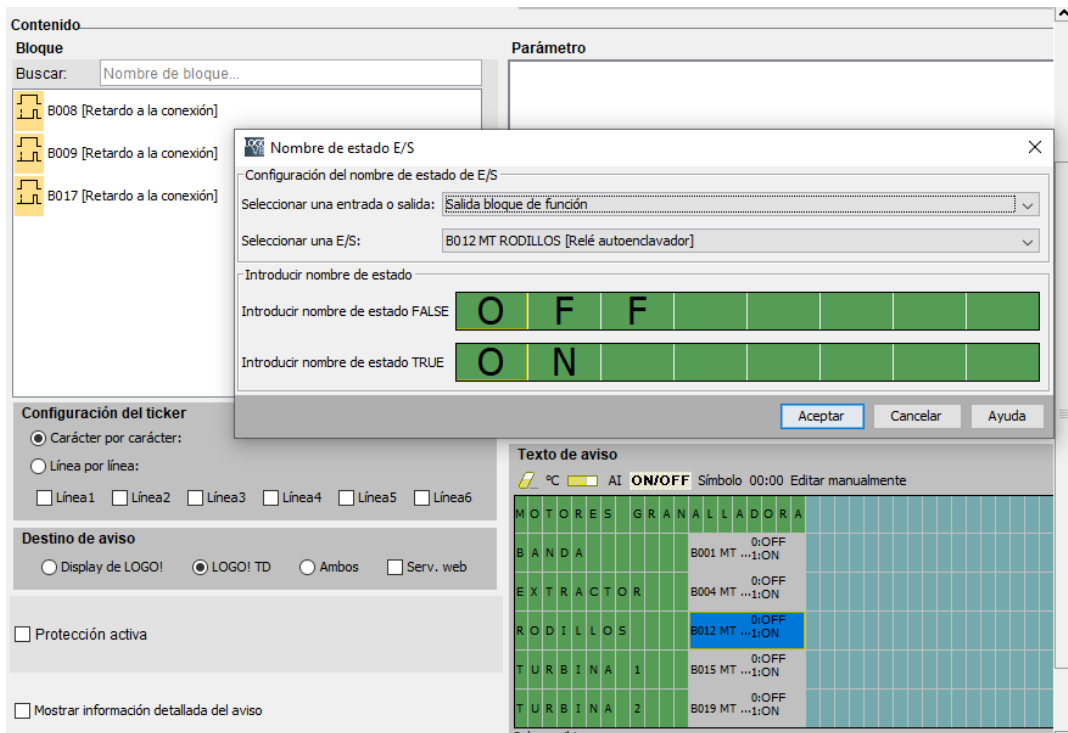


Figura 3.18 Programación de estados de motor rodillos

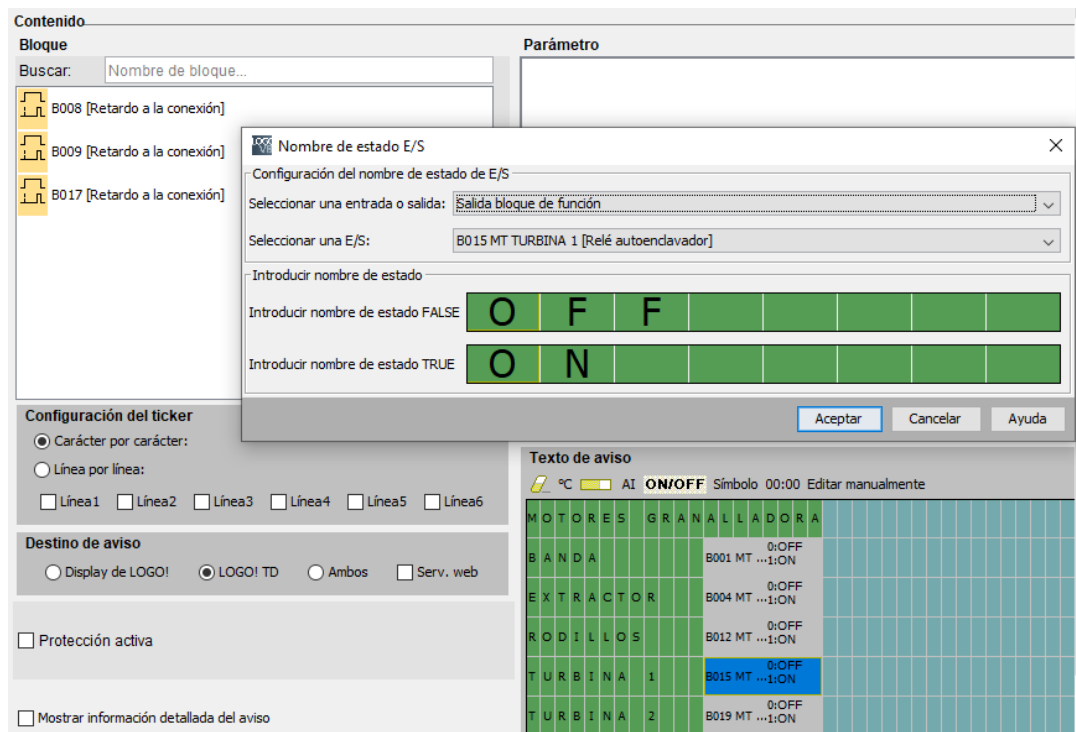


Figura 3.19 Programación estados de Turbinas

En el circuito de control del motor de banda se coloca el bloque de texto de aviso B005 que se conecta desde la entrada I1 hasta la marca M1, esta programación permite mostrar el mensaje FALLA en el estado TRUE cada vez que reciba la señal desde el guardamotor, ver Figura 3.20.

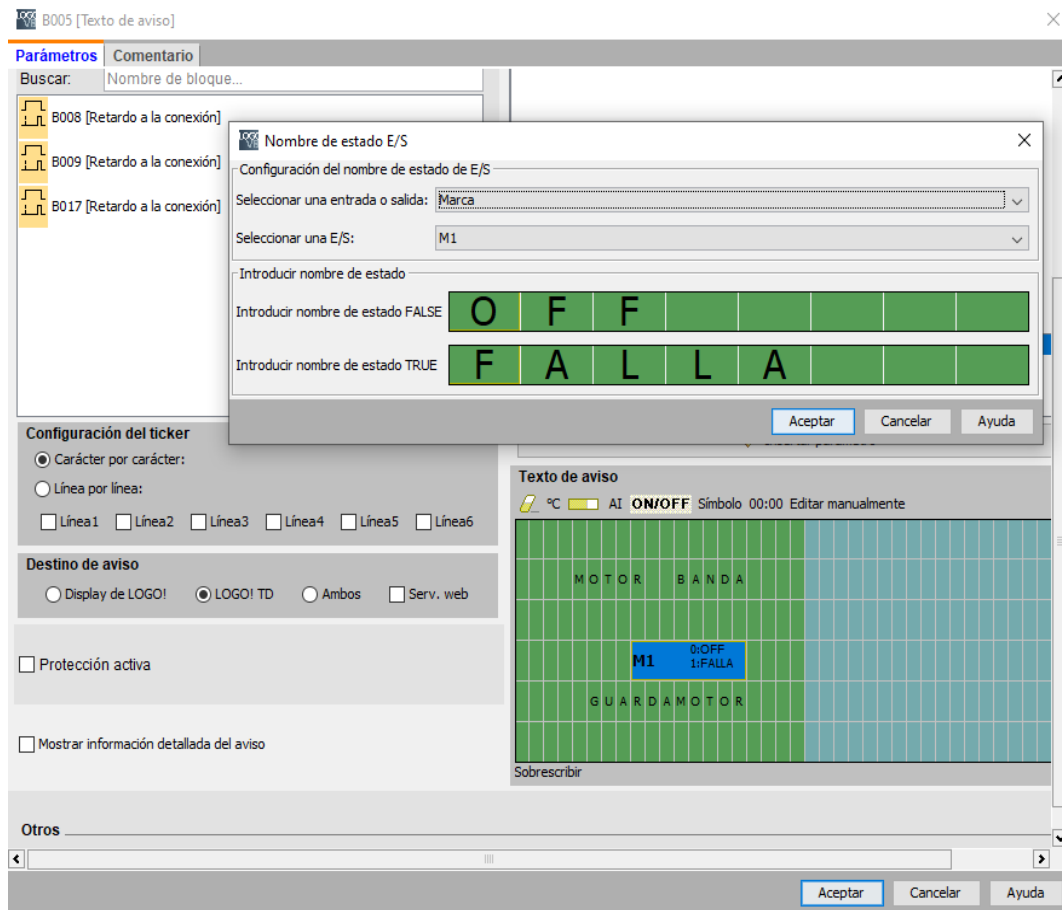


Figura 3.20 Configuración mensaje de falla motor de banda

El mensaje de aviso del motor del extractor se configura al colocar el bloque de texto de aviso B007 que se conecta desde la entrada I2 hasta la marca M2, esta programación permite mostrar el mensaje FALLA en el estado TRUE cada vez que reciba la señal desde el guardamotor, ver Figura 3.21.

Para programar el aviso en el circuito de control del motor de banda se ingresa un bloque de texto de aviso B022 que se conecta desde la entrada I3 hasta la marca M5, esta programación permite mostrar el mensaje FALLA en el estado TRUE cada vez que reciba la señal desde el guardamotor, ver Figura 3.22.

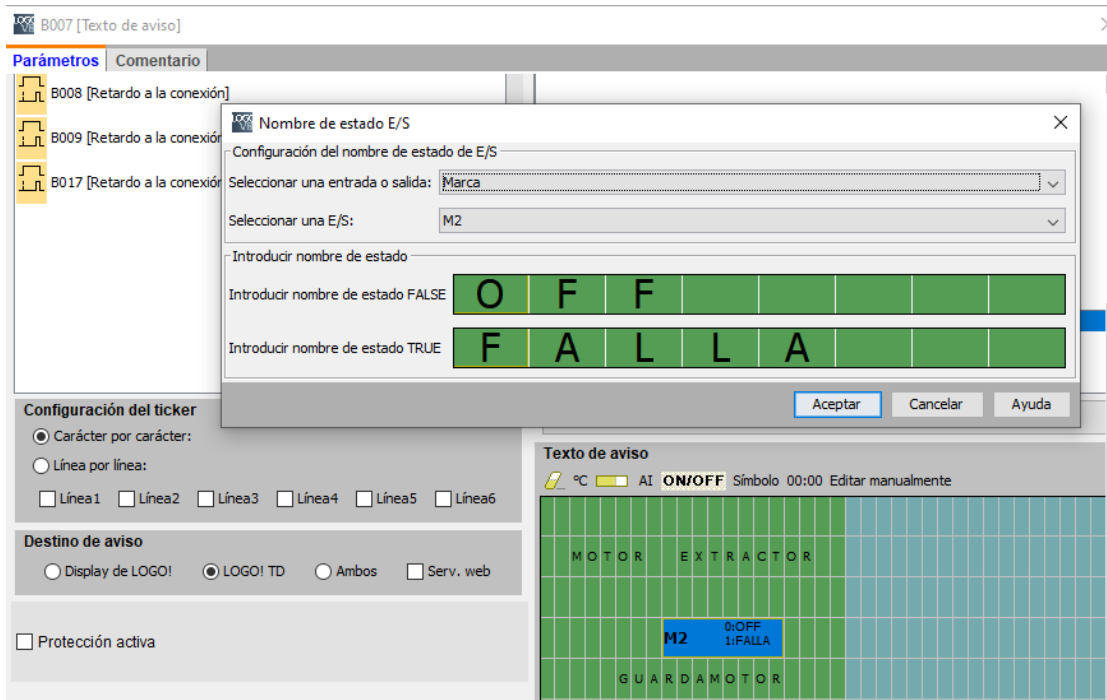


Figura 3.21 Configuración mensaje de falla motor extractor

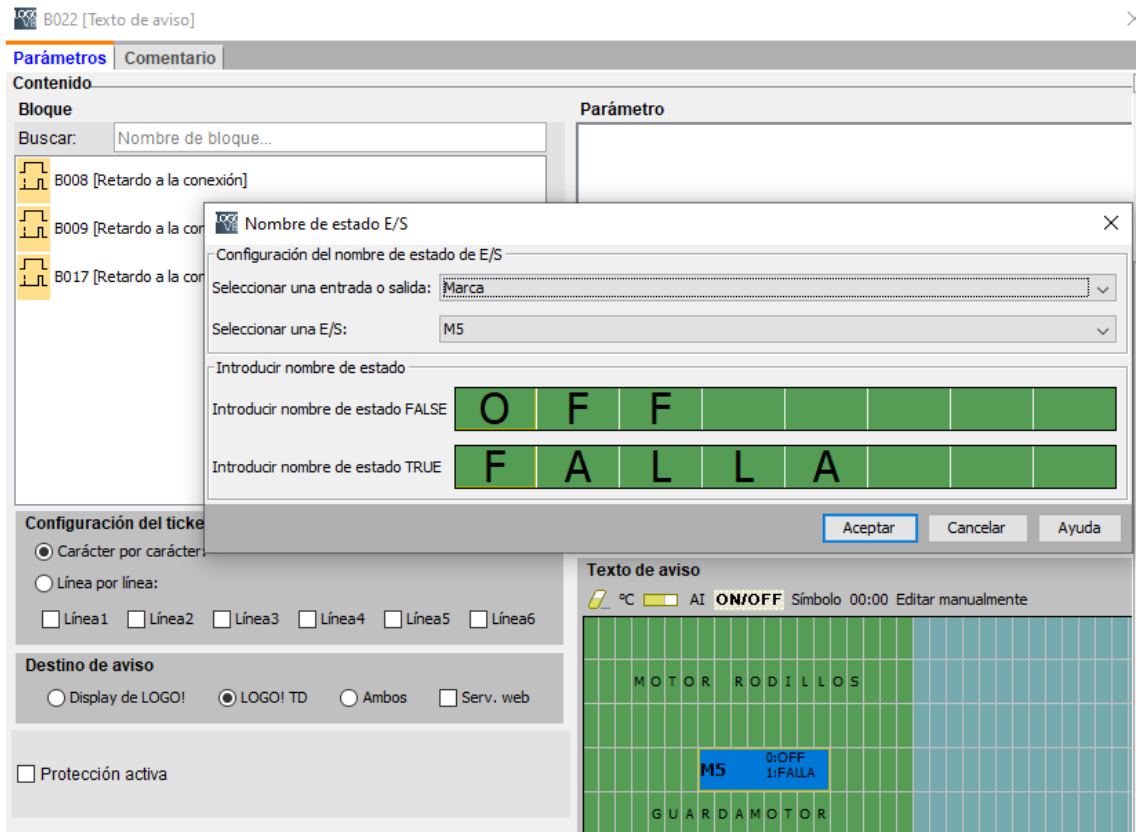


Figura 3.22 Configuración mensaje de falla motor rodillos

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logra identificar el estado actual de los elementos eléctricos que intervienen en el funcionamiento de la Granalladora y la mayoría de ellos tienen alrededor de 15 años de operación. El tablero eléctrico presenta un exceso de elementos en su interior y existe un espacio muy reducido para realizar tareas de mantenimiento, incrementando las probabilidades de fallas.
- En el diseño propuesto se identifican los elementos necesarios para mejorar la instalación eléctrica actual de la Granalladora, a través del cálculo de los conductores de la acometida principal, breaker y guardamotores.
- El esquema eléctrico realizado en Logo Soft Comfort V8 permite realizar la simulación en tiempo real del control secuencial de los motores utilizando el panel de operación LOGO TDE y el LOGO 8.
- Con el diseño de automatización realizado se optimiza el proceso de granallado al reducir las fallas eléctricas producidas por elementos eléctricos defectuosos y errores en la secuencia de encendido de motores; por consiguiente, los indicadores de producción presentan cumplimientos sobre la meta establecida.

4.2 Recomendaciones

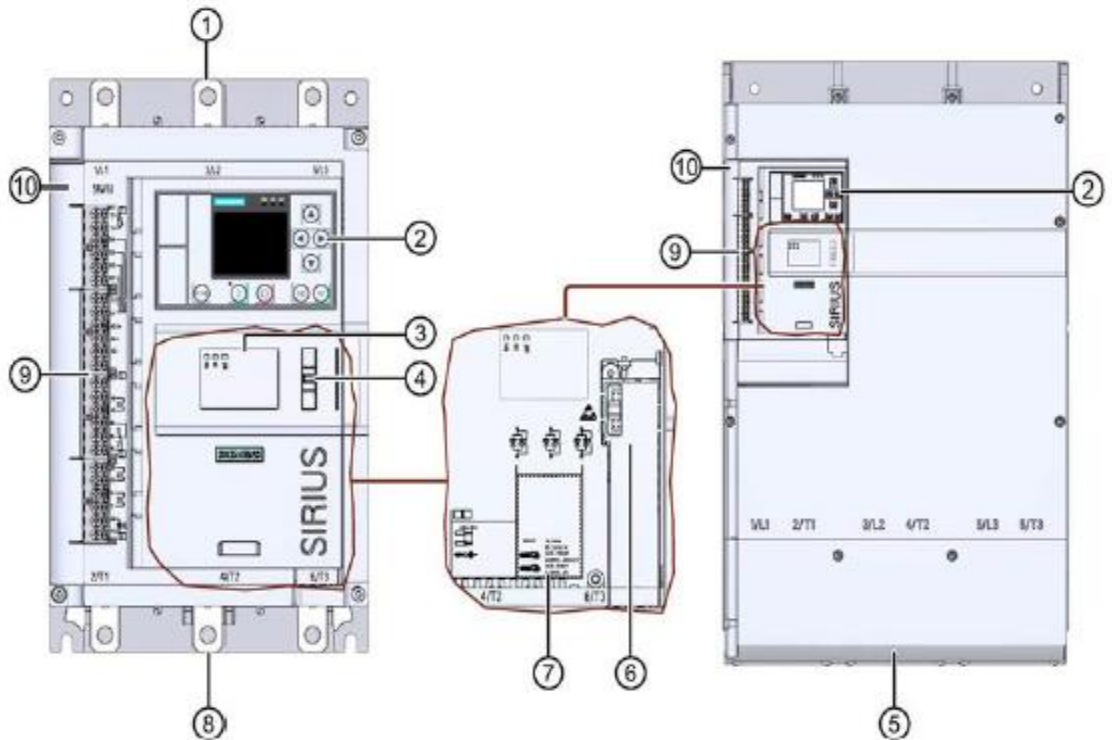
- En la implementación del diseño realizado en este trabajo se debe armar un tablero de control que esté separado del circuito de fuerza.
- Reemplazar el breaker principal por un Schneider de caja moldeada con una capacidad de 250 Amperios; de la misma manera, reemplazar los guardamotores, fusibles y breakers de 1 y 2 polos.
- Los cables de la acometida principal deben ser reemplazados en su totalidad desde el tablero de distribución hasta el tablero de la máquina debido a que en varias ocasiones han sufrido

recalentamientos en sus líneas.

- Al instalar el nuevo tablero de control se recomienda colocar rótulos en las teclas de función de la pantalla LOGO TDE donde se indique que F1 es la marcha de los motores de componentes, F2 es el paro de componentes, F3 es marcha de Turbinas y F4 es el paro de Turbinas.
- Colocar ventiladores en el tablero donde se instalarán los arrancadores suaves para minimizar la temperatura generada durante los arranques de los motores.
- Realizar la capacitación a los técnicos y operadores sobre el nuevo diseño de control a implementar en la máquina Granalladora.
- Actualizar el Plan de Mantenimiento Preventivo de la Granalladora en función de los elementos considerados en la automatización, agregar tareas de limpieza, ajuste de líneas e inspección periódica.

ANEXOS

Arrancador suave Siemens 3RW55

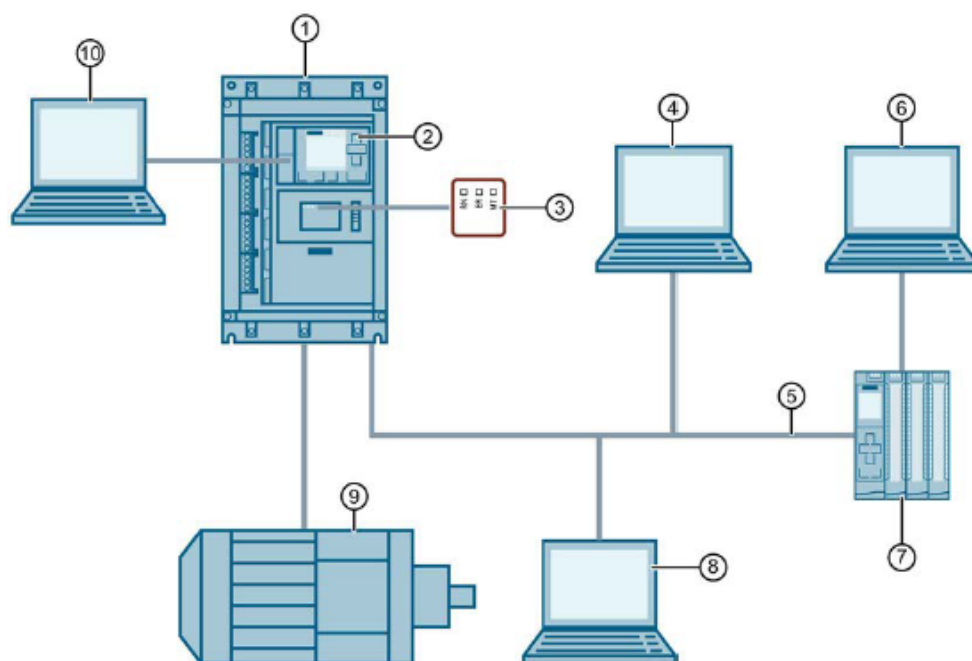


- ① Conexión del circuito principal (red)
- ② 3RW5 HMI High-Feature
- ③ LED de diagnóstico
- ④ Ojete para precinto
- ⑤ Conexión del circuito principal (red y motor) de tamaño 5
- ⑥ Slot para módulo de comunicación 3RW5 (accesorio)
- ⑦ Secciones de conductor conectables
- ⑧ Conexión del circuito principal (motor)
- ⑨ Bornes de control (entradas/salidas)
- ⑩ Canal de cables de control con cubierta

Modos de operación y mando del arrancador suave

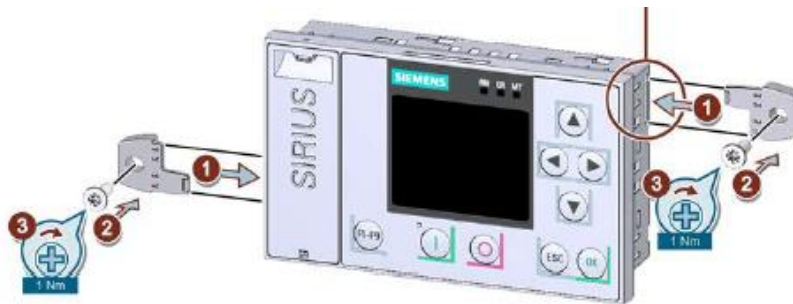
Modo de operación	Fuente de mando	Control del arrancador suave 3RW5	Prioridad	
Automático	Bus de campo	PROFINET y PROFIBUS: Mando del PLC	La más baja	
		Modbus: mando desde el cliente (p. ej., PLC) en Modbus		
Bus manual (depende del módulo de comunicación 3RW5)	-	Interrupción de la comunicación	↓	
	Control por PC	Bus de campo	Mando desde SIRIUS Soft Starter ES (TIA Portal) Premium	↓
Manual local	-	Interrupción de la comunicación (en función de la parametrización)		
	Control por entrada	Entradas digitales	Controlar acciones de entrada	↓
	Mando desde el 3RW5 HMI	3RW5 HMI	Mando desde el 3RW5 HMI	↓
	Control por PC	Interfaz local	Mando desde SIRIUS Soft Starter ES (TIA Portal)	La más alta

Interfaces de interacción de Siemens 3RW55

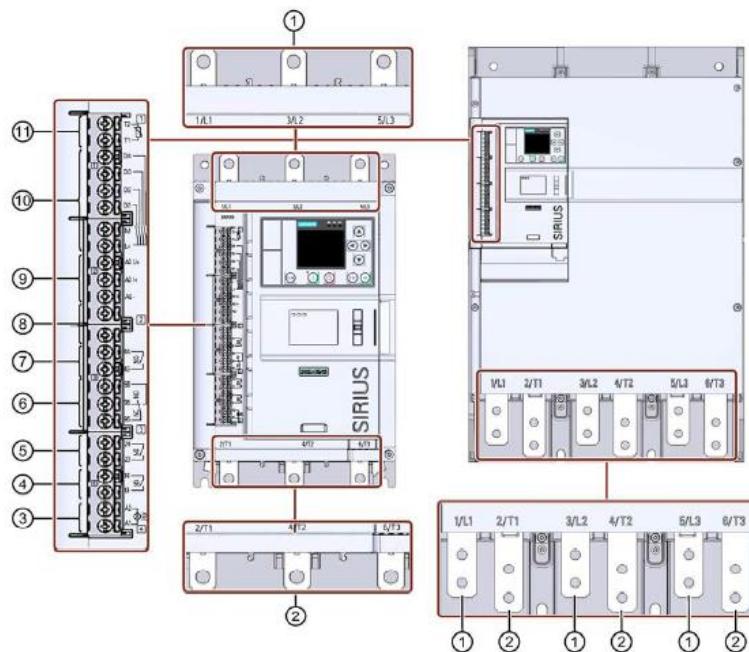


- ① Arrancador suave SIRIUS 3RW55
- ② 3RW5 HMI High-Feature
- ③ LED indicadores en el arrancador suave 3RW55
- ④ PC con navegador web (depende del módulo de comunicación 3RW5)
- ⑤ Bus de campo (vía módulo de comunicación 3RW5 opcional)
- ⑥ PC o programadora con software de configuración del controlador (p. ej., STEP 7)
- ⑦ Controlador programable (p. ej., SIMATIC S7-1500)
- ⑧ PC con SIRIUS Soft Starter ES (TIA Portal) Premium vía módulo de comunicación 3RW5
- ⑨ Motor
- ⑩ PC con SIRIUS Soft Starter ES (TIA Portal) vía interfaz local en el 3RW5 HMI High-Feature

Kit de montaje de puerta HMI

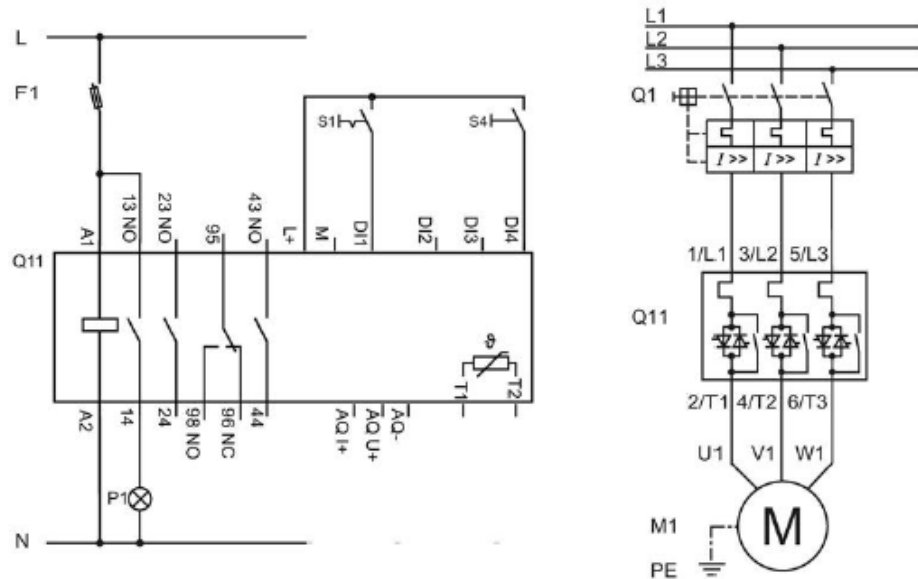


Vista completa de las conexiones del arrancador 3RW55



- ① Conexión del circuito principal red 1/L1, 3/L2, 5/L3
- ② Conexión del circuito principal carga (motor) 2/T1, 4/T2, 6/T3
- ③ A1 / A2: Tensión de alimentación para bornes de control
- ④ Salida 13, 14 (salida 1): para señalar estados operativos y errores (parametrizable)
- ⑤ Salida 23, 24 (salida 2): para señalar estados operativos y errores (parametrizable)
- ⑥ Salida 95, 96 y 98 (salida 3): para señalar errores
- ⑦ Salida 43, 44 (salida 4): para señalar estados operativos y errores (parametrizable)
- ⑧ Sin asignar
- ⑨ Salida analógica AQ-, AQ I+ y AQ U+: conexión de un medidor para mostrar la corriente del motor (opcional)
 - AQ-/AQ U+: para medidores con señal de salida tipo tensión, rango de señal 0...10 V
 - AQ-/AQ I+: para medidores con señal de salida tipo corriente, rango de señal 4...20 mA
- ⑩ Entradas de mando DI1, DI2, DI3, DI4, L+ y M
- ⑪ Protección de motor por termistor T1 y T2: conexión de un sensor de temperatura (opcional)

Cableado del circuito de control de arrancador suave 3RW55



- F1 Fusible
- S1 Contacto sostenido: Motor CON/DES
- S4 Contacto momentáneo: Reset
- Q1 Interruptor automático
- Q11 Arrancador suave 3RW55
- P1 Lámpara de señalización
- M1 Motor
- PE Conductor de protección

Esquema eléctrico de control de LOGO 8 con sus entradas y salidas

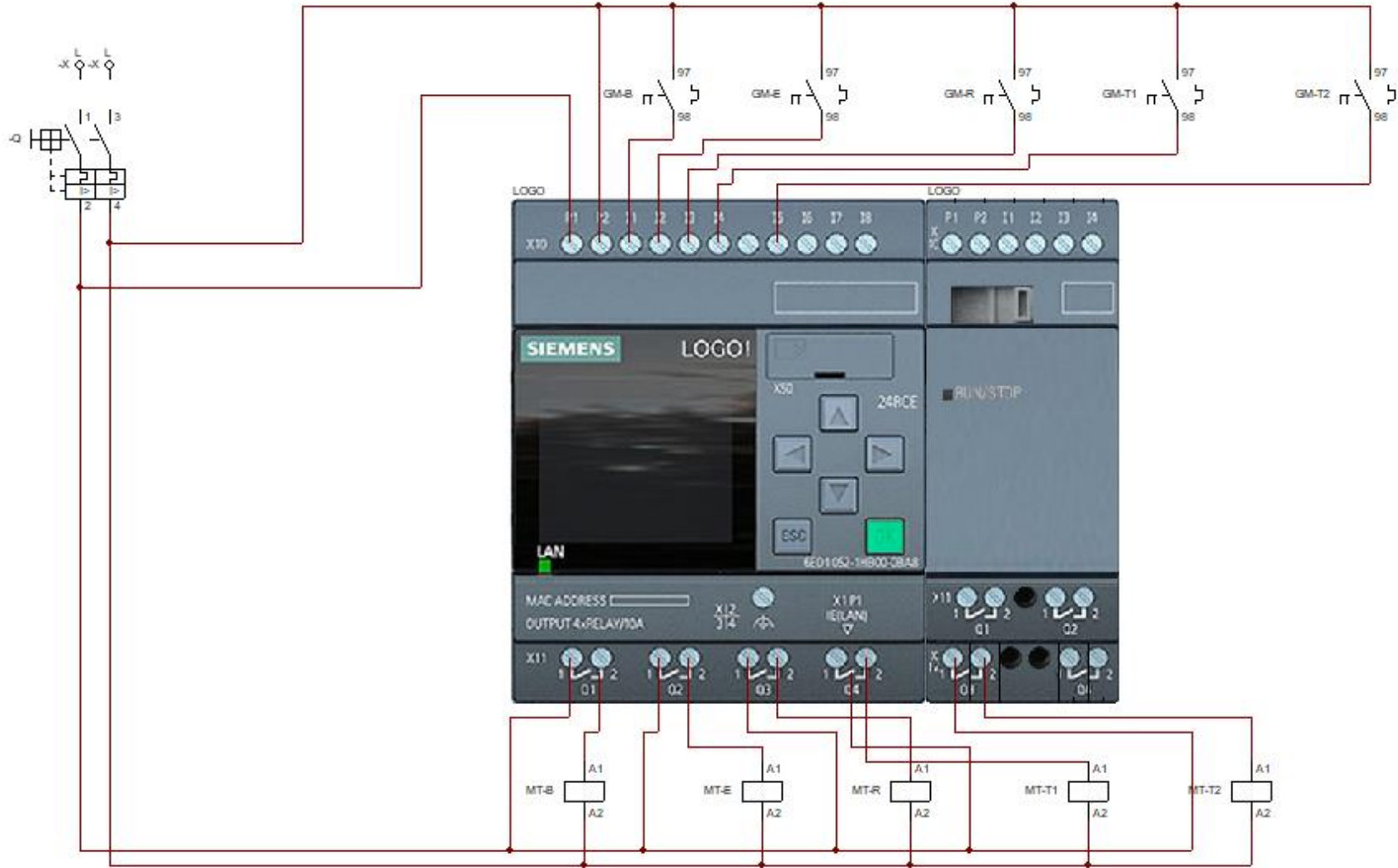
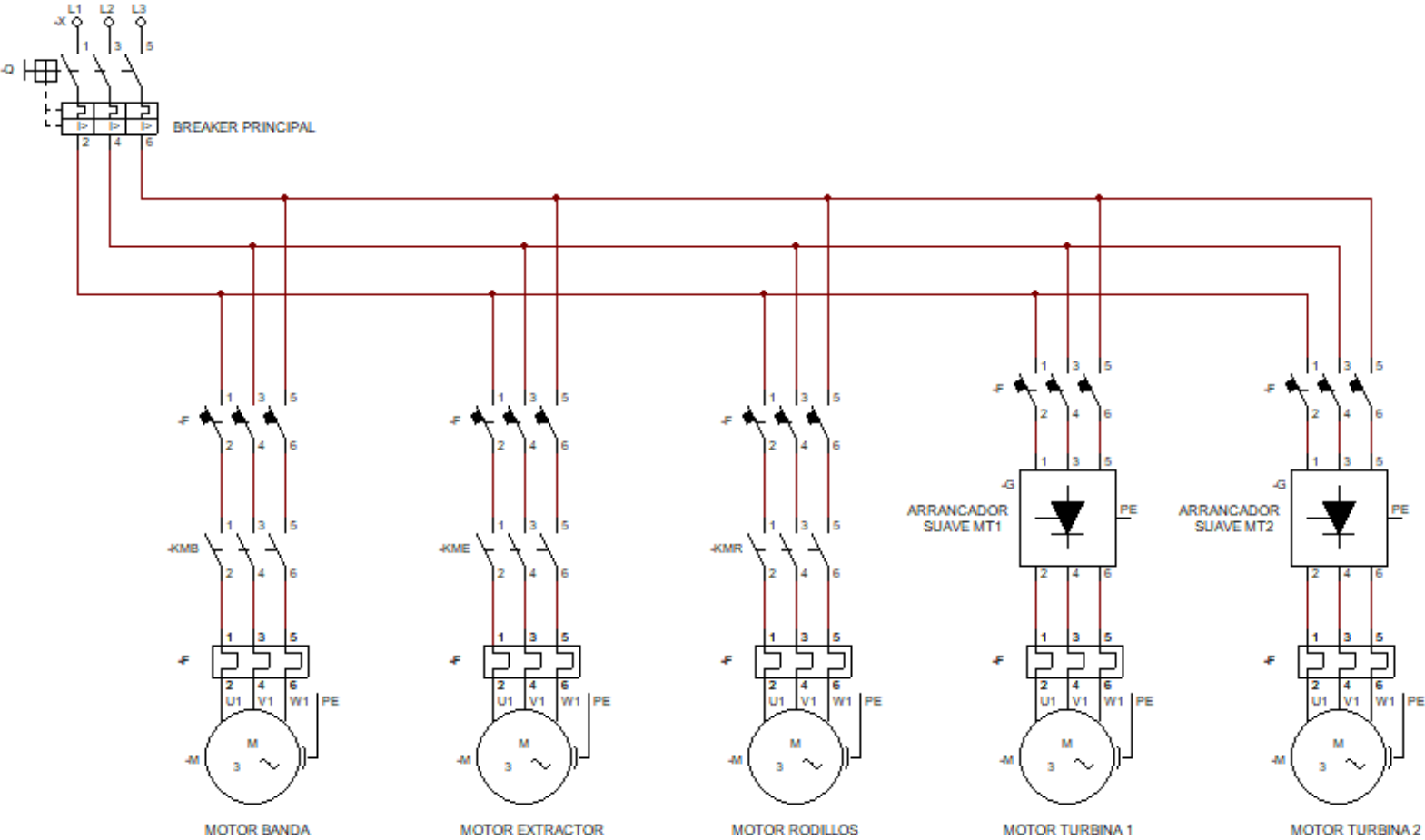


Diagrama eléctrico de fuerza de los motores de la Granalladora



BIBLIOGRAFÍA

- Alvear Muevecela, W. L. (2019). *Diseño del sistema eléctrico en baja tensión para estaciones de carga de autobuses eléctricos*. Tesis de Grado. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
<https://core.ac.uk/reader/288578100>
- Cadena, J., & Morales, C. (2012). *Diseño y montaje de un tablero de control para la automatización de la iluminación en Lafarge cementos*. Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1371>
- Cárdenas, A. (2016). *Automatizacion de procesos industriales*.
<http://repositorio.upsin.edu.mx/formatos/TESINA1891.pdf>
- Cym. (2018). *Introduccion-al-proceso-de-Shot-Peening-cym.pdf*.
<https://cym.com.ar/intranet/Introduccion-al-proceso-de-Shot-Peening-cym>
- Cym. (2019). *Turbinas Centrifugas de Granallado—CyM Materiales S.A.*
<https://cym.com.ar/productos/turbinas-de-granallado/>
- Esteves, A. (2018). *Controladores lógicos inteligentes Siemens Logo! 8*.
<https://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Controladores-logicos-inteligentes-Siemens-LOGO-8-129784.html>
- Farina, A. (2019). *Parte 1: Los tableros eléctricos según la Reglamentación para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles 90364*. 5.
- Kling, S. (2012). Arranque suave: Nuevos arrancadores suaves para motores eléctricos. *Revista ABB*, 1, 56-63.
- Molina, F. (2019). *Automatización y montaje del sistema para controlar los*

tiempos de proceso en un mezclador al vacío de productos cárnicos en la empresa centro de operaciones Guayaquil. Tesis de Grado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13388>

Montánchez, E. (2015). Diseño e implementación de un variador de velocidad para motores de inducción trifásicos. *Universidad Católica de Santa María* - *UCSM.*
<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3039>

Pérez, A. (2013). Relés electromagnéticos y electrónicos. Parte I: Relés y contactores. *Vivat Academia*, 1-24.
<https://doi.org/10.15178/va.2003.50.1-24>

Rodríguez, P. (2012). *Diseño de Interfaces Hombre—Máquina (HMI).*
<http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/619/620/621/3620.pdf>

Siemens. (2022). *SIMATIC HMI Basic Panels* [Newton_ps-detail]. Siemens.Com Global Website.
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>

Vallejo, H. (2015). *Los controladores lógicos programables.* Saber electrónica, 166, 9.
<https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6620/78618.pdf>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Prado Vera, Ricardo Andrés**, con C.C: **0923439509** autor del trabajo de titulación: **Propuesta de automatización de una máquina Granalladora de cilindros para envasado de Gas Licuado de Petróleo a través de LOGO V8** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 10 de marzo del 2022

Prado Vera, Ricardo Andrés

C.C: 0923439509



REPOSITORIO NACIONAL ENCIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Propuesta de automatización de una máquina Granalladora de cilindros para envasado de Gas Licuado de Petróleo a través de LOGO V8		
AUTOR(ES)	Prado Vera, Ricardo Andrés		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	10 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS:	48
ÁREAS TEMÁTICAS:	Envasado de gas, gas licuado de petróleo, Automatización		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Granalladora, Logo, Esquema, Controlador, Cilindros, Motores		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El presente trabajo de titulación propone la automatización de una máquina Granalladora de cilindros utilizados para el envasado de gas licuado de petróleo, la cual trabaja con un conjunto de motores eléctricos que requieren un encendido secuencial para proteger los componentes internos y asegurar una operación eficiente. El diseño de la automatización de la Granalladora consiste en primer lugar en realizar una identificación de todos los componentes que intervienen en su funcionamiento; de esta manera, se dimensionan los conductores eléctricos de la acometida principal, su sistema de protección eléctrica, el tipo de arrancador suave para los motores de elevada potencia y el controlador lógico programable Logo 8 junto con su interfaz hombre máquina. Para la elaboración del esquema eléctrico se utiliza el software Logo Soft Comfort V8, donde se controlan los motores de los componentes y las turbinas de la Granalladora de manera secuencial junto con la configuración de la pantalla Logo TDE que se encarga de ejecutar los comandos de marcha, paro, estado de los motores e identificación de fallos producidos por activaciones de guardamotors. Con esta propuesta de automatización se optimiza el proceso de granallado al reducir las fallas eléctricas producidas por elementos eléctricos defectuosos y errores en la secuencia de encendido de motores; por consiguiente, los indicadores de producción presentan cumplimientos sobre la meta establecida.</p>		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-967858160	E-mail: and_pv@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-967608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			