



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**“CONTROL AUTOMÁTICO DE VELOCIDAD, MEDIANTE
VARIADOR DE FRECUENCIA, EN LA GENERACIÓN DE ASFALTO
PARA MEJORAR LA DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS
EN LA EMPRESA MAUSAA S.A.”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

BRYAN AUGUSTO, PALOMINO BELTRAN

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**LIMA-PERÚ
2018**

DEDICATORIA

A mis padres por todo el amor y paciencia que me entregan cada día. Por esas palabras de aliento y Comprensión, Gracias. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y mis padres por apoyarme en todo momento, por lo valores que me han inculcado en el trascurso de mi vida.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo controlar automáticamente la velocidad mediante variadores de frecuencia, la generación del asfalto para mejorar la dosificación de agregados pétreos en la Empresa MAUSAA S.A.

Inicialmente se determinó los elementos de entrada y salida que forman parte del proceso a automatizar, esta etapa se realizó con la finalidad de determinar el PLC más adecuado para la etapa de dosificación de agregados pétreos, a partir de esto se determinó que la integración de los sensores y actuadores será con el Controlador Lógico Programable LOGO 230 RC de la marca Siemens.

Luego se realizó la programación del PLC Logo 230 RC que estará conectado con los variadores de velocidad Sinamics V20, logrando así establecer el automatismo mediante el Programa LOGO Soft, el cual se diseñó por medio del lenguaje de diagrama de contactos, finalmente se realizó la interpretación de resultados, en la cual se detalla la mejora en un 100% de la dosificación de agregados pétreos en la Empresa MAUSAA SA.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to automatically control the speed by means of frequency variators, the generation of asphalt to improve the dosage of stone materials in the MAUSAA SA Company.

Initially the input and output elements that are part of the process to be automated were determined, this step was carried out to determine the most suitable PLC for the stone material dosing stage, from this it was determined that the integration of the sensors and actuators will be with the LOGO 230 RC Programmable Logic Controller of the Siemens brand.

Then the programming of the Logo 230 RC PLC was carried out, which will be connected to the speed variators Sinamics V20, thus establishing the automatism through the LOGO Soft Program, which was designed by means of the contact diagram language, finally the interpretation of the results was made, which details the improvement in 100% of the dosage of stone materials in the MAUSAA SA Company.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad más del 90% de la red vial pavimentada consiste en pavimentos asfálticos, el concreto asfáltico ha sido durante varios años el producto de construcción estándar de las superficies de rodadura, que en condiciones de carga normales dio buenos resultados. Pero la intensificación del tránsito y las cargas extraordinarias resultantes de la misma pusieron en evidencia las limitaciones en relación con su proceso de elaboración, por ello hoy en día se necesita generar y obtener productos que cumplan con los estándares de calidad en relación con su elaboración.

En estos tiempos es necesario contar con procesos capaces de realizar una dosificación exacta de los porcentajes de insumos empleados en la elaboración de mezcla asfáltica, ya que el exceso de estos insumos puede causar deslizamientos en los rodamientos, y un bajo contenido o falta de adherencia de estos originan una falta de fricción entre los neumáticos y el pavimento, sobre todo en los períodos de lluvias o alta humedad. Por estos motivos la búsqueda de integrar nuevas tecnologías que controlen automáticamente con exactitud los procesos de elaboración es una necesidad para toda industria.

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos de manera exacta, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. La exactitud implica mantener las variables controladas dentro de un

cierto entorno tolerable alrededor de sus valores de referencia, en otras palabras, con un error suficientemente pequeño para los fines a los que está destinado el sistema.

En base a lo mencionado, en la presente tesis se pretende mejorar la dosificación de los agregados pétreos en la generación del asfalto en la Empresa MAUSAA SA, para lo cual se controlará automáticamente mediante variadores de frecuencia, motivo por lo cual se divide esta tesis en ocho capítulos.

En el Capítulo I, describo las generalidades de la Empresa, resaltando los antecedentes, perfil, misión, visión, objetivos, entorno general, entorno competitivo y organización, los cuales establecen, la relación entre lo que produce la empresa y la propuesta de solución.

En el Capítulo II, describo la realidad problemática sobre la cual se sustenta y justifica mi investigación, resaltando la carencia de elementos que permitan graduar la velocidad de motores que accionan las fajas transportadoras en la etapa de dosificación de agregados pétreos, lo cual genera inexactitud del peso de estos agregados que no permiten generar la mezcla asfáltica de manera adecuada.

En el Capítulo III, se desarrolla el marco teórico en el cual se sustenta la presente tesis, en referencia al control automático en la industria mediante PLC, así también todo lo referente al variador de frecuencia.

En el Capítulo IV, describo y desarrollo la propuesta de solución, indicando el funcionamiento del proceso a controlar automáticamente para luego identificar los

elementos de entrada y salida del proceso, con lo cual se podrá dimensionar el PLC, seguidamente se realizará la programación del automatismo, finalmente se realizará la simulación de este.

En el Capítulo V, realizo la especificación de las fuentes bibliográficas utilizadas en la presente tesis.

En el Capítulo VI se describe el glosario de términos empleados en la presente tesis.

En el Capítulo VII se detalla los índices de los gráficos, tablas, fotos y direcciones web empleados en la presente tesis.

Finalmente, en el Capítulo VIII, se describe los anexos.

TABLA DE CONTENIDOS

CARÁTULA	
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
TABLA DE CONTENIDOS	9
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1 Antecedentes de la Empresa MAUSAA SA.....	12
1.2 Perfil de la Empresa MAUSAA SA	13
1.3 Actividades de la Empresa MAUSAA SA	13
1.3.1 Misión.....	13
1.3.2 Visión	13
1.3.3 Objetivo	13
1.4 Organización Actual de la Empresa MAUSAA SA.....	14
1.5 Descripción del entorno de la Empresa MAUSAA SA	15
1.5.1 Entorno General.....	15
1.5.2 Entorno Competitivo.....	15
CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
2.1 Descripción de la Realidad Problemática	17
2.2 Definición del Problema	18
2.3 Objetivos del Proyecto	18
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	20
3.1 Antecedentes Bibliográficos.....	21
3.2 Bases Teóricas	23
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO	42
4.1 Descripción y Diseño del Proceso desarrollado.....	43
4.1.1 Descripción del Proceso a Desarrollar	43
4.1.2 Desarrollo de la Propuesta.....	47
4.1.3 Interpretación de Resultados	60
4.2 Conclusiones	63

4.3 Recomendaciones	64
CAPÍTULO V: REFERENCIAS	65
5.1 Bibliografía.....	66
5.2 Direcciones Web.....	68
CAPÍTULO VI: GLOSARIO DE TÉRMINOS	69
6.1 Glosario de Términos	70
CAPÍTULO VII: ÍNDICES	72
7.1 Índices de Gráficos	73
7.2 Índices de Tablas.....	74
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	75
ANEXO 1.....	76
ANEXO 2.....	80

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

1.1 Antecedentes de la Empresa MAUSAA SA

1992 marcó el inicio de las actividades de Constructora MAUSAA S.A., fundada en la ciudad de Lima con capital y profesionales peruanos. Desde entonces y hasta nuestros días, venimos formando parte de la historia del desarrollo de la industria de la construcción en el Perú.

En un inicio, centramos nuestras actividades en el desarrollo de obras civiles para empresas de diferentes rubros, ofreciendo servicios de forma personalizada. Para ello, concretamos alianzas estratégicas que se han consolidado en el tiempo para beneficio de nuestros clientes, lo que nos ha permitido en la actualidad ofrecer y realizar servicios para el desarrollo de proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción.

Conscientes de la importancia de contar con la tecnología vigente en el mercado de la construcción, hemos sabido conjugar año a año la eficiencia de un grupo de experimentados profesionales con las últimas técnicas y procesos utilizados en la construcción, obteniendo como resultado proyectos exitosos con calidad y eficiencia para nuestros clientes.

Con la satisfacción al cliente como objetivo principal, hemos logrado una vasta experiencia y un ininterrumpido crecimiento en los campos de la construcción relacionados a habilitaciones urbanas, hospitales, obras del estado, grifos, almacenes, oficinas, e inmobiliaria. Con ello, estamos en la

capacidad de garantizar a todos nuestros clientes un servicio de calidad con tecnología de vanguardia y un capital humano de primer nivel.¹

1.2 Perfil de la Empresa MAUSAA SA

La Empresa Constructora MAUSAA SA está identificada con RUC N° 20173264659, esta domiciliada fiscalmente en la Alameda Los Cedros Nro. 185 en el distrito de Chorrillos – Lima – Perú.¹

1.3 Actividades de la Empresa MAUSAA SA

1.3.1 Misión.

Empresa de construcción que prioriza la satisfacción de sus clientes, colaboradores, y accionistas a través de su profesionalismo, ética, calidad y respeto al medio ambiente.²

1.3.2 Visión.

Ser una empresa reconocida a nivel nacional por su competitividad, modelo de gestión y capacidad para satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes, accionistas, y trabajadores.²

1.3.3 Objetivo.

Cumplir con los proyectos con la calidad y seriedad que nuestros clientes requieren.²

¹ Fuente: <http://www.mausaa.com/>

² Fuente: <https://www.universidadperu.com/empresas/constructora-inmob-maurtua-saavedra.php>

1.4 Organización Actual de la Empresa MAUSAA SA

La organización de la empresa se representa en el siguiente gráfico.

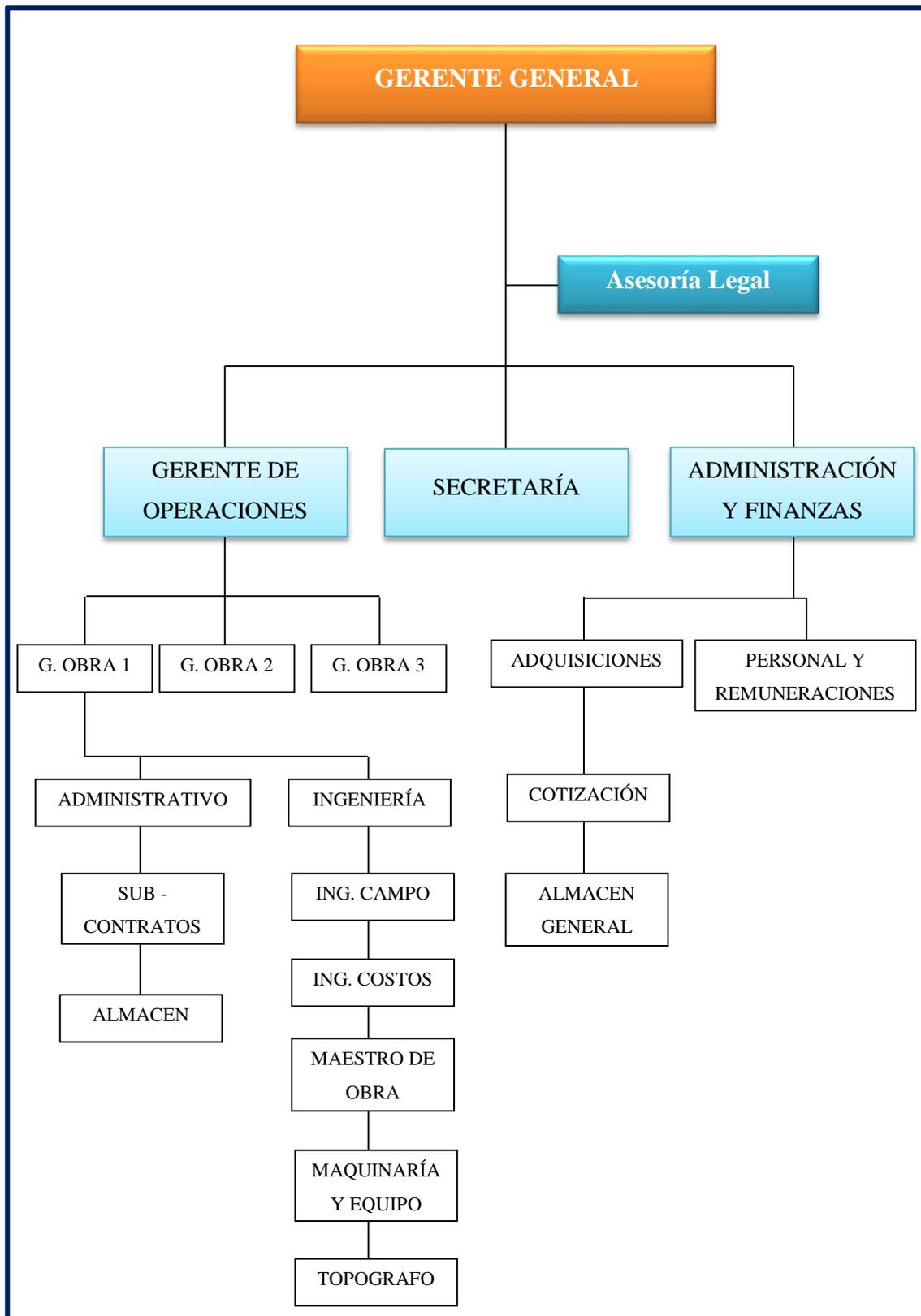


Gráfico 1: Organigrama de la Empresa MAUSAA SA
Fuente: <http://www.mausaa.com/>

1.5 Descripción del Entorno de la Empresa MAUSAA SA

1.5.1 Entorno General.

La variación porcentual de crecimiento de la venta local de cemento en el Perú durante el periodo 2012-2014 ha sido 10.49%, durante los años 2015- 2017 el crecimiento fue de 15.85%, lo que nos da una señal clara que el sector construcción está en pleno crecimiento. El mayor consumo del material se explica por la continuidad de las obras públicas y privadas 3 como: Viviendas, edificios comerciales, condominios, pavimentos, carreteras, edificaciones mineras, obras de saneamiento, etc.²

1.5.2 Entorno Competitivo.

El entorno competitivo de la Empresa MAUSAA SA son:²

- Construcciones y Pavimentos A.M. S.A
- CEYP SAC
- Constructora Pavimentos del Perú SAC
- Construcciones Rubau S.A.
- Capón Constructora
- Constructora CIP Ingenieros

CAPÍTULO II
REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1 Descripción de la Realidad Problemática

La Empresa MAUSAA SA, en la etapa de dosificación de agregados pétreos para la generación de asfalto carece de elementos que permitan graduar la velocidad de los motores que accionan las fajas que transportan los agregados tales como grava, gravilla y arena, al trabajar con una velocidad alta, trae como consecuencia que no se pueda precisar de forma correcta el peso de estos agregados y por ende al finalizar todo el proceso productivo se encuentra alteración en relación con sus características.

Es decir, al no tener un control automático de velocidad en sus motores capaz de generar una velocidad adecuada para cada faja transportadora se introduce a la mezcladora diferentes cantidades de cada material pétreo, lo que conlleva a que el producto final no cumpla correctamente con su función al no poseer los parámetros adecuados en su elaboración, ya que en la generación de asfalto los agregados pétreos necesitan cumplir con la dosificación exacta de cada material.

Cabe señalar que el exceso de estos agregados puede causar deslizamientos en los rodamientos, y un bajo contenido o falta de adherencia de estos originan una falta de fricción entre los neumáticos y el pavimento, sobre todo en los períodos de lluvias o alta humedad, ante lo mencionado al entregar el producto al cliente con estas características, no solo ocasiona disconformidad del producto recibido, sino también se podría generar multas y penalidades lo cual resultaría económicamente perjudicial para la Empresa MAUSAA SA.

2.2 Definición del Problema

2.2.1 Problema General.

¿Como será el diseño del control automático de velocidad mediante variador de frecuencia en la generación de asfalto para mejorar la dosificación de agregados pétreos en la Empresa MAUSAA S.A.?

2.2.2 Problemas Específicos.

- ¿Cuáles son los elementos de entrada y los elementos de salida del proceso de dosificación de agregados pétreos, que indiquen el dimensionamiento del tipo de PLC a utilizar, en la Empresa MAUSAA S.A.?
- ¿Cuál será la programación del control automático de velocidad mediante variador de frecuencia en la dosificación de agregados pétreos, en la Empresa MAUSAA S.A.?

2.3 Objetivos del Proyecto

2.3.1 Objetivo General.

Diseñar el control automático de velocidad mediante variador de frecuencia en la generación de asfalto para mejorar la dosificación de agregados pétreos en la Empresa MAUSAA S.A.

2.3.2 Objetivos Específicos.

- Determinar los elementos de entrada y los elementos de salida del proceso de dosificación de agregados pétreos, que indiquen el

dimensionamiento del tipo de PLC a utilizar, en la Empresa MAUSAA S.A.

- Realizar la programación del control automático de velocidad mediante variador de frecuencia en la dosificación de agregados pétreos, en la Empresa MAUSAA S.A.

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes Bibliográficos

López, A. (2007). *Diseño de una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga de una planta de asfalto*, en la Escuela de Pregrado de la Universidad de La Salle de Bogotá, concluye que: “El implementar este proyecto se hace viable, ya que la planta se verá beneficiada en el aumento de producción, tendrá control en los procesos de fabricación de mezcla asfáltica, con dispositivos electrónicos de buena calidad, el software brindará seguridad a la planta y al operario debido a que se estará observando la consecución de los procesos en tiempo real desde la cabina de operación, la flexibilidad que brinda el sistema SCADA para cambios o necesidades futuras no requieren de gran inversión y, los reportes generados por el software, serán de gran ayuda para la planta cuando quiera llevar una estadística en su producción”.

Arboleda, J. (2016). *Mejora de la producción con el diseño de un sistema automatizado para la mezcla de arena y sustrato en Vivero Génesis S.A.C.*, en la Escuela de Pregrado de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de Chiclayo, concluye que: “La investigación concluye que implementando este diseño de un sistema automatizado para la mezcla de arena y sustrato si se logrará mejorar la producción, logrando optimizar recurso humano, optimizar materia prima, reducir tiempo, reducir consumo de combustible y así ampliar la cartera de clientes a nivel Nacional”.

Mena, R. (2017). *Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva, ubicada en la zona*

urbana de Quito, en la Escuela de Pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, concluye que: “Terminada la construcción del invernadero y su automatización para el control de riego, temperatura y mezcla de solución nutritiva, ayudo a que las personas propietarias del terreno donde se implementó este proyecto puedan realizar sus propios cultivos hidropónicos sin la necesidad de tener extensos conocimientos del tema. El control fuzzy para la mezcla de agua y solución nutritiva ayudo al crecimiento de las plantas ya que al ser un sistema autónomo la precisión al llenar el tanque y verter la solución nutritiva es más eficiente que si hubiera una persona realizando este trabajo”.

Medina, F. (2006). *Especificación de dispositivos de control automático para optimizar el proceso de mezcla de salsa en la Empresa CMPC Planta Valdivia*, en la Escuela de Pregrado de la Universidad Austral de Chile, concluye que: “Dentro de la industria, la incorporación de un sistema de control automático permite resolver satisfactoriamente los inconvenientes del control manual del proceso de elaboración, provocando un aumento de la seguridad en el funcionamiento y haciendo más fácil la fijación de los valores de las variables de proceso, produciendo así una disminución en el margen de error de estas variables respecto a los valores consignados”.

Recalde, L. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de mezcla para inyección de gas en motores de combustión interna a Diesel*, en la Escuela de Pregrado de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, concluye que: “En base a las reservas remanentes del bloque 27 de Petroproducción, se puede garantizar que el volumen de gas asociado soporta al remplazo del 40% de la

energía suministrada por el Diesel en la generación de energía con grupos electrógenos, por lo que se ve que la empresa tendrá un ahorro económico debido a la reducción de la cantidad de Diesel a comprar”.

Domínguez, D. (2016). *Propuesta de automatización de una columna de rectificación por destilación continua*, en la Escuela de Pregrado del Instituto Politécnico Nacional de México, concluye que: “Se logró conocer el proceso de la columna de destilación de forma real ya que en diversas ocasiones se puso en marcha el equipo y aunque no se operó directamente, se recabaron datos necesarios para establecer criterios de solución a la problemática. Con dichos datos se establecieron algunas estrategias de control, de las cuales se realizó un segundo análisis para determinar las más convenientes y se decidió aplicarlas para el sistema de control de nivel del tanque de reflujo y control de alimentación de presión al hervidor”.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Control Automático de Procesos Industriales

Según García (2005) en su libro *El control automático en la industria* afirma que: El control automático de procesos es una de las disciplinas que se ha desarrollado a una velocidad vertiginosa, dando las bases a lo que hoy algunos autores llaman la segunda revolución industrial. El uso intensivo de las técnicas del control automático de procesos tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial. Su estudio y aplicación ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas y beneficios

asociados al ámbito industrial, que es donde tiene una de sus mayores aplicaciones debido a la necesidad de controlar un gran número de variables, sumado esto a la creciente complejidad de los sistemas.

Según García (2005) el control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo asociado a la generación de bienes y servicios, incrementa la calidad y volúmenes de producción de una planta industrial entre otros beneficios asociados con su aplicación, la eliminación de errores y un aumento en la seguridad de los procesos es otra contribución del uso y aplicación de esta técnica de control.

Según García (2005) en este punto es importante destacar que anterior a la aplicación masiva de las técnicas de control automático en la industria, era el hombre el que aplicaba sus capacidades de cálculo e incluso su fuerza física para la ejecución del control de un proceso o máquina asociada a la producción. En la actualidad, gracias al desarrollo y aplicación de las técnicas modernas de control, un gran número de tareas y cálculos asociados a la manipulación de las variables ha sido delegado a computadoras, controladores y accionamientos especializados para el logro de los requerimientos del sistema.

A. Automatización Industrial

Según Fuentes (2013) en su libro *Automatismo Lógicos y reconfigurables* afirma que: La automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para

controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos. El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano, es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Según Fuentes (2013) a lo largo de la historia el ser humano siempre se preocupó por recopilar y almacenar la información que generaba, ya fuera de índole histórico, cultural, científico o económico. Con el cursar de los años, la evolución de la humanidad y las revoluciones científico-técnicas, ha ocurrido un aumento considerable en el volumen de esa información generada.

Según Fuentes (2013) la informática como disciplina indisoluble del hombre ha proporcionado herramientas que no sólo permiten automatizar la obtención de información sino, además, mejorar la organización y calidad en su almacenamiento. Ejemplos de estos logros son la disponibilidad de diversas herramientas, tal es el caso de las bases de datos (cuya abreviatura es BD) o los almacenes de

datos (DATAWAREHOUSE). Una base de datos proporciona a los usuarios entre otras funcionalidades el acceso a datos, su visualización o actualización, siempre en concordancia con los privilegios de acceso que posea. Entre otras características pueden ser locales, es decir que puede utilizarla sólo un usuario en un equipo, o pueden ser distribuidas, es decir que la información se almacena en equipos remotos y se puede acceder a ella a través de una red, la principal ventaja de utilizar bases de datos es que permite el acceso de múltiples usuarios a la información al mismo tiempo.

Según Fuentes (2013) el nivel de automatización de cualquier proceso industrial es un tema de gran vigencia en el mundo contemporáneo. Implica la sustitución de operaciones manuales por sistemas de cómputo, ya que cualquier tarea es realizada por máquinas en lugar de personas, significa, además, el aumento de la productividad del trabajo, disminución de los gastos materiales, aumento de la calidad de los productos y mejoramiento de las condiciones de trabajo y de vida de los trabajadores.

Según Fuentes (2013) automatizar los procesos de la industria es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos. Mecanización de los procesos, donde se provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos

físicos del trabajo, y se reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental de la persona.

Según Fuentes (2013) cuando existe automatización en un proceso industrial, el hombre encamina su protagonismo básicamente a la función de supervisión y monitoreo. La Automatización industrial constituye un peldaño superior escalado por el hombre en su evolución social. El uso de las tecnologías de la informática y las comunicaciones en este proceso ha sido un factor determinante en su desarrollo.

Según Fuentes (2013) con el desarrollo de la tecnología utilizada para la obtención del acero y su uso cada vez más amplio en todos los sectores de la vida humana, se han hecho más exigentes los requerimientos de propiedades específicas para las distintas marcas de aceros fabricadas, por ende, los cálculos de su diseño tecnológico, así como los medios de almacenamiento de la información también se han hecho más complejos y voluminosos, de forma tal que obliga el uso de las computadoras para su realización precisa y confiable.

Según Fuentes (2013) la automatización hoy en día es más necesaria que nunca para que una industria mantenga la competitividad, los niveles de producción y los estándares de calidad exigidos en los mercados internos y externos. Existen industrias hoy

con un alto grado de automatización, tal es el caso de fábricas destinadas a la producción de acero y producción de níquel.

Para evaluar el grado de automatización de cualquier proceso industrial se han establecido los siguientes niveles:

- **Nivel cero**

Según Fuentes (2013) la instrumentación permite conocer el estado de las variables, el hombre actúa como regulador directo en el control del proceso. Incluye un conjunto de dispositivos, subprocesos, maquinaria en general, con que se realizan las operaciones elementales de producción en la empresa. También están situados los dispositivos de campo que interactúan con el proceso: sensores, efectores y otros.

- **Nivel I**

Según Fuentes (2013) incluye todo lo referente a los dispositivos lógicos de control. Se usan autómatas programables, tarjetas de control, ordenadores industriales, etc. Constituyen los elementos de mando y control del Nivel cero. Proporciona información de actuación directa al Nivel cero y de estado al Nivel II.

- **Nivel II**

Según Fuentes (2013) se introducen medios superiores de automatización de conjunto con los anteriores. Es común definir este nivel con la introducción de medios computacionales en la

automatización del proceso. Se designa como el nivel de supervisión y control. Se realiza por medios humanos o informáticos las funciones siguientes: adquisición y monitoreo de datos, gestión de alarmas, mantenimiento correctivo y preventivo, seguimiento de las órdenes de producción, entre otras.

Según Fuentes (2013) este nivel emite órdenes de ejecución al Nivel I y recibe situaciones de estado de dicho nivel. Igualmente recibe los programas de producción, calidad, mantenimiento, etc. del Nivel III y realimenta dicho nivel con las incidencias (estado de órdenes de trabajo, situación de máquinas, estado de la obra en curso, etc.) ocurridas en planta.

- **Nivel III**

Según Fuentes (2013) es el nivel de planificación. Se realizan importantes tareas como la programación de la producción, gestión de compras, análisis de costes, control de inventarios y gestión de la calidad y del mantenimiento. Emite los programas hacia el Nivel II y recibe de éste las incidencias de la planta. Del Nivel IV recibe la información consolidada sobre pedidos, previsiones de venta, ingeniería de producto y de proceso; y envía información relativa a: cumplimiento de programas, costes de fabricación, costes de operación, cambios de ingeniería.

- **Nivel IV**

Según Fuentes (2013) se le denomina nivel corporativo. Realiza las funciones de gestión comercial y marketing, planificación estratégica, financiera y administrativa, gestión de recursos humanos, ingeniería del proceso, gestión de sistemas de información y otras. Este nivel emite al Nivel III información sobre la situación comercial (pedidos y previsiones), información de ingeniería de producto y de proceso, etc. Para poder ajustar la planificación global este nivel recibe del Nivel III la información anteriormente indicada sobre cumplimiento de programas y costes, etc.

B. Controlador Lógico Programable

Según Roldan (2011) en su libro *Automatismos Industriales* afirma que: El controlador lógico programable es un equipo electrónico que se usa frecuentemente en el manejo de procesos industriales. Fueron introducidos en los años 60 para reemplazar las antiguas lógicas cableadas o lógicas de relé, que eran controles hechos con diferentes tipos de relé (como relé de uso general o temporizadores), de hecho la primeras instrucciones diseñadas para el controlador lógico programable emulaban las funciones de los relés y eran dispuestos en un lenguaje gráfico llamado escalera por su similitud con una escalera como las usadas por los bomberos, muy similar a los diagramas o planos de la lógica de relé.

Según Roldan (2011) los controladores lógicos programables han ido evolucionando con la tecnología, ahora tienen un conjunto de instrucciones que incluyen funciones lógicas, aritméticas, de comparación, manejo de archivos, flujo de programas y lazos PID entre otros. Un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) es un equipo altamente especializado que se utiliza para la fabricación, envasado, y otras situaciones industriales.

Según Roldan (2011) los controladores lógicos programables están diseñados para ser capaces de tomar la información de una variedad de diferentes sensores y utilizarla para controlar una variedad de diferentes máquinas. Los PLC son capaces de controlar con precisión un proceso en tiempo real, por lo que son muy rápidos, cuando un PLC recibe una instrucción, responde al instante, emitiendo los controles a sus motores.

Según Roldan (2011) un PLC tiene al menos cuatro componentes básicos: un controlador o CPU (unidad central de procesamiento), una fuente de poder para alimentar a los equipos, módulos o tarjetas de entradas para suministrar información al controlador y módulos o tarjeta de salida a través de los cuales se transmite la información para realizar las acciones de control. Cuando estos componentes se encuentran empotrados en un solo elemento se dice que el PLC es fijo, en otros casos estos componentes se integran en un chasis que puede ser físico o virtual, estos últimos se dicen que son modulares.

Según Roldan (2011) el objetivo de un PLC es mantener un proceso en un estado deseado, para ello debe conocer el estado actual del proceso, esto se hace con sensores conectados a las entradas del PLC, también debe conocer el estado deseado, frecuentemente lo suministra el operador al controlador por medio de una interfaz de operación. Si el estado actual es diferente al estado deseado, el PLC calcula una acción de control que lleva a cabo por medio de actuadores conectados a los módulos de salida. Para programar los PLC se usa un lenguaje.

La norma IEC61131 especifica 4 lenguajes que son: escalera, diagrama de bloques, texto estructurado y lista de instrucciones, además, contempla las cartas de función secuencial, la cual es una estructura de programación similar al Grafcet que permite organizar los programas, donde cada acción se diseña con alguno de los 4 lenguajes mencionados antes.

Según Roldan (2011) en la actualidad se habla de controladores de automatización programables (PAC) los cuales tienen todas las funciones del PLC, pero además son muy versátiles para manejar control de movimiento, integrar de redes, variadores de frecuencia y sistemas de control distribuidos (DCS).

- **Entradas**

Según Roldan (2011) los PLC reciben información de una variedad de diferentes sensores. Muchos de los sensores son en realidad interruptores simples. Por ejemplo, si un PLC en una fábrica de muebles tiene que mover una tabla hacia abajo a una cinta transportadora en una posición determinada, podría tener un interruptor de presión en el extremo de la cinta transportadora, cuando la tabla llega a esa posición se presionará el interruptor, permitiendo que el PLC sepa que estaba en posición.

Según Roldan (2011) otros tipos de sensores que un PLC puede utilizar son indicadores de presión que miden la fuerza, aceleradores para medir el movimiento y conmutadores activados por la luz. Los PLC también pueden utilizar insumos más complejos, como cámaras o micrófonos diseñados para reconocer ciertos patrones.

- **Salidas**

Según Roldan (2011) los controladores lógicos programables se pueden utilizar para controlar casi cualquier proceso automático. Un PLC puede encender y apagar la energía de las luces y otros equipos electrónicos, por ejemplo. En la industria, sin embargo, los PLC se utilizan generalmente para el accionamiento de máquinas.

Según Roldan (2011) una planta podría utilizar un PLC para verter metal fundido, para mover una sierra, para fijar remaches a un bastidor de la cabina, o para abrir y cerrar una válvula. Un PLC suele hacer una variedad de tareas sencillas en un orden específico. Por ejemplo, un PLC utilizado en el trabajo de la madera primero podría hacer cortes rectangulares en una tabla, después hacer cortes curvos o angulares para la decoración, luego lijar la pieza y finalmente pintarla con aerosol. Esto podría implicar varias máquinas conectadas entre sí por una cinta transportadora y todas controladas por el mismo PLC.

3.2.2 Variador de velocidad

Según Álvarez (2000) en su libro *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR* afirma que: El Variador de Velocidad (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive) es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable (ASD, también por sus siglas en inglés Adjustable-Speed Drive). De igual manera, en ocasiones es denominado mediante el anglicismo Drive, costumbre que se considera inadecuada.

Según Álvarez (2000) la maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o

variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o casi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad.

Según Álvarez (2000) los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc. Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad de este. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como variador de velocidad.

A. Tipos de Variadores

a) Variadores mecánicos

- **Variador de paso ajustable**

Según Álvarez (2000) este dispositivo emplea poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.

- **Variador de tracción**

Según Álvarez (2000) transmite potencia a través de rodillos metálicos. La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión.

b) Variadores hidráulicos

- **Variador hidrostático**

Según Álvarez (2000) consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico (ambos de desplazamiento positivo). Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien definida de volumen del fluido manejado. De esta forma la velocidad puede ser controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien, cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor.

- **Variador hidrodinámico**

Según Álvarez (2000) emplea aceite hidráulico para transmitir par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.

- **Variador hidro viscoso**

Según Álvarez (2000) consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada, los cuales estarán en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico (torque) se transmite desde el eje de entrada al de salida a través de la película de aceite entre los discos. De esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.

c) Variadores eléctrico-electrónicos

- Variadores para motores de CC.
- Variadores de velocidad por corrientes de Eddy.
- Variadores de deslizamiento.
- Variadores para motores de CA (también conocidos como variadores de frecuencia).

B. Variadores de Frecuencia

Según Álvarez (2000) el variador de frecuencia es la solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono. Los motores eléctricos juegan un papel muy importante en nuestros negocios y vidas ya que controlan básicamente todo lo que necesitamos para nuestro trabajo y actividades de ocio.

Según Álvarez (2000) todos estos motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad. La velocidad de un motor debería coincidir exactamente con la que exige el proceso en cuestión, y usar solo la energía necesaria.

Según Álvarez (2000) el variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%. Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento. Los variadores reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, mediante el control de la velocidad del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria.

Según Álvarez (2000) el uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la

vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de inproductividad.

Según Álvarez (2000) el equipo se alimenta con un voltaje de corriente alterna (CA). Lo primero que hace es convertir el CA en CD (corriente directa). El voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones de señal. Posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a una frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

- **Aplicaciones**

- **Fajas transportadoras**

Según Álvarez (2000) puede regularse la velocidad de producción según el tipo de producto a transportar. También evita golpes al transportar materiales delicados como por ejemplo botellas y envases evitando la caída y rotura de estos.

- **Bombas y ventiladores centrífugos**

Según Álvarez (2000) para controlar el caudal en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo

de la velocidad, o sea que, para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

➤ **Bombas de desplazamiento positivo**

Según Álvarez (2000) para controlar el caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad.

➤ **Ascensores y elevadores**

Según Álvarez (2000) para obtener un arranque y parada suaves, pudiendo obtener diferentes velocidades para aplicaciones distintas.

➤ **Extrusoras**

Según Álvarez (2000) el control de la Velocidad del tornillo de las Extrusoras es uno de los factores clave que afectan la calidad del producto.

➤ **Compresores de aire**

Según Álvarez (2000) se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.

➤ **Prensas mecánicas y balancines**

Según Álvarez (2000) se evitan desperdicios de materiales al obtener arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.

➤ **Máquinas textiles**

Según Álvarez (2000) para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.

➤ **Bombas de extracción**

Según Álvarez (2000) pudiendo adecuar la velocidad de acuerdo con las necesidades del pozo.

• **Ventajas de utilizar variadores de frecuencia en motores**

- Instalación y mantenimientos sencillo ya que la conexión del cableado es muy sencilla.
- Aumenta la vida útil del motor al permitir arranques y frenados suaves, progresivos y sin saltos
- Protege el motor, puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida del equipo
- Limita la corriente de arranque
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo
- Puede controlarse a través de un PLC
- Se consigue un importante ahorro de energía en algunas aplicaciones
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor
- Permite ver y controlar las variables

CAPÍTULO IV
DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Descripción y diseño del proceso automatizado

4.1.1 Descripción del proceso automatizado

En base a lo establecido en el objetivo planteado en el Capítulo II de la presente tesis, a continuación, detallo el funcionamiento del proceso a automatizar:³

- Al presionar el pulsador de marcha, automáticamente se aperturará las compuertas de las 3 tolvas de almacenamiento de los agregados pétreos, tales como arena, grava y gravilla, en la proporción de 50%, 35% y 15%, respectivamente.
- Al aperturarse las compuertas, cada una de ellas les tomará un determinado tiempo para que puedan realizar el vaciado de arena, grava y gravilla, dicho tiempo fue definido por el área de operaciones, siendo estos 300 segundos, 210 segundos y 90 segundos, respectivamente.
- De forma secuencial, y de manera automática se accionará los motores de 5HP de las fajas transportadoras, trabajando a una velocidad media de 1800RPM, estas velocidades trasladaran los componentes para la mezcla asfáltica durante un periodo de 300 segundos, para luego automáticamente reducirse a una velocidad de 600RPM; esta reducción se hará posible gracias al variador de frecuencia conectado al controlador lógico programable.

³ Fuente: Empresa Mausaa SA

- El tiempo en que la faja transportadora trabajará a su velocidad mínima estará determinado por cada sensor de peso tipo báscula, quien, al determinar el peso exacto de cada componente de la mezcla asfáltica, detendrá al motor de la faja transportadora y aperturará la válvula para el vaciado de dichos componentes sobre una faja colectora.
- Esta faja colectora llevará simultáneamente los tres componentes, para lo cual la condición de accionamiento es que las tres válvulas se encuentren abiertas, es decir se haya finalizado el proceso de vaciado de arena, grava y gravilla.
- La faja colectora trasladará los tres componentes durante 240 segundos, para luego hacer el vaciado hacia el horno de mezclado, el cual contiene dos cámaras. Hasta aquí se basa el proceso a automatizar.

Sin embargo, es importante precisar que en la primera cámara, cámara interior, se realiza la mezcla los tres componentes con el asfalto y es secado mediante explosión de fuego abierto, esto gracias a un ventilador y un pulverizador micrométrico el cual hace que tenga una explosión larga hacia la cámara interior y seque el material con el fin de quitar la humedad del material; la temperatura de secado es de 400°C.³

Luego que termina de secar pasa a la segunda cámara en la cual es mezclado con el cemento asfalto, en esta segunda recámara hay paletas mezcladoras que permiten la uniformidad con el asfalto y los agregados pétreos.³

Después de mezclar cae a un silo donde se almacena el asfalto y de ahí es elevado mediante una cadena de arrastre hacia el bacher a una altura de 3 metros y medio, donde se almacena 2 cubos de mezcla asfáltica y se abre la compuerta cuando el volquete se estaciona en la parte inferior del bacher, despachando el asfalto caliente.³

En el siguiente gráfico se muestra el esquema del proceso a automatizar, en el cual se detalla los elementos de entrada y salida (actuadores y sensores) que formaran parte del automatismo.³

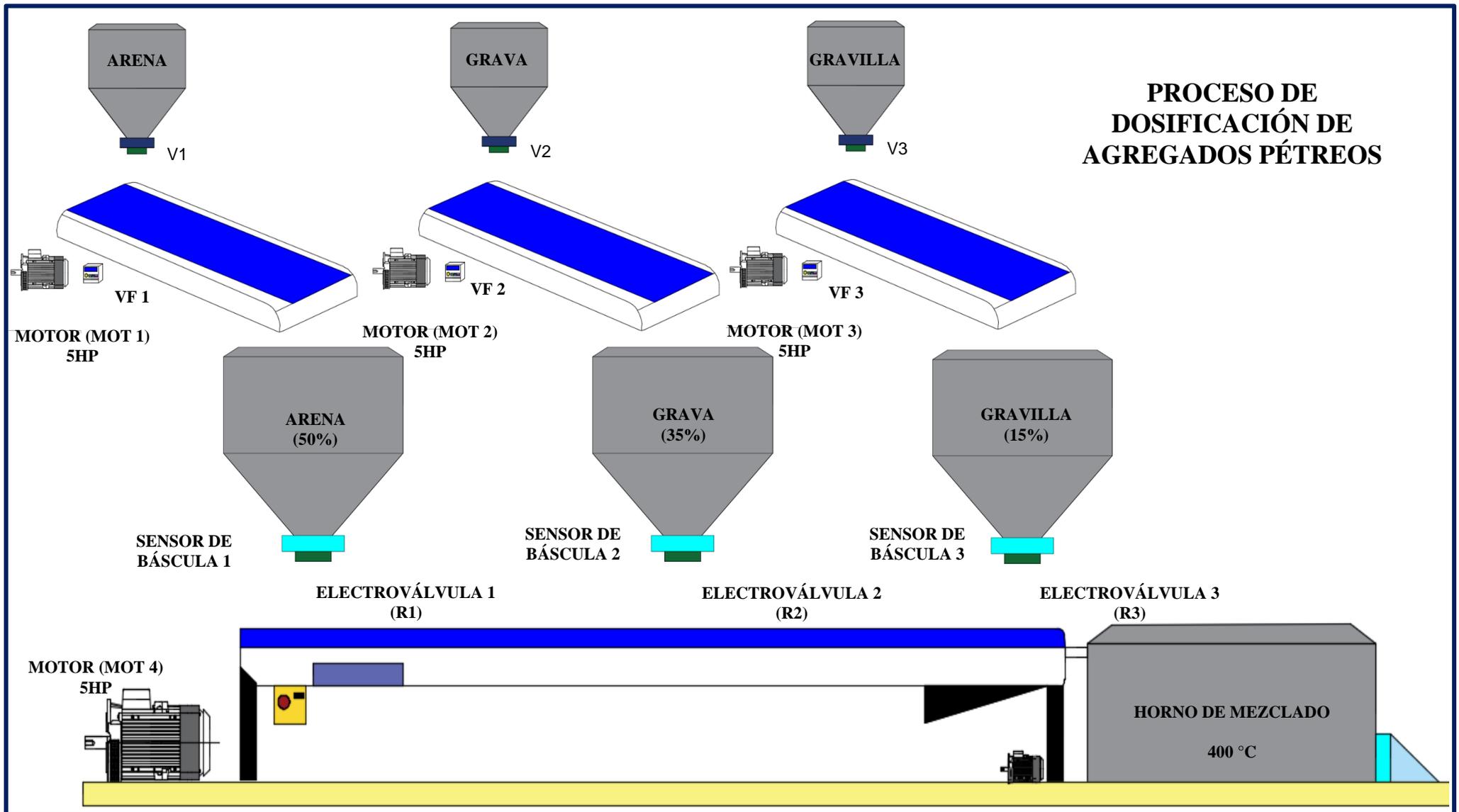


Gráfico 2: Proceso a automatizar
Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Desarrollo de la propuesta.

A continuación, en las siguientes tablas, describo los elementos de entrada y los elementos de salida del proceso:

Tabla 1
Elementos de entrada del proceso

N°	ELEMENTOS DE ENTRADA	DENOMINACIÓN
1	Pulsador de Parada	PP
2	Pulsador de Arranque	PM
3	Sensor de báscula 1	SB1
4	Sensor de báscula 2	SB2
5	Sensor de báscula 3	SB3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2
Elementos de salida del proceso

N°	ELEMENTOS DE SALIDA	DENOMINACIÓN
1	Electroválvula V1	V1
2	Electroválvula V2	V2
3	Electroválvula V3	V3
4	Contactador Motor 1	MOT1
5	Contactador Motor 2	MOT2
6	Contactador Motor 3	MOT3
7	Contactador de la Báscula 1	R1
8	Contactador de la Báscula 2	R2
9	Contactador de la Báscula 3	R3
10	Contactador Motor 4	MOT4

Fuente: Elaboración Propia

Una vez identificado los elementos de entrada y salida del proceso, a continuación, detallaremos el direccionamiento al PLC.

Tabla 3
Direccionamiento de entradas al PLC

N°	ELEMENTOS DE ENTRADA	DIRECCIONAMIENTO
1	Pulsador de Parada	I1
2	Pulsador de Arranque	I2
3	Sensor de báscula 1	I3
4	Sensor de báscula 2	I4
5	Sensor de báscula 3	I5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4
Direccionamiento de salidas al PLC

N°	ELEMENTOS DE SALIDA	DIRECCIONAMIENTO	DENOMINACIÓN
1	Electroválvula V1	Q1	V1
2	Electroválvula V2	Q2	V2
3	Electroválvula V3	Q3	V3
4	Contactador Motor 1	Q4	MOT1
5	Contactador Motor 2	Q6	MOT2
6	Contactador Motor 3	Q8	MOT3
7	Contactador de la Báscula 1	Q5	R1
8	Contactador de la Báscula 2	Q7	R2
9	Contactador de la Báscula 3	Q9	R3
10	Contactador Motor 4	Q10	MOT4

Fuente: Elaboración Propia

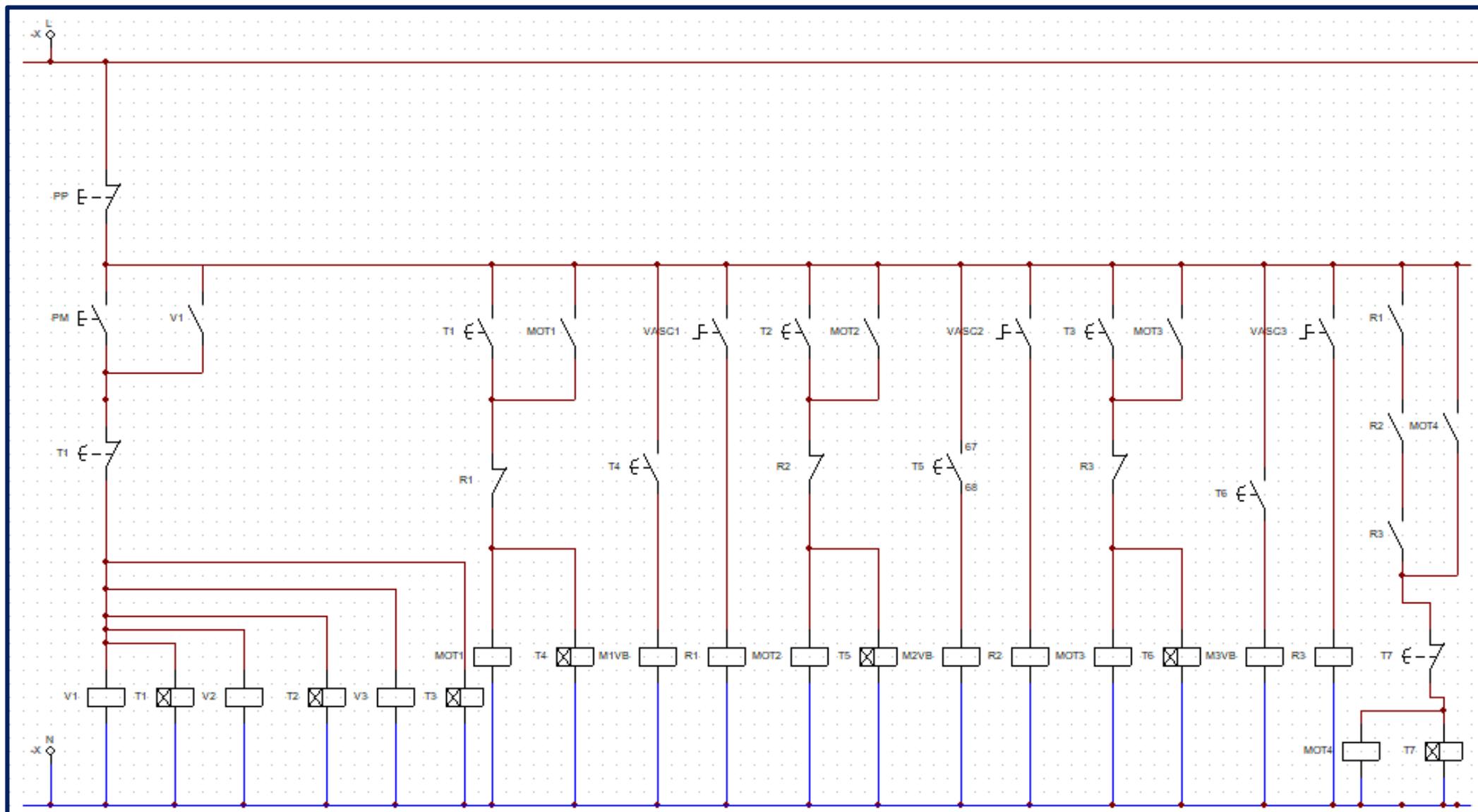


Gráfico 3: Circuito Eléctrico de Mando
Fuente: Elaboración Propia

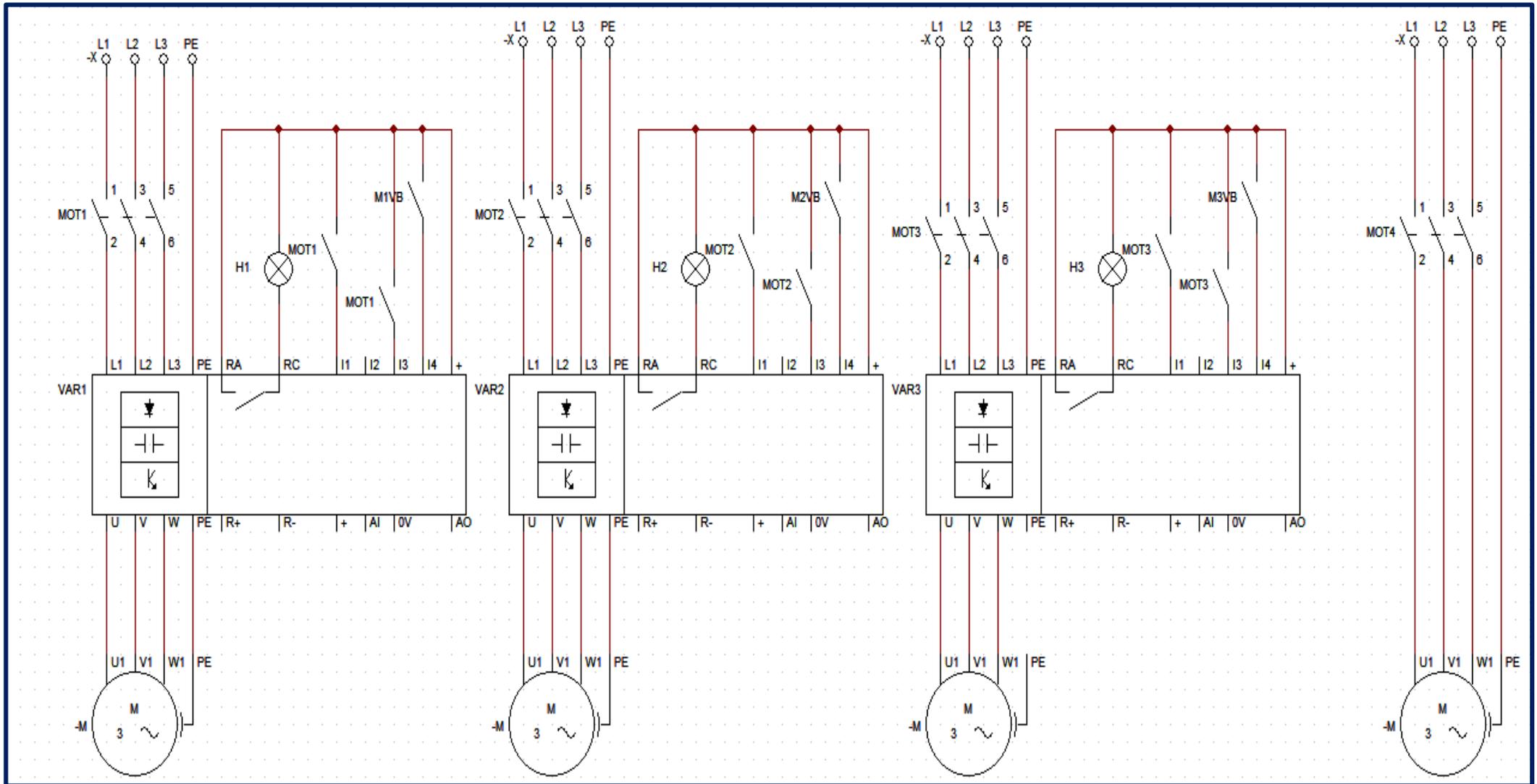


Gráfico 4: Circuito Eléctrico de Potencia
Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 3 y 4 se muestra el circuito eléctrico de mando y potencia respectivamente del proceso de dosificación de agregados pétreos, en el Anexo 1 se muestra la simulación de este.

Una vez identificado los elementos que formaran parte del proceso se determina que el Controlador Lógico Programable a utilizar, el cual será el PLC Logo 230 RC de la Marca Siemens, al cual se le agregara un módulo de expansión.

En el siguiente gráfico se muestra la conexión de los elementos de entrada y elementos de salida al Controlador Lógico Programable.

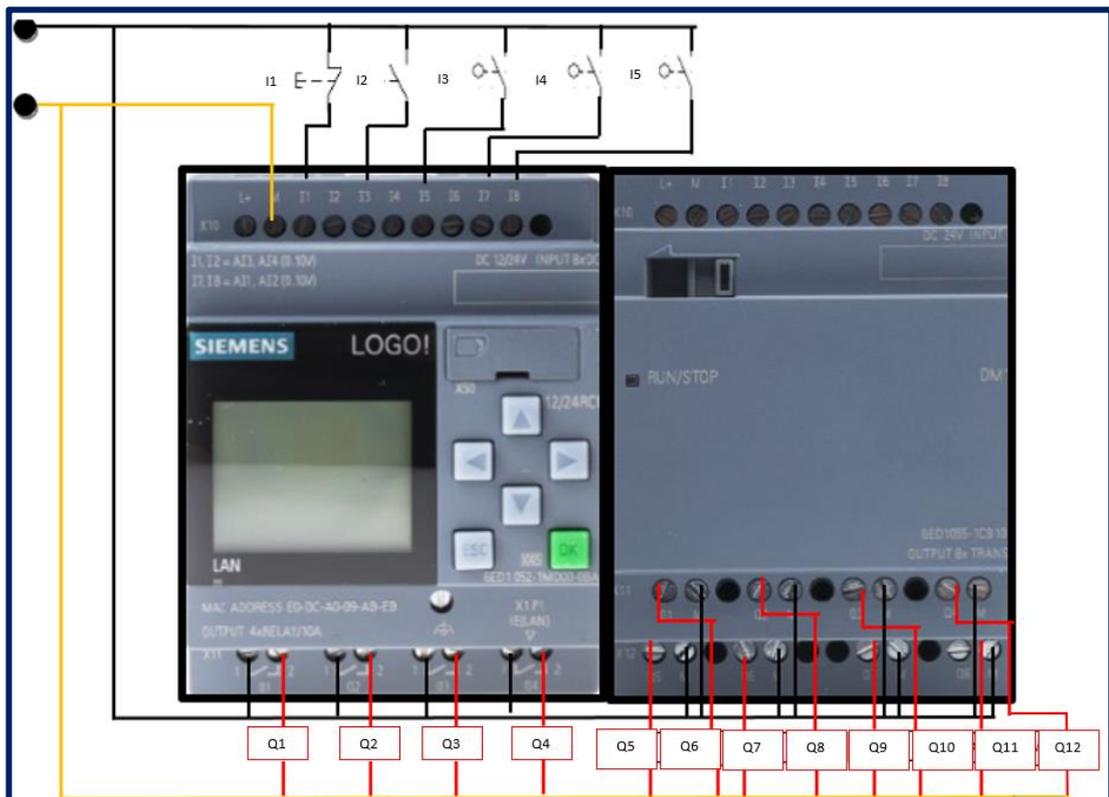


Gráfico 5: Diagrama de conexión al PLC
Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de establecer la relación de los elementos de entrada y salida del proceso, a continuación, se describe la programación del PLC, que se desarrollará mediante diagrama de contactos y por medio del software Logo Soft Comfort.

En el Gráfico N° 6, se muestra el primer segmento de la programación del proceso de dosificación de agregados pétreos, donde I2 representa al pulsador de arranque, el cual al ser pulsado automáticamente se aperturará las válvulas de las 3 tolvas de almacenamiento de los agregados pétreos arena, grava y gravilla, los cuales están representados por las bobinas Q1, Q2 y Q3. Cada una de estas compuertas estarán abiertas hasta que se realice el vaciado de cada uno de los componentes, cuyo tiempo referencial configurado en la programación está determinado por los temporizadores T001 (Arena), T002 (grava) y T003 (gravilla).

En el Gráfico N° 7, se muestra el segundo segmento de la programación del proceso de dosificación de agregados pétreos, donde Q4 representa el motor 1 de la faja transportadora que tendrá un tiempo de funcionamiento de 300 segundos a una velocidad media de 1800 RPM, dicho tiempo está representando por el temporizador T004, luego de transcurrido dicho tiempo, la velocidad se reducirá a 600 RPM, por medio del variador de frecuencia, esto está representado por la marca M1, cuyo tiempo de accionamiento estará determinado por la bobina de

la báscula 1 (tolva de arena), estando representado en la programación por la bobina Q5.

En el Gráfico N° 8, se muestra el tercer segmento de la programación del proceso de dosificación de agregados pétreos, donde Q6 representa el motor 2 de la faja transportadora que tendrá un tiempo de funcionamiento de 300 segundos y con una velocidad media de 1800 RPM, representando por el temporizador T005, luego de transcurrido el tiempo la velocidad se reducirá a 600 RPM, por medio del variador de frecuencia, esto está representado por la marca M2 y estará determinado por la bobina de la báscula 2 de la tolva de grava, representado en la programación por la bobina Q7.

En el Gráfico N° 9, se muestra el cuarto segmento de la programación del proceso de dosificación de agregados pétreos, donde Q8 representa el motor 3 de la faja transportadora que tendrá un tiempo de funcionamiento de 300 segundos y con una velocidad media de 1800 RPM, representando por el temporizador T006, luego de transcurrido el tiempo la velocidad se reducirá a 600 RPM, por medio del variador de frecuencia, esto está representado por la marca M3 y estará determinado por la bobina de la báscula 3 de la tolva de gravilla, representado en la programación por la bobina Q9.

En el Gráfico N° 10, se muestra el quinto segmento de la programación del proceso de dosificación de agregados pétreos, donde Q10 representa al motor de la faja colectora que llevará los agregados pétreos al horno mezclador, una vez que las válvulas Q1, Q2 y Q3 sean aperturadas, esta etapa tendrá un tiempo de funcionamiento de 4 minutos representado por el temporizador T007.

A continuación, se muestran los gráficos en el cual se evidencia la programación realizada del controlador lógico programable, así también es conveniente precisar que el Anexo 2 se muestra la simulación de la programación del controlador.

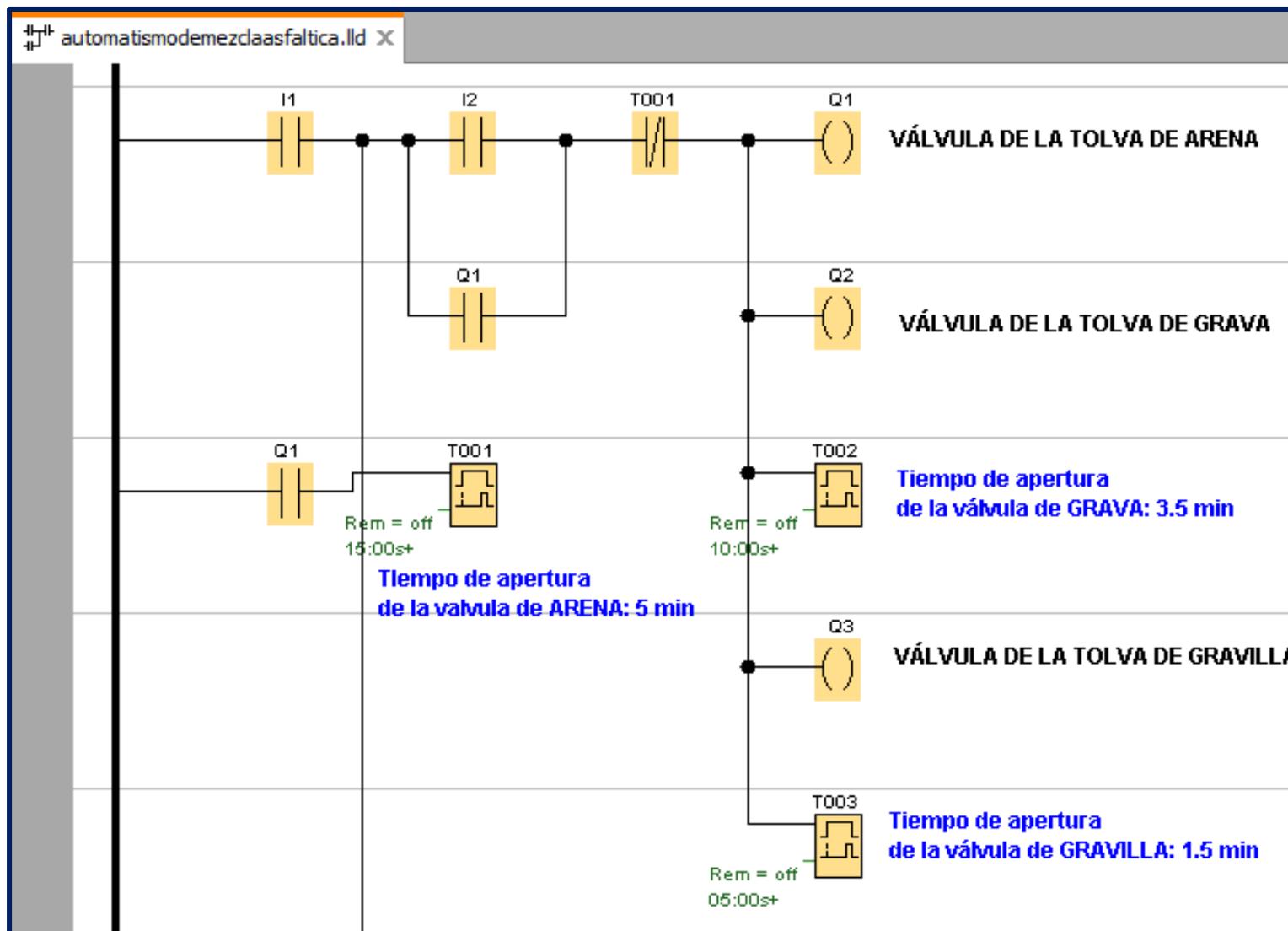


Gráfico 6: Primer segmento de programación
Fuente: Elaboración Propia

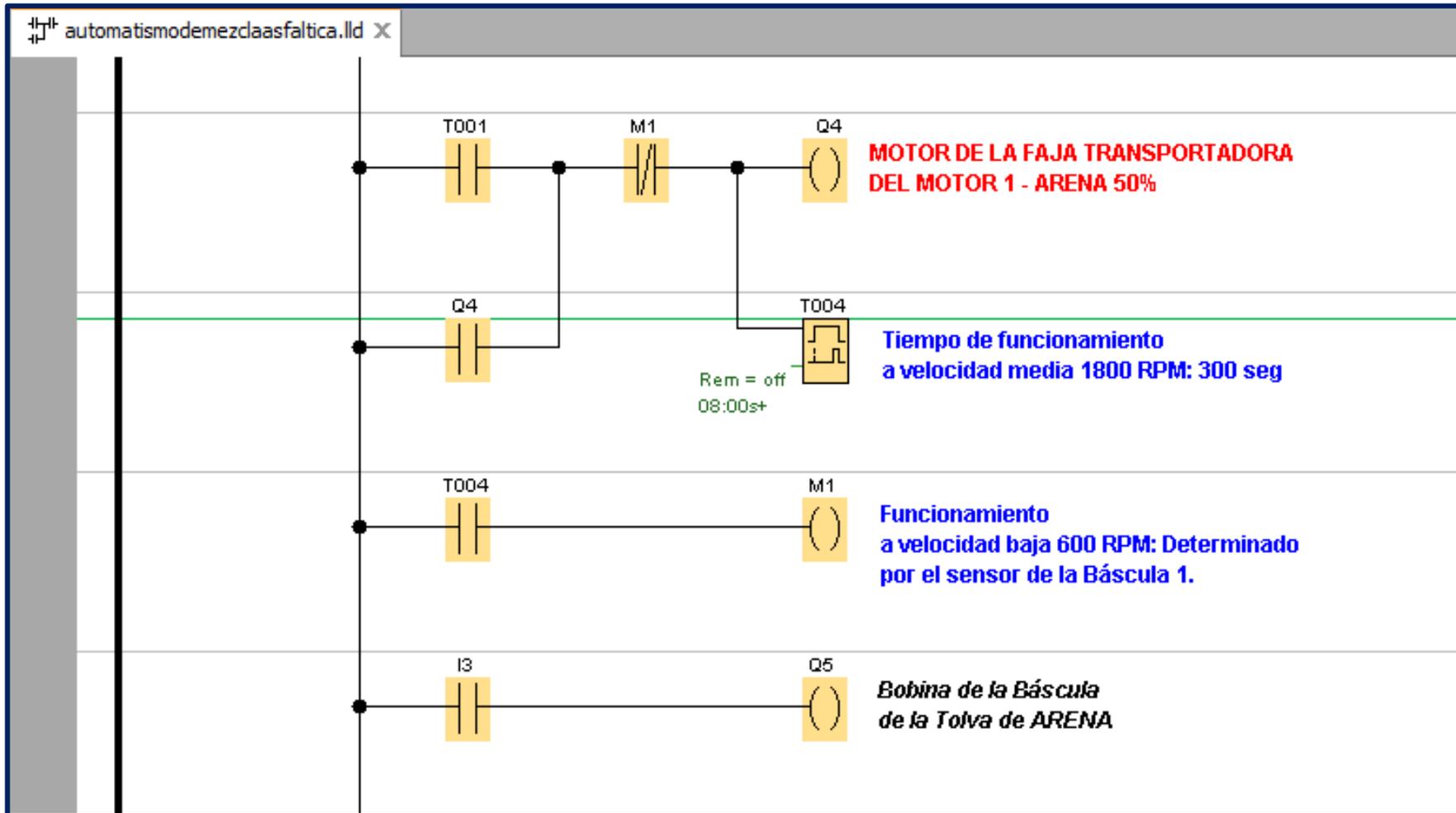


Gráfico 7: Segundo segmento de programación
Fuente: Elaboración Propia

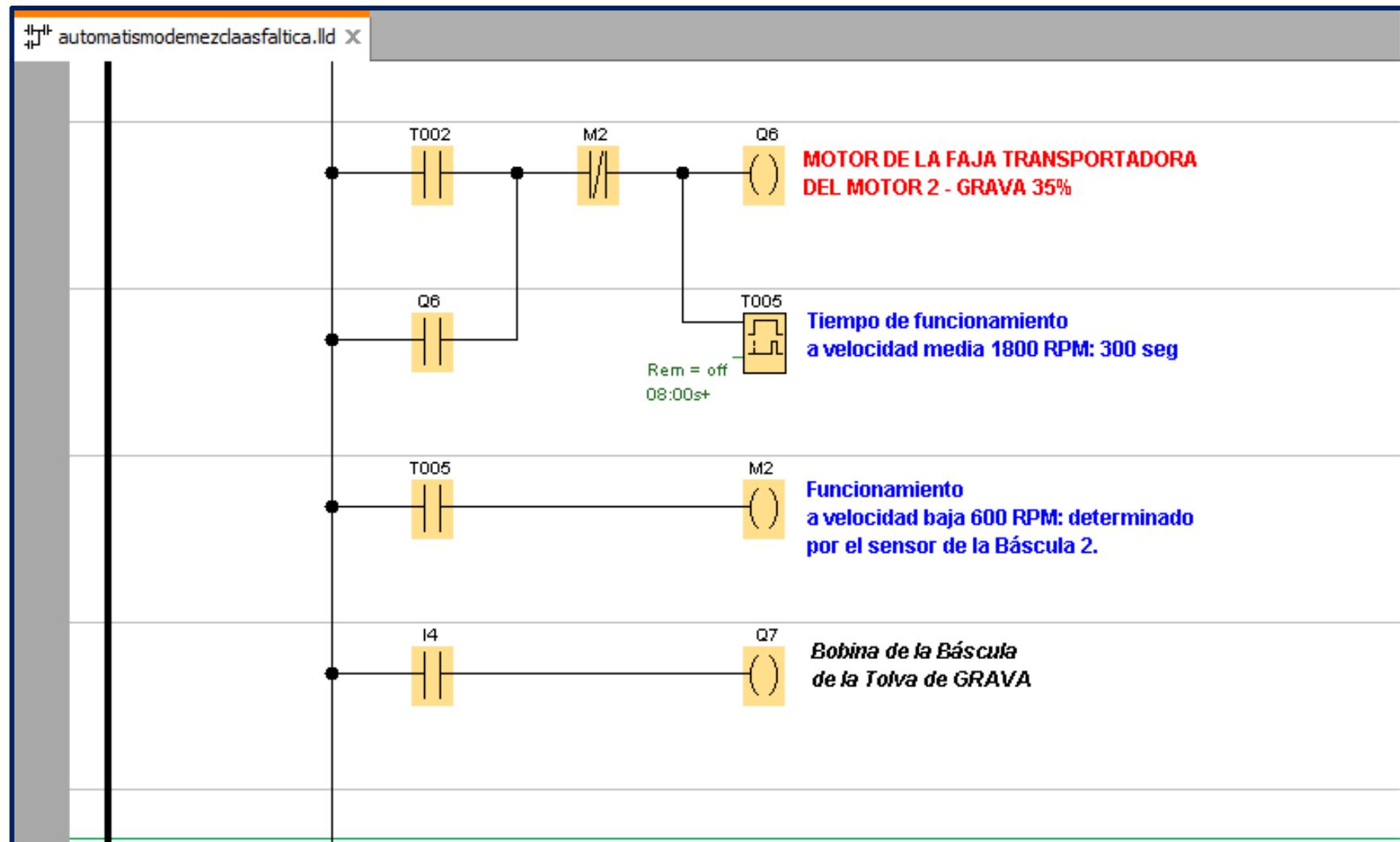


Gráfico 8: Tercer segmento de programación
Fuente: Elaboración Propia

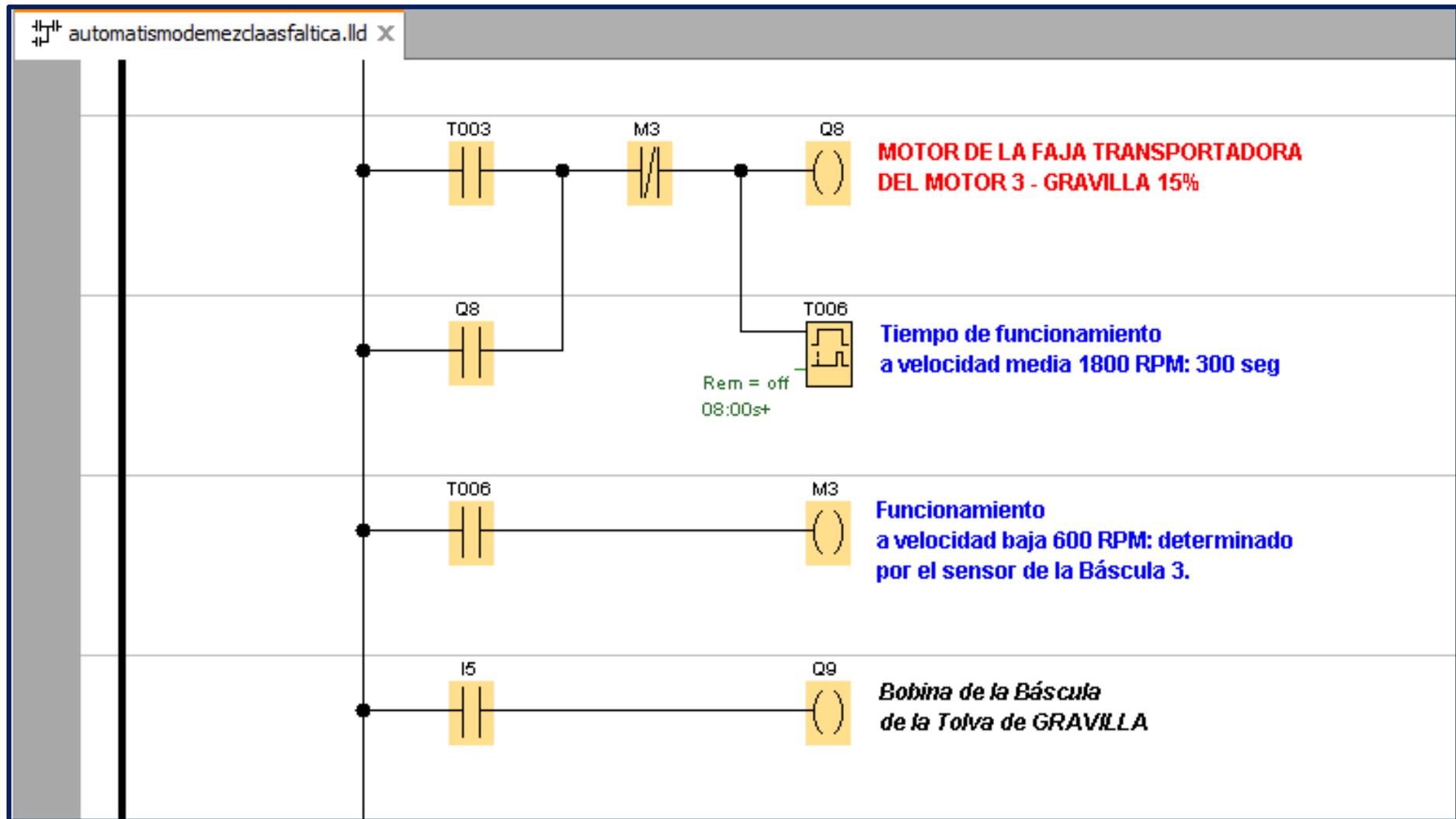


Gráfico 9: Cuarto segmento de programación
Fuente: Elaboración Propia

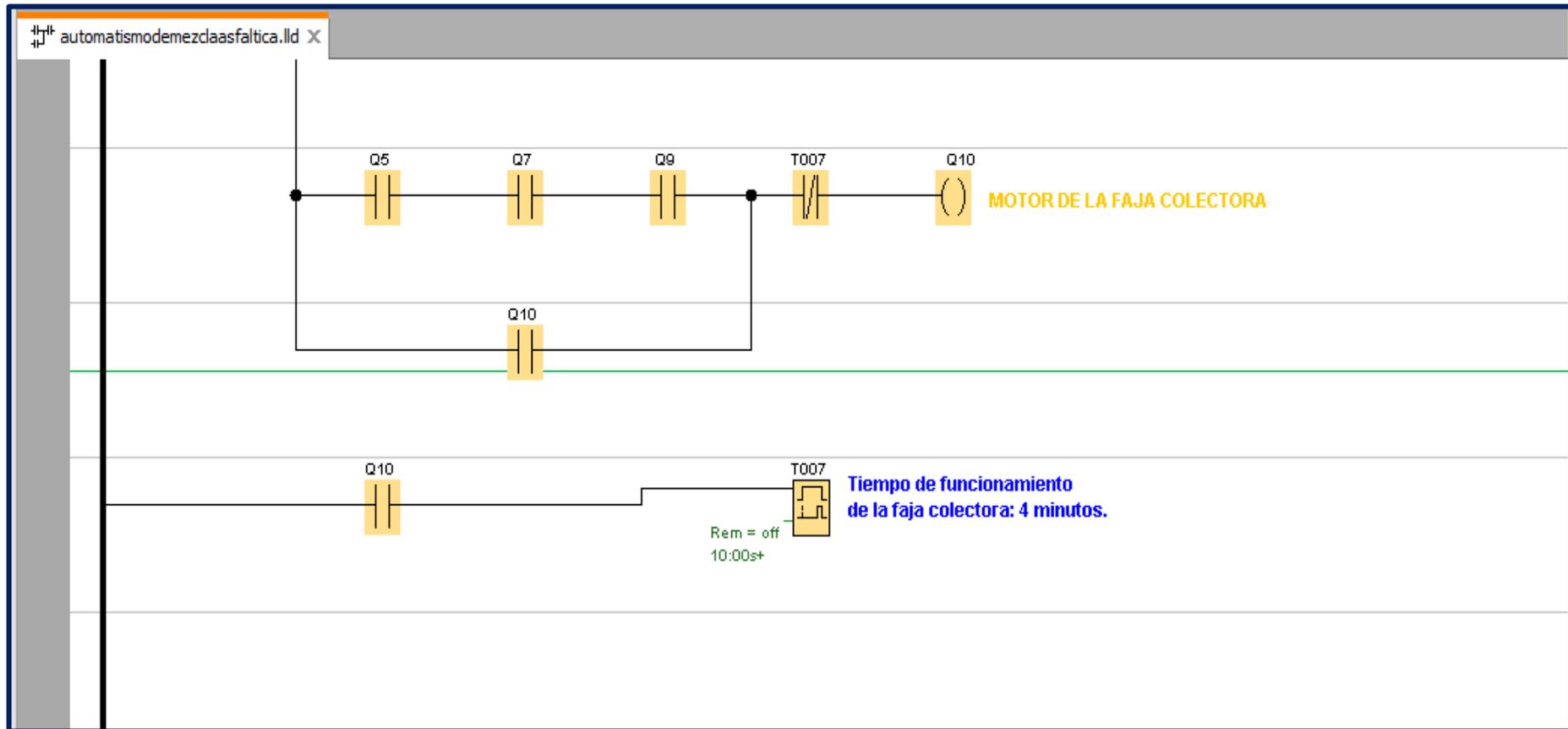


Gráfico 10: Quinto segmento de programación
 Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Interpretación de resultados.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra los resultados del análisis granulométrico por tamizado de la dosificación de agregados pétreos antes de realizar la automatización, estos resultados fueron otorgados por la Empresa Mausaa Constructora SA.

Tabla 5
Resultado del análisis granulométrico por tamizado antes de la automatización

TAMIZ		Abertura					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	mm	Grava <1"	Gravilla < 3/8"	Arena < 1/4"	Mezcla 100%	Especific.	TAMAÑO MAXIMO =1"	
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400	99.8	99.9	99.9	99.86	100		
3/4"	19.050	69.1	77.5	90.4	79	80 - 100		
1/2"	12.700	43.1	66.8	80.1	63.33	67 - 85	OBSERVACIONES:	
3/8"	9.525	15.2	59.1	79.5	51.26	60 - 77	Grava <1"	35
N° 4	4.760	4.3	36.2	70.2	36.9	43 - 54	Gravilla < 3/8"	15
N° 10	2.000		2.1	50.9	26.5	29 - 45	Arena < 1/4"	50
N° 40	0.420			27.9	13.95	14 - 25		100
N° 80	0.180			15.9	7.95	8 - 17		
N° 200	0.075			7.5	3.75	4 - 8		

Fuente: Empresa Mausaa Constructora SA

En la siguiente tabla se muestra el resultado 1 del análisis granulométrico por tamizado de la dosificación de agregados pétreos realizado después de la automatización.

Tabla 6

Resultado 1 del análisis granulométrico por tamizado después de la automatización

TAMIZ		Abertura	Grava <1"				Mezcla 100%	Especific.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	mm	Grava <1"	Gravilla < 3/8"	Arena < 1/4"	Mezcla 100%	Especific.	TAMAÑO MAXIMO =1"			
3"	76.200									
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400	100	100	100	100	100	100			
3/4"	19.050	74.1	99.9	100	91.33	80 - 100				
1/2"	12.700	40.1	98.9	100	79.66	67 - 85				
3/8"	9.525	9.2	99.3	100	69.5	60 - 77	OBSERVACIONES:	Grava <1"	35	
N° 4	4.760	2.5	28.5	99.5	43.5	43 - 54		Gravilla < 3/8"	15	
N° 10	2.000		1.9	70.2	36.05	29 - 45		Arena < 1/4"	50	
N° 40	0.420			36.8	18.4	14 - 25			100	
N° 80	0.180			21.5	10.75	8 - 17				
N° 200	0.075			10.4	5.2	4 - 8				

Fuente: Empresa Mausaa Constructora SA

En la siguiente tabla se muestra el resultado 2 del análisis granulométrico por tamizado de la dosificación de agregados pétreos realizado después de la automatización.

Tabla 7

Resultado 2 del análisis granulométrico por tamizado después de la automatización

TAMIZ		Abertura	Grava <1"				Mezcla 100%	Especific.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	mm	Grava <1"	Gravilla < 3/8"	Arena < 1/4"	Mezcla 100%	Especific.	TAMAÑO MAXIMO =1"			
3"	76.200									
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400	100	100	100	100	100	100			
3/4"	19.050	73.9	98.7	99.9	90.83	80 - 100				
1/2"	12.700	43.5	98.1	99.9	80.5	67 - 85				
3/8"	9.525	10.3	97.2	99.9	69.13	60 - 77	OBSERVACIONES:	Grava <1"	35	
N° 4	4.760	3.1	49.1	99.5	50.56	43 - 54		Gravilla < 3/8"	15	
N° 10	2.000		2.3	69.9	36.1	29 - 45		Arena < 1/4"	50	
N° 40	0.420			35.9	17.95	14 - 25			100	
N° 80	0.180			20.9	10.45	8 - 17				
N° 200	0.075			15.3	7.65	4 - 8				

Fuente: Empresa Mausaa Constructora SA

En la siguiente tabla se muestra el resultado 3 del análisis granulométrico por tamizado de la dosificación de agregados pétreos realizado después de la automatización.

Tabla 8
Resultado 3 del análisis granulométrico por tamizado después de la automatización

TAMIZ		Abertura	Grava <1"	Gravilla < 3/8"	Arena < 1/4"	Mezcla 100%	Especific.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	mm							TAMAÑO MÁXIMO =1"	
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400	100	100	100	100	100			
3/4"	19.050	84.5	99.9	100	94.8	80 - 100			
1/2"	12.700	51.5	99.9	99.9	83.76	67 - 85	OBSERVACIONES:		
3/8"	9.525	15.2	98.1	99.9	71.06	60 - 77	Grava <1"	35	
N° 4	4.760	5.5	51.2	98.1	51.6	43 - 54	Gravilla < 3/8"	15	
N° 10	2.000		4.3	80.6	42.45	29 - 45	Arena < 1/4"	50	
N° 40	0.420			40.5	20.25	14 - 25		100	
N° 80	0.180			24.8	12.4	8 - 17			
N° 200	0.075			12.3	6.15	4 - 8			

Fuente: Empresa Mausaa Constructora SA

Según los resultados mostrados se logra mejorar la dosificación de agregados pétreos en un 100%, logrando así obtener asfalto de óptima calidad.

4.2 Conclusiones

- Se logró diseñar el control automático de velocidad mediante el variador de frecuencia Sinamics V20 de la marca Siemens en la generación de asfalto mejorando en un 100% la dosificación de agregados pétreos en la Empresa MAUSAA SA.
- Se logró determinar los elementos de entrada y los elementos de salida del proceso de dosificación de agregados pétreos, siendo estos siendo 5 sensores, 2 discretos (Pulsador de Parada: I1, Pulsador de Arranque: I2) y 3 analógicos (Sensor de báscula 1: SB1, Sensor de báscula 2: SB2 Sensor de báscula 3: SB3), así como 10 actuadores, 4 discretos (Electroválvula V1: Q1, Electroválvula V2: Q2, Electroválvula V3: Q3, Motor 4: Q10) y 6 analógicos (Contactor motor 1: Q4, Contactor motor 2: Q6, Contactor motor 3: Q8, Contactor de báscula 1: Q5, Contactor de báscula 2: Q7, Contactor de báscula 3: Q9), los mismo que permitieron realizar el dimensionamiento del PLC a utilizar el cual será de tipo Nano Logo 230RC de la marca Siemens.
- Finalmente, se logró realizar la programación del control automático de velocidad mediante variador de frecuencia en la dosificación de agregados pétreos, en la Empresa MAUSAA SA, mediante el Programa LOGO! Soft, el cual se diseñó a través del lenguaje de diagrama de contactos.

4.3 Recomendaciones

- En relación con el diseño del control automático de velocidad mediante el variador de frecuencia en la generación de asfalto, se recomienda, automatizar los demás procesos que posee la constructora con la finalidad de generar una mayor precisión obteniendo productos de mayor calidad en un menor tiempo.
- En relación con los elementos de entrada y los elementos de salida del proceso, se recomienda, realizar un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de conservar el sistema en óptimas condiciones y así ampliar la vida útil de estos elementos.
- Finalmente, en relación con la programación del control automático de velocidad mediante variador de frecuencia, se recomienda, incluir un interfaz HMI con la finalidad de supervisar y controlar el proceso de manera permanente y a distancia.

CAPÍTULO V
REFERENCIAS

5.1 Bibliografía

- Álvarez, M. (2000). *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR*. Barcelona, España: Marcombo SA
- Arboleda, J. (2016). *Mejora de la producción con el diseño de un sistema automatizado para la mezcla de arena y sustrato en Vivero Génesis S.A.C.* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo. Perú
- Domínguez, D. (2016). *Propuesta de automatización de una columna de rectificación por destilación continua.* (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnico Nacional de México. México
- Fuentes, R. (2013). *Automatismo Lógicos Programables y reconfigurables.* Monterrey, México: Editorial Digital
- García, A. (2005). *El control automático en la industria.* Cuenca, España: Ediciones de la Universidad de Castilla – La Mancha.
- López, A. (2007). *Diseño de una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga de una planta de asfalto.* (Tesis de Pregrado). Universidad de La Salle. Bogotá. Colombia
- Medina, F. (2006). *Especificación de dispositivos de control automático para optimizar el proceso de mezcla de salsa en la Empresa CMPC Planta Valdivia.* (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile. Chile
- Mena, R. (2017). *Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito.* (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Ecuador

- Recalde, L. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de mezcla para inyección de gas en motores de combustión interna a Diesel*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional de Quito. Ecuador
- Roldan, J. (2011). *Automatismos Industriales*. Madrid, España: Paraninfo

5.2 Direcciones Web

- Dirección web N°1
<https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona-60877.htm>
- Dirección web N°2
<http://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- Dirección web N°3
<http://www.infopl.com/descargas/218-siemens/automatas/logo/2402-introduccion-programación-logo>
- Dirección web N°4
<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>
- Dirección web N°5
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logos.pdf
- Dirección web N°6
<http://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/>
- Dirección web N°7
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11811/Capitulo4.pdf>
- Dirección web N°8
<https://www.ammann-group.com/la-es/plants/automation-software/asphalt-automation-software>
- Dirección web N°9
[https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normascarreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20%20\(Ver%20si%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normascarreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20%20(Ver%20si%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)
- Dirección web N°10
http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EG-2000/cap4/seccion410.htm

CAPÍTULO VI
GLOSARIO DE TERMINOS

6.1 Glosario de Términos

- a) **Actuador:** Es un elemento que recibe una orden desde el regulador o controlador y la adapta a un nivel adecuado según la variable de salida necesaria para accionar el elemento final de control, planta o proceso.
- b) **Agregados:** Compuestos de materiales geológicos tales como la piedra, la arena y la grava, se utilizan virtualmente en todas las formas de construcción.
- c) **Agregado Pétreo:** Son materiales triturados, provenientes de canteras propias, óptimas para su uso, y las cuales cumplen todos los estándares de calidad, seguridad y respeto por el medio ambiente.
- d) **Control automático:** El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado y utilizando la diferencia para proceder a reducirla.
- e) **Dosificación:** La dosificación consiste en determinar o regular la cantidad de un material o sustancia que debe añadirse en cada etapa de un proceso.
- f) **Granulometría:** Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamices.
- g) **Mezcla:** Combinación de dos o más sustancias.
- h) **Potencia:** Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.
- i) **Proceso:** Operación progresiva marcada por una serie de cambios graduales controlados que conducen a un resultado o propósito determinado.

- j)** Sistema: Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.
- k)** Tolva: Es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros.
- l)** Transductor: Transforma una magnitud física en otra que es capaz de interpretar el sistema.
- m)** Unidad de control: Gobierna la salida en función de una señal de activación.
- n)** Unidad de realimentación: Está formada por uno o varios elementos que captan la variable de salida, la acondicionan y trasladan a la unidad de comparación.

CAPÍTULO VII

ÍNDICES

7.1 Índice de Gráficos

Gráfico 1: Organigrama de la Empresa Mausaa SA.....	14
Gráfico 2: Proceso a automatizar.....	46
Gráfico 3: Circuito eléctrico de mando.....	49
Gráfico 4: Circuito eléctrico de potencia.....	50
Gráfico 5: Diagrama de conexión al PLC.....	51
Gráfico 6: Primer segmento de programación.....	55
Gráfico 7: Segundo segmento de programación.....	56
Gráfico 8: Tercer segmento de programación.....	57
Gráfico 9: Cuarto segmento de programación.....	58
Gráfico 10: Quinto segmento de programación.....	59

7.2 Índice de Tablas

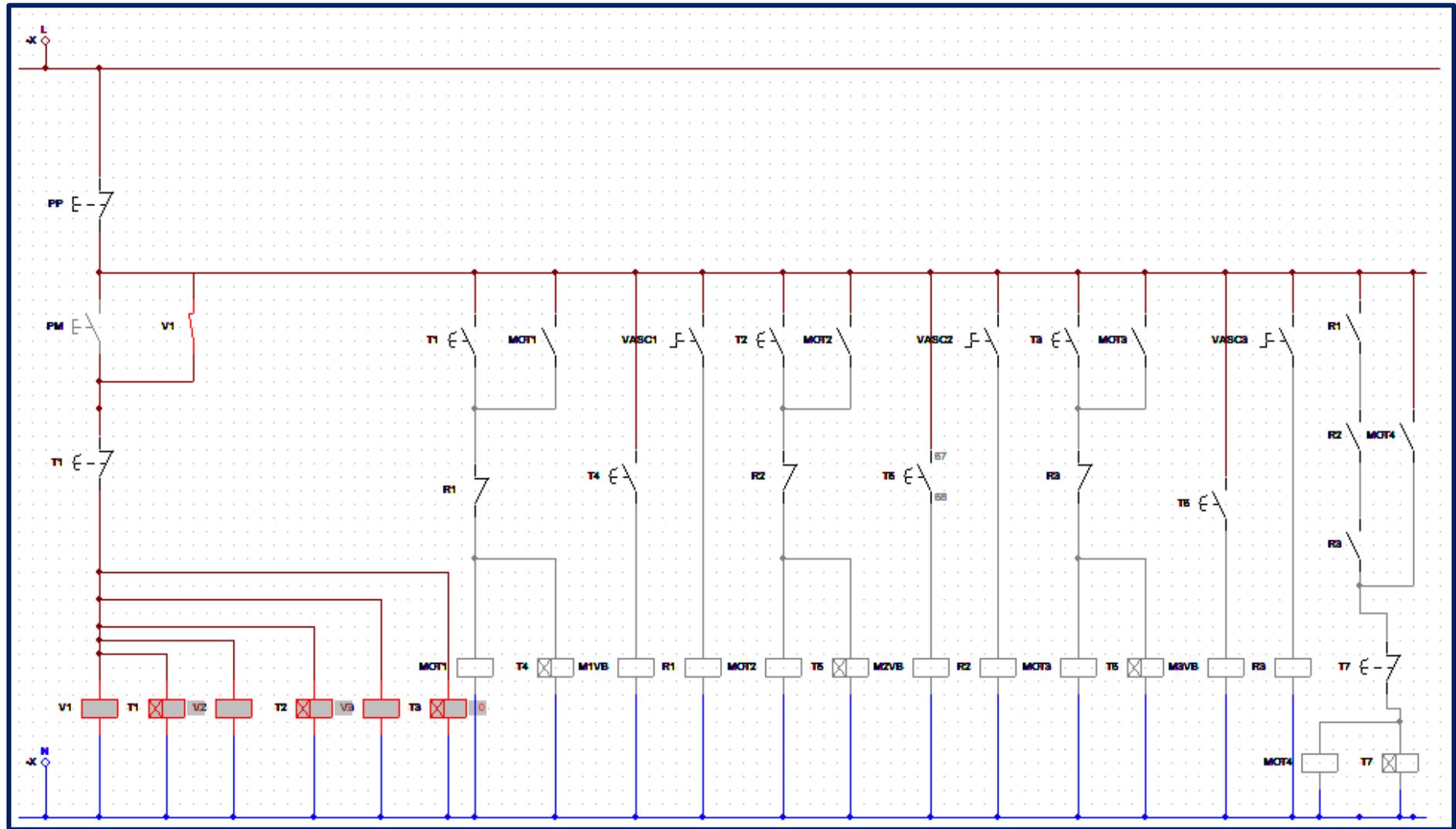
Tabla 1: Elementos de entrada del proceso.....	47
Tabla 2: Elementos de salida del proceso.....	47
Tabla 3: Direccionamiento de entradas al PLC.....	48
Tabla 4: Direccionamiento de salidas al PLC.....	48
Tabla 5: Resultado del análisis granulométrico por tamizado antes de la automatización.....	60
Tabla 6: Resultado 1 del análisis granulométrico por tamizado después de la automatización.....	61
Tabla 7: Resultado 2 del análisis granulométrico por tamizado después de la automatización.....	61
Tabla 8: Resultado 3 del análisis granulométrico por tamizado después de la automatización.....	62

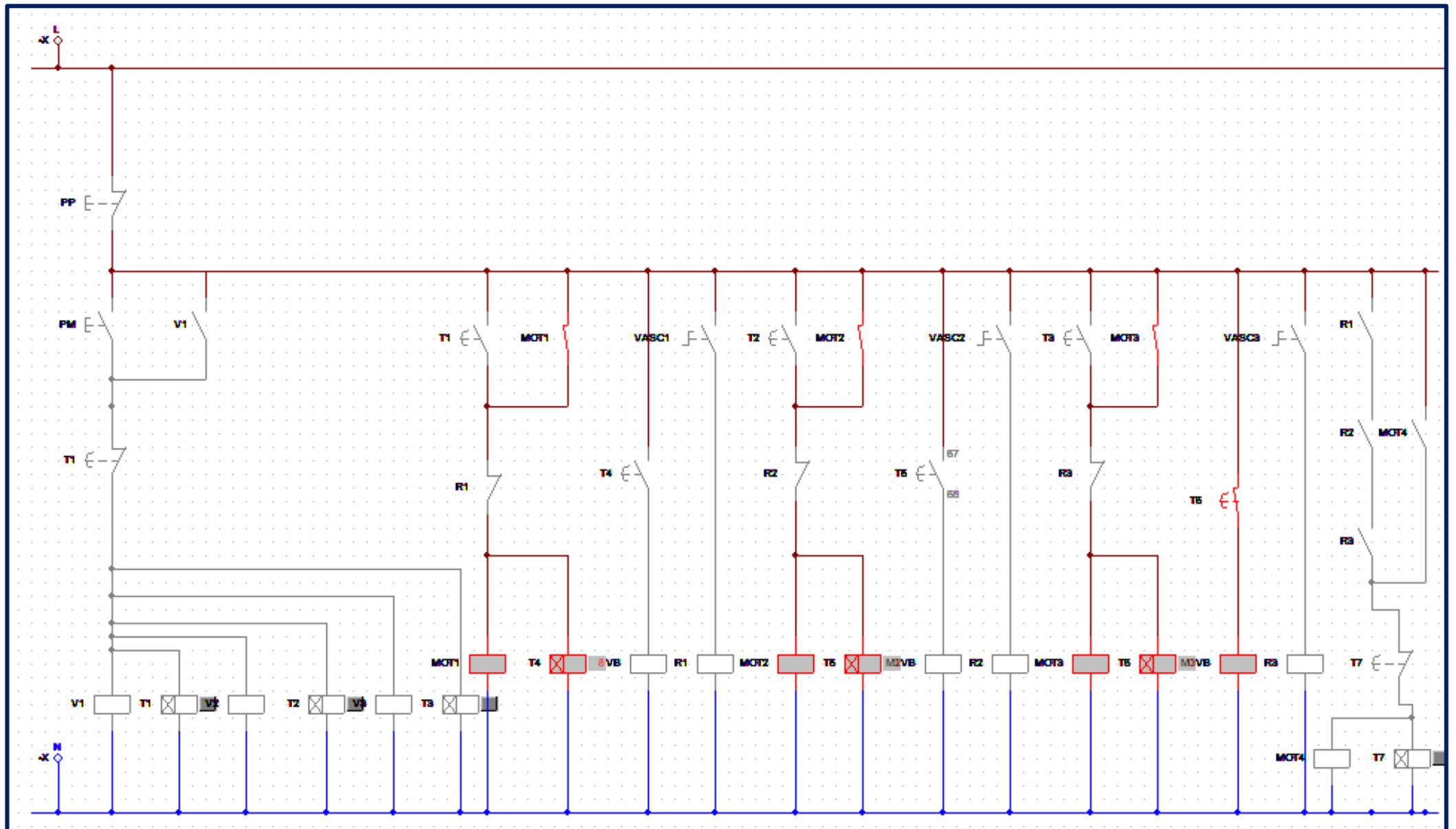
CAPÍTULO VII

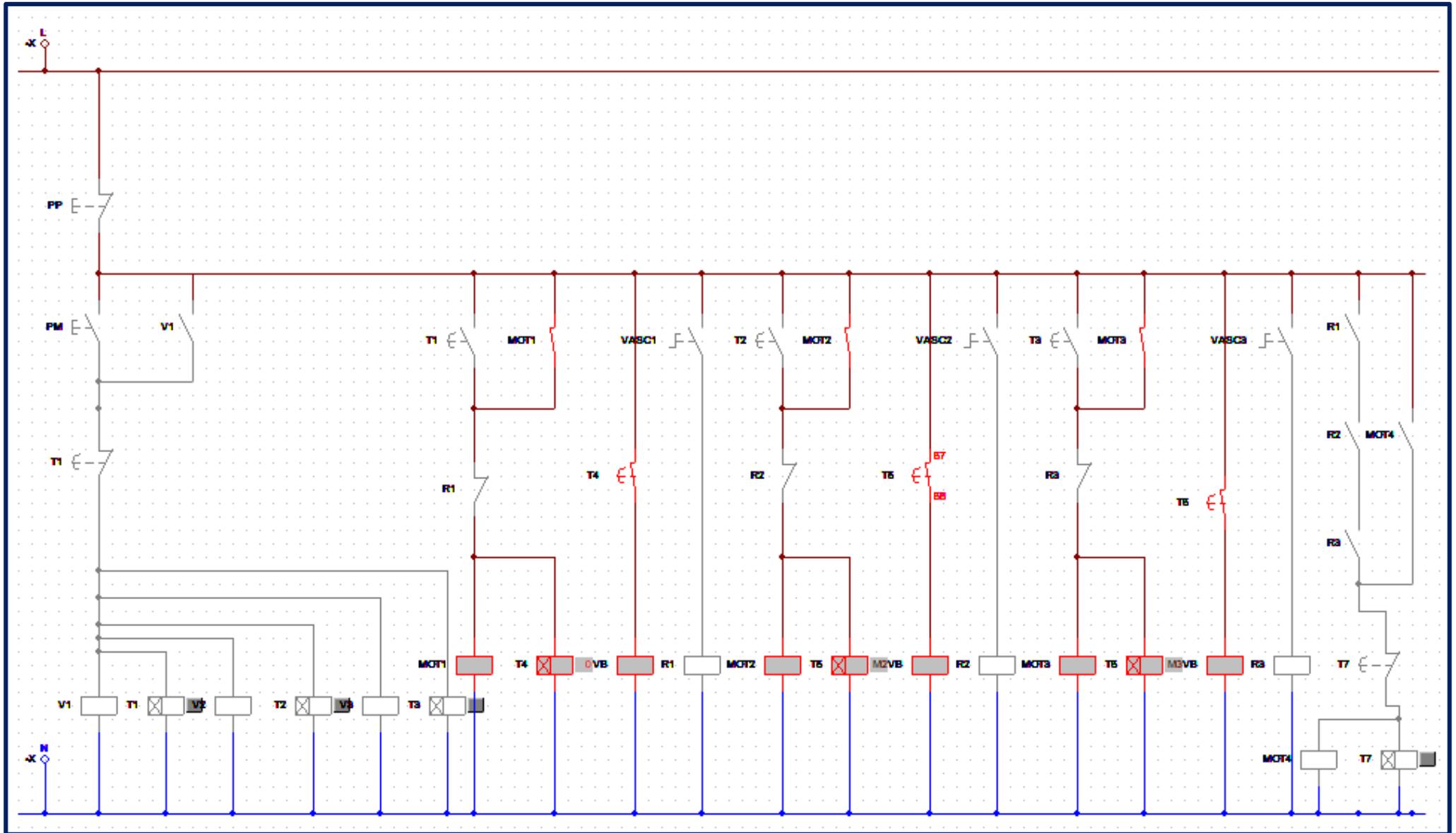
ANEXOS

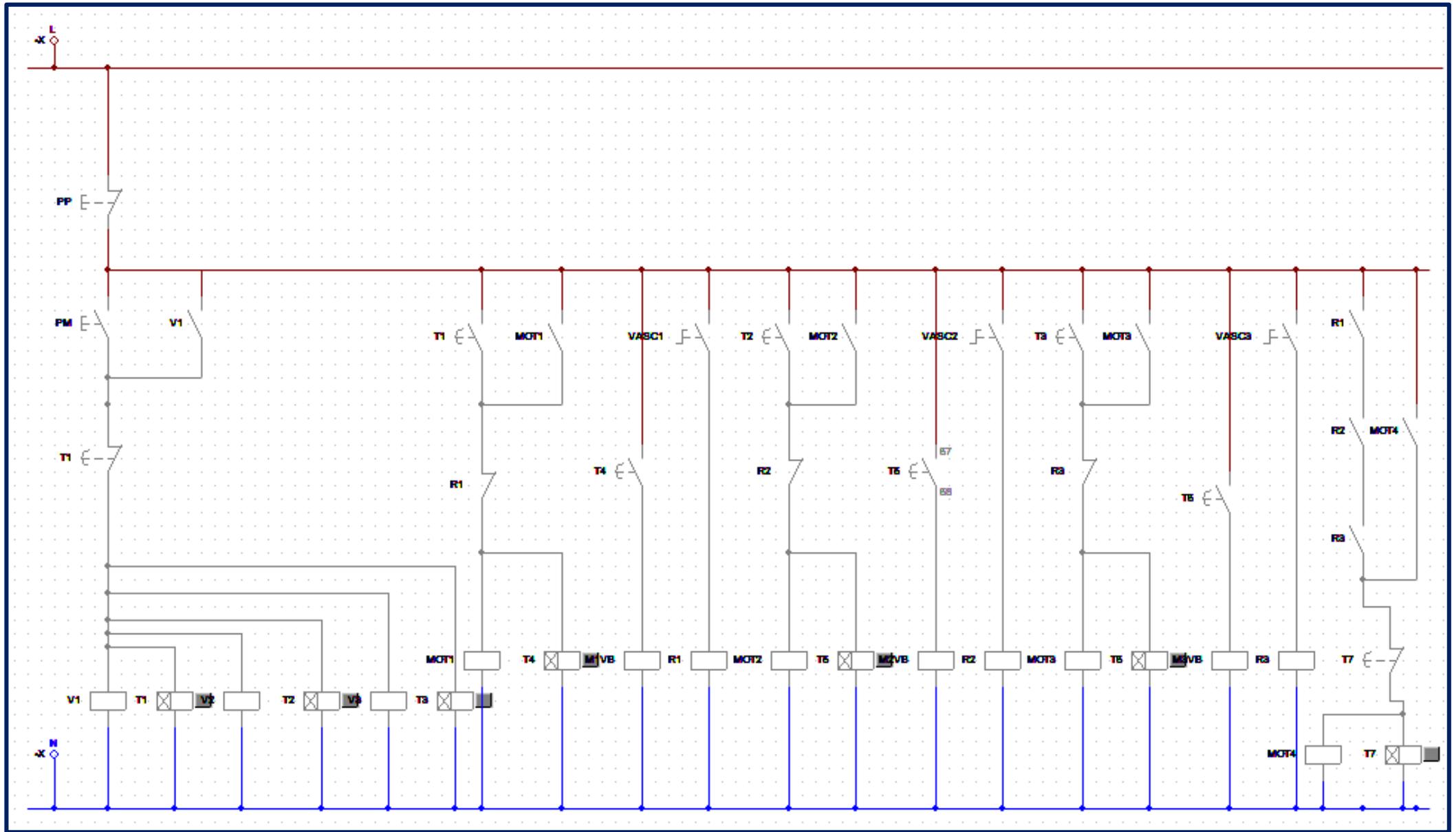
ANEXO 1

SIMULACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO









ANEXO 2

SIMULACIÓN DEL AUTOMATISMO

