



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**“CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA MEJORA DE LA REGULACIÓN
DE PRESIÓN Y CAUDAL DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS, EN
LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 10.5 KV, TINYAHUARCO -
PASCO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

HENRY GUSTAVO SALINAS MACHACA

ASESOR

MG. ING. JUAN CARLOS MARCA DELGADO

LIMA, OCTUBRE 2019

DEDICATORIA

A mis padres y a toda mi familia por estar siempre apoyándome, por sus múltiples palabras de aliento; este trabajo se los dedico a ustedes.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por darme la vida, a mi familia por ser siempre la mayor fuente de motivación en toda la etapa de mi desarrollo profesional. Gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
Índice de Tablas	6
Índice de Figuras	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	15
1.2 Definición del Problema	17
1.3 Objetivos del Proyecto	18
1.4 Justificación de la Investigación.....	18
1.5 Limitaciones del estudio.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes Bibliográficos.....	21
2.2 Bases Teóricas	23
2.3 Definición de términos básicos	37
CAPÍTULO III: PROPUESTA DE DISEÑO.....	38
3.1 Descripción del Diseño	39
3.2 Desarrollo del Diseño.....	45
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	59
4.1 Diseño metodológico	60
4.2 Diseño muestral.....	60
4.3 Técnicas de recolección de datos.....	61
4.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	61
4.5 Aspectos éticos.....	61
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	62
5.1 Resultados.....	63

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	66
6.1 Discusión	67
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	72
ANEXOS	73
Anexo 1	74
Anexo 2	75
Anexo 3	76
Anexo 4	78
Anexo 5	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de los sensores.....	40
Tabla 2: Componentes del sistema a automatizar.....	41
Tabla 3: Ubicación de los rociadores.....	60
Tabla 4: Media aritmética presión (psi) automático y manual	63
Tabla 5: Media aritmética caudal (gpm) automático y manual.....	63
Tabla 6: T-Student presión (psi) automático y manual	64
Tabla 7: T-Student caudal (gpm) automático y manual.....	64
Tabla 8: Tabla T- Student.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Controladores lógicos programables.....	23
Figura 2:	PLC Nano.....	24
Figura 3:	PLC Modular.....	24
Figura 4:	PLC Compacto.....	25
Figura 5:	Operación del PLC.....	25
Figura 6:	Lenguajes de programación del PLC.....	26
Figura 7:	Símbolos del lenguaje diagrama escalera.....	27
Figura 8:	Sistemas de protección contra incendios.....	27
Figura 9:	Triangulo del fuego.....	31
Figura 10:	Proceso químico de combustión.....	32
Figura 11:	Detector de gas de combustión.....	33
Figura 12:	Detector de humo.....	34
Figura 13:	Detector de temperatura.....	34
Figura 14:	Detector infrarrojo.....	35
Figura 15:	Sistemas de agua pulverizada.....	35
Figura 16:	Válvula diluvio.....	36
Figura 17:	Boquillas de pulverización.....	36
Figura 18:	Rociadores automáticos.....	37
Figura 19:	Sistema contra incendio del área del patio principal.....	42
Figura 20:	Sistema contra incendio del área de tableros de distribución.....	43
Figura 21:	Sistema contra incendio del área sala de control.....	44
Figura 22:	Sistema contra incendio automatizado.....	47
Figura 23:	Segmento 1 de la programación.....	50

Figura 24: Segmento 2 de la programación.....	51
Figura 25: Segmento 3 de la programación.....	51
Figura 26: Segmento 4 de la programación.....	54
Figura 27: Segmento 5 de la programación.....	55
Figura 28: Segmento 6 de la programación.....	55
Figura 29: Segmento 7 de la programación.....	57
Figura 30: Segmento 8 de la programación.....	58
Figura 31: Segmento 9 de la programación.....	58
Figura 32: Procesamiento de los datos en el SPSS.....	65

RESÚMEN

La presente tesis tiene como objetivo mejorar la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, mediante un control automático, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco departamento de Pasco. Para ello se determinó inicialmente los elementos de entrada y salida a utilizar en el automatismo, siendo estos 16 sensores (elementos de entrada), así como 5 electroválvulas, 3 electrobombas y 3 variadores de frecuencia (elementos de salida); seguidamente se realizó la programación con el Controlador Lógico Programable SIEMENS PLC - S7 1200 por medio de Esquema de contactos. Finalmente se obtuvo como resultado que la presión del sistema contra incendios ha variado notablemente en un 245%, esto debido a que con el sistema manual los valores de presión variaban en un rango mínimo, debido a que el diseño que se realizó inicialmente no se tomó en cuenta las consideraciones de la norma NFPA – 13, por lo que se obvió el factor K (Coeficiente de descarga del rociador) y la presión de fricción que se debe agregar a la presión mínima en cada tramo. Asimismo, los valores de caudal han sufrido una variación del 58%, esto debido a que en la fórmula empleada ($q = K\sqrt{P_t} \text{ gpm}$), se debe reemplazar el factor K, y la presión mínima de cada rociador, y como estos no estaban bien diseñados se obtiene dicho valor de variación.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to improve the regulation of pressure and flow of a fire system, through an automatic control, in the electrical substation of 10.5 kV, Tinyahuarco department of Pasco. For this, the input and output elements to be used in the automation were initially determined, these 16 sensors (input elements), as well as 5 electrovalves, 3 electropumps and 3 frequency inverters (output elements); The programming was then carried out with the SIEMENS PLC - S7 1200 Programmable Logic Controller by means of a contact diagram. Finally, it was obtained that the pressure of the fire system has varied notably by 245%, this is due to the fact that with the manual system the pressure values varied in a minimum range, because the design that was initially carried out was not taken into account the considerations of NFPA - 13, so it is obvious the K factor (sprinkler discharge coefficient) and the friction pressure that must be added to the minimum pressure in each section. Also, the values of flow have undergone a variation of 58%, this because in the formula used ($q = K\sqrt{P_t} \text{ gpm}$), the K factor must be replaced, and the minimum pressure of each sprinkler, and as these were not well designed, this variation value is obtained.

INTRODUCCIÓN

La Sub Estación Eléctrica de 10.5 KV, forma parte del sistema de distribución de media tensión de la Red Eléctrica dorsal del Centro del Perú, el cual abastece de energía al distrito de Tinyahuarco, ubicado en la provincia de Cerro de Pasco la cual pertenece a el departamento de Pasco; cuya población del distrito asciende a 6,755 habitantes. Dicha subestación está dividida en tres áreas, el área de patio donde se encuentra los transformadores, seccionadores, postes, generadores, el área donde se encuentran los tableros que albergan interruptores y equipos de protección, finalmente está el área de la sala de control la cual se encuentra en el sótano de la subestación.

El problema de la investigación se da a causa, de que el sistema contra incendios actual no fue diseñado bajo alguna norma, por lo que no se evaluó el nivel de riesgo de la subestación eléctrica, a causa de esto se seleccionó erradamente el rociador ocasionando un incorrecto valor de su caudal y presión, por lo que el radio de cobertura no llega a abarcar la zona afectada, además la temperatura de activación del rociador no es la apropiada, ya que con el factor K mal diseñado todo el sistema de rociadores no opera según los establecido por la norma NFPA 13.

Otro punto que indicar del diseño anterior es que solo se hizo uso de válvulas de alarma, que trabajan con tubería húmedas (agua a presión), las cuales tienen dentro de sus desventajas la presencia de corrosión de las tuberías, como consecuencia de este desperfecto la presión baja, lo que conlleva a enviar una señal al panel contra

incendios, el cual da la activación de las válvulas de alarma, lo que ocasionaría que el sistema de extinción empiece a operar generando cortocircuitos en la subestación.

Todos estos acontecimientos no se pueden detectar y controlar a tiempo, debido a que el diseño no cumple con la norma NFPA, evidenciando que, ante problemas de generación de fuego, dentro de la subestación eléctrica, el sistema contra incendio no responde adecuadamente a los requerimientos; motivo por el cual ya se han informado 4 servicios del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios, de los cuales 2 (50%) corresponden a clasificaciones de llamados por incendios estructurales eléctricos;

Uno de los casos de incendio y explosión se ha reportado en el año 2018, en el área de patio, precisamente en el transformador, esto se ha dado a causa de un corto circuito, el cual ha traído consigo una sobrepresión y como es de saber los transformadores no están diseñados para soportar altas fluctuaciones de presión.

El otro caso de incendio y explosión, se ha reportado en el tablero eléctrico de baja tensión, en el año 2017, donde ha ocurrido una falla interna del interruptor, esto a causa de que están expuestos a un alto nivel térmico, además días antes ya se había presentado una falla del mismo, por lo que se realizó un arreglo, y tal como se dieron los casos este no habría sido reparado de manera correcta; estos dos incidentes han dejado sin energía a los pobladores del distrito de Tinyahuarco.

Es así como, este problema trae como consecuencias pérdidas económicas muy elevadas, debido a los costos de recuperación de materiales y/o componentes que

este tipo de acontecimiento genera, así como de instalación y mantenimiento que se debe realizar nuevamente a la subestación eléctrica; es importante indicar que estos problemas se pueden mejorar al optar por un sistema de control y detección automático del fuego, que regule óptimamente la presión y caudal de sus rociadores.

En ese sentido y con la finalidad de mejorar la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, mediante un control automático, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco, se describe la presente Tesis en seis capítulos.

En el Capítulo I, se describe la realidad problemática, sobre la cual se sustenta y justifica mi investigación, precisando la definición del problema, y los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico en el que se sustenta mi propuesta de solución, describiendo los antecedentes de investigación, así como las bases teóricas en relación con la variable independiente y dependiente.

En el Capítulo III, se describe y desarrolla la propuesta de solución, con relación con el control automático de la presión y caudal del sistema contra incendios.

En el Capítulo IV, se hace referencia a la metodología de la investigación, que contiene los siguientes puntos diseño metodológico, diseño muestral, técnicas de recolección de datos, técnicas estadísticas para el procesamiento de la información y aspectos éticos de la investigación. En el Capítulo V, se muestra los resultados. Finalmente, en el Capítulo VI, se desarrolla la discusión de la investigación.

CAPÍTULO I
REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La Sub Estación Eléctrica de 10.5 KV, forma parte del sistema de distribución de media tensión de la Red Eléctrica dorsal del Centro del Perú, el cual abastece de energía al distrito de Tinyahuarco, ubicado en la provincia de Cerro de Pasco la cual pertenece a el departamento de Pasco; cuya población del distrito asciende a 6,755 habitantes. Dicha subestación está dividida en tres áreas, el área de patio donde se encuentra los transformadores, seccionadores, postes, generadores, el área donde se encuentran los tableros que albergan interruptores y equipos de protección, finalmente está el área de la sala de control la cual se encuentra en el sótano de la subestación.

El problema de la investigación se da a causa, de que el sistema contra incendios actual no fue diseñado bajo alguna norma, por lo que no se evaluó el nivel de riesgo de la subestación eléctrica, a causa de esto se seleccionó erradamente el rociador ocasionando un incorrecto valor de su caudal y presión, por lo que el radio de cobertura no llega a abarcar la zona afectada, además la temperatura de activación del rociador no es la apropiada, ya que con el factor K mal diseñado todo el sistema de rociadores no opera según los establecido por la norma NFPA 13.

Otro punto que indicar del diseño anterior es que solo se hizo uso de válvulas de alarma, que trabajan con tubería húmedas (agua a presión), las cuales tienen dentro de sus desventajas la presencia de corrosión de las tuberías, como consecuencia de este desperfecto la presión baja, lo que conlleva a enviar una señal al panel contra incendios, el cual da la activación de las válvulas de alarma,

lo que ocasionaría que el sistema de extinción empiece a operar generando cortocircuitos en la subestación.

Todos estos acontecimientos no se pueden detectar y controlar a tiempo, debido a que el diseño no cumple con la norma NFPA, evidenciando que, ante problemas de generación de fuego, dentro de la subestación eléctrica, el sistema contra incendio no responde adecuadamente a los requerimientos; motivo por el cual ya se han informado 4 servicios del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios, de los cuales 2 (50%) corresponden a clasificaciones de llamados por incendios estructurales eléctricos;

Uno de los casos de incendio y explosión se ha reportado en el año 2018, en el área de patio, precisamente en el transformador, esto se ha dado a causa de un corto circuito, el cual ha traído consigo una sobrepresión y como es de saber los transformadores no están diseñados para soportar altas fluctuaciones de presión.

El otro caso de incendio y explosión, se ha reportado en el tablero eléctrico de baja tensión, en el año 2017, donde ha ocurrido una falla interna del interruptor, esto a causa de que están expuestos a un alto nivel térmico, además días antes ya se había presentado una falla del mismo, por lo que se realizó un arreglo, y tal como se dieron los casos este no habría sido reparado de manera correcta; estos dos incidentes han dejado sin energía a los pobladores del distrito de Tinyahuarco.

Es así como, este problema trae como consecuencias pérdidas económicas muy elevadas, debido a los costos de recuperación de materiales y/o componentes que este tipo de acontecimiento genera, así como de instalación y mantenimiento que se debe realizar nuevamente a la subestación eléctrica; es importante indicar que estos problemas se pueden mejorar al optar por un sistema de control y detección automático del fuego, que regule óptimamente la presión y caudal de sus rociadores.

1.2 Definición del Problema

1.2.1 Problema General.

¿Cómo mejorar la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, mediante un control automático, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco - Pasco?

1.2.2 Problemas Específicos.

- ¿Cuáles son los elementos de entrada y salida, así como el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable a utilizar en el control automático, para la mejora de la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco - Pasco?
- ¿Cuál es la programación del PLC, en el control automático, para la mejora de la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco - Pasco?

1.3 Objetivos del Proyecto

1.3.1 Objetivo General.

Mejorar la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, mediante un control automático, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.

1.3.2 Objetivos de la Investigación.

- Determinar los elementos de entrada y salida, así como el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable a utilizar en el control automático, para la mejora de la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.
- Desarrollar la programación del PLC, en el control automático, para la mejora de la regulación de presión y caudal de un sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.

1.4 Justificación de la Investigación

1.4.1 Importancia de la Investigación.

La importancia de esta investigación se basa en el aporte de un diseño que reduzca las pérdidas económicas, y los efectos contra la salud de los operarios; asimismo evitara que toda la población se quede sin fluido eléctrico, el cual es de suma importancia tanto para sus necesidades básicas como para el sistema productivo del distrito.

1.4.2 Viabilidad de la Investigación

El proyecto resulta viable ya que según el análisis, se puede conseguir los aspersores y detectores, internos y externos al sistema, asimismo es viable con la tecnología, ya que por medio de la identificación de los sensores y actuadores del sistema se logrará identificar el PLC más adecuado.

1.5 Limitaciones del estudio

- La limitación que se presentó en esta investigación fue en la recolección de información dentro de la subestación eléctrica, para obtener los valores de las variables de presión y caudal, esto debido a que el acceso es solo para los trabajadores de la subestación.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Diseño y propuesta de construcción de un sistema automático de detección, alarma y control de incendios en la subestación eléctrica cristianía N° 18 de la E.E.Q.S.A. Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, señala que: Para disminuir el riesgo se recomienda un sistema completo de detección, alarma y control de incendios en bases a sensores de humo o calor principalmente en los armarios, cuarto de baterías y en transformadores; a más de esto, para evitar la propagación de potenciales incendios y minimizar los daños en los transformadores en necesario prever la instalación de un sistema tipo diluvio con descarga automática (Pachacama, 2012).

El presente trabajo de investigación nos da una referencia del tipo de sistema a utilizar el cual es de tipo diluvio o también llamado agua pulverizada, ya que son los más adecuados para sistemas eléctricos, asimismo nos recomienda el uso de sensores de humo y temperatura, los cuales son los que se van a emplear en el presente proyecto.

Control del sistema de protección contra incendio de una turbina de gas móvil. Politécnico Nacional de México, señala que: Para realizar la selección adecuada de los dispositivos se analizó el tipo de área de trabajo, así como también los tipos de fuegos ahí presentes, lo cual evidencio las deficiencias y desventajas presentes, permitiendo de esta manera diseñar un control efectivo y de gran calidad garantizando los estándares de seguridad requeridos. Para este sistema se requiere la implementación de dos tipos distintos de sensores para su composición los cuales serán sensores de humo. Con el uso de la tecnología

como la que ofrece un controlador lógico programable de seguridad, se eleva el grado de protección en cuanto a la integridad del personal se refiere, así como, la de los dispositivos que conforman el sistema y de la propia turbina (Ángeles, Barbosa, & Vega, 2007).

En el presente trabajo de investigación haremos uso de los tipos de sensores a utilizar en sistemas eléctricos, así como del uso de la tecnología mediante un Controlador Lógico Programable, el cual no solo permitirá controlar de forma efectiva el sistema sino de que ofrecerá seguridad en cuanto a la integridad de los operadores de la subestación eléctrica.

Rediseño del sistema de prevención y protección de incendios para una fábrica procesadora de alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral de Ecuador, señala que: Inicialmente se identificó las áreas de mayor riesgo dentro de la fábrica, seguidamente se realizó el diseño y se evaluó el monto de la inversión que involucraría la consumación del sistema. Motivo que se dio una rentabilidad del 14%, la inversión del rediseño del sistema de prevención y protección contra incendios semeja a la ganancia obtenida por la empresa en 8.69 días de trabajo de la fábrica (Blum & Salazar, 2011).

El presente trabajo de investigación nos da una referencia del procedimiento a utilizar en el automatismo de un sistema contra incendio, el cual consiste en identificar las áreas más críticas de la locación, asimismo el diseño permite la protección del medio ambiente, de los operarios y de los pobladores del distrito, los cuales son los mismos puntos por tomar en esta investigación.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Controlador Lógico Programable

El control de un proceso comprende una secuencia adecuada, de un grupo de máquinas y de equipo de manejo de materiales.

Así también en el control de un proceso interviene temporizadores, interruptores, relevadores, contadores entre otros componentes o equipos similares, basados en principios mecánicos, electromecánicos y neumáticos; los cuales están conectados a un controlador lógico programable, el cual le dará la orden para su operación.

Un Controlador Lógico Programable, es un dispositivo que puede ser programado de manera secuencial para cumplir varias tareas de forma automática.



Figura 1: Controladores lógicos programables

Fuente: <http://www.cti.nmx.com/que-es-un-plc/>

Existen variados tamaños de PLC; estos se clasifican según su tipo, lo cuales son:

- PLC Nano

Estos PLC son los más económicos para el sector industrial. Son fáciles de entender y diseñar.



Figura 2: PLC Nano

Fuente: <http://www.ctin.mx.com/que-es-un-plc/>

- PLC Modular

Se utilizan en las industrias que van a realizar un control en toda su planta, ya que se componen de miles de entradas.



Figura 3: PLC Modular

Fuente: <http://www.ctin.mx.com/que-es-un-plc/>

- PLC Compacto

Este tipo de PLC se compone de un CPU, una fuente de alimentación, así como los dispositivos de entrada y salida necesarios, pueden tener hasta 500 entradas.



Figura 4: PLC Compacto
Fuente: <http://www.ctin.mx.com/que-es-un-plc/>

El modo de operación del PLC es el siguiente:

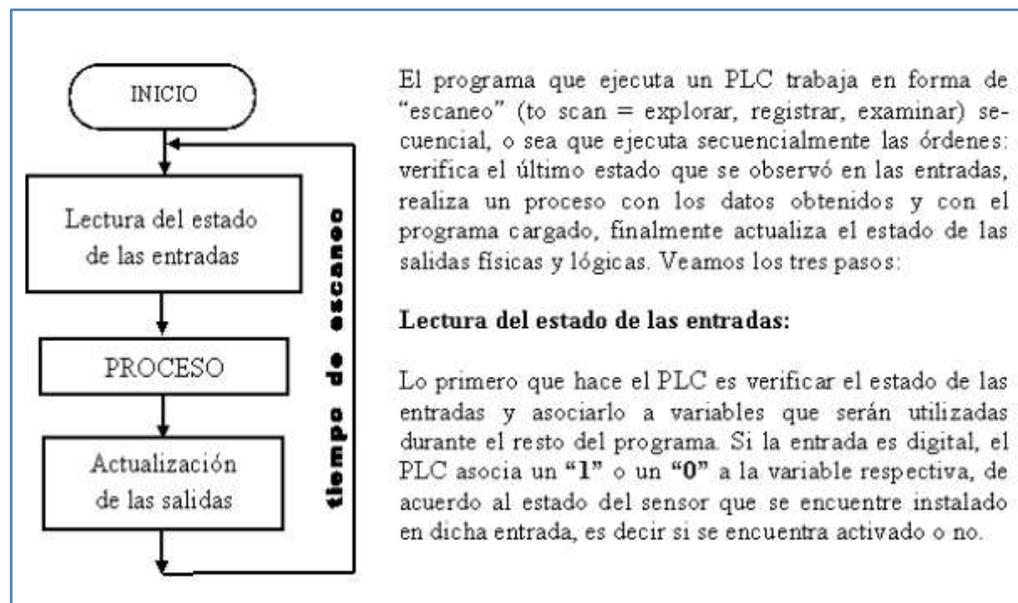


Figura 5: Operación del PLC
Fuente: <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/plc.htm>

Según la IEC 1131-3, se definen cuatro lenguajes de programación, estos idiomas o lenguajes son:

Los dos textuales son:

- Lista de instrucciones (IL)
- Texto estructurado (ST)

Las dos versiones gráficas:

- Diagrama de Escalera (Ladder Diagram = LD)
- Diagrama de bloques de funciones (Function Block Diagram = FBD)

A continuación, se muestra los lenguajes de programación del controlador lógico programable.

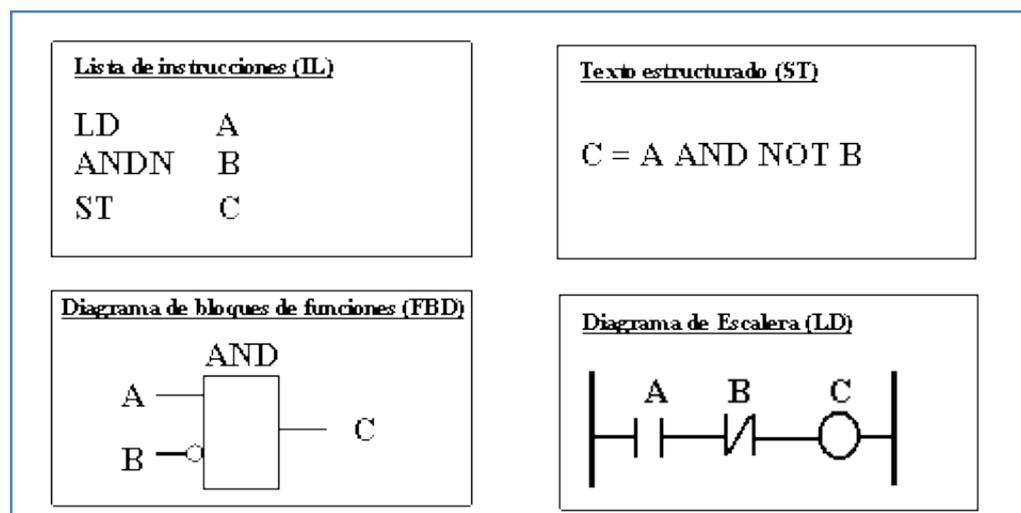


Figura 6: Lenguajes de programación del PLC

Fuente: <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/plc.htm>

El lenguaje escalera es uno de los más utilizados, por su fácil diseño y comprensión, además un gran número de controladores lógicos programables o PLC tienen el software que se adapta mejor a este tipo de lenguaje.

En la siguiente figura se muestra los símbolos más utilizados de este lenguaje.

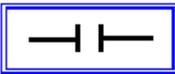
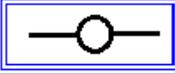
Designación	Símbolo	Estado Lógico "0" (Reposo o inactivo)	Estado Lógico "1" (Con tensión o activo)
Entrada		0 (falso)	1 (verdadero)
Entrada Negada		1 (verdadero)	0 (falso)
Salida		0 (falso)	1 (verdadero)
Salida Negada		1 (verdadero)	0 (falso)

Figura 7: Símbolos del lenguaje diagrama escalera

Fuente: <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/plc.htm>

2.2.2 Sistemas de protección contra incendio

Los sistemas de protección contra incendios tienen como función controlar el calor, humo e instalaciones mecánicas y eléctricas de toda empresa, casa o institución.



Figura 8: Sistemas de protección contra incendios

Fuente: <http://francor.com.mx/proteccion-contraincendios-en-industria/>

Los sistemas contra incendio debe ser una parte imprescindible de cualquier empresa o instalación. Estos se componen de muchos elementos que intervienen de forma activa en el proceso. Uno de los componentes de los sistemas contra incendio, son los sistemas de alarmas los cuales están compuestos por sensores de humo, gases, humedad, temperatura, entre otros elementos. Su función es alertar rápidamente sobre la premisa de un incendio inminente.

Tal como se señala, si bien es cierto que, los incendios en muchas situaciones son inevitables, lo que sí se puede hacer, es minimizar el daño de las instalaciones, a través de acciones propias para la protección activa y pasiva. Los sistemas contra incendio también pueden ser llamados como el conjunto de medidas que tiene una institución o instalación para resguardar y proteger sus bienes o servicios.

Los objetivos que tienen los sistemas contra incendio, son:

- Salvaguardan la vida de las personas.
- Evitan la propagación del fuego.
- Minimizan o mitigan los efectos de los gases tóxicos.
- Facilitan el trabajo, para un mejor acceso de los bomberos.
- Protegen los bienes materiales de una instalación o institución.
- Protegen las estructuras de las edificaciones.

Existen dos tipos de medidas para la protección, la activa y pasiva.

Las protecciones activas son aquellas que implican una acción directa en el empleo de las instalaciones y medios para la protección contra los incendios; es decir, es aquella donde intervienen la evacuación, los sistemas fijos, el empleo de los extintores, etc.

Mientras que la protección pasiva, son las medidas que están siempre presentes, y deben actuar con eficacia, sin implicar acciones directas sobre el fuego, pero de igual manera, previenen su propagación, tanto del fuego como de los humos o gases tóxicos.

Este tipo de sistema impiden la propagación del fuego a otras áreas de las instalaciones, protegen los ductos e instalaciones eléctricas, evitan las pérdidas de estabilidad de las estructuras; de esta manera facilitan la evacuación de los operarios o personas presentes dentro del siniestro, ya que, retardan la acción del fuego para que este no se extienda rápidamente a otras áreas.

Asimismo, los sistemas contra incendio cuentan con paneles de control, el cual es parte fundamental de estos sistemas; ya que, tienen como función supervisar y administrar los dispositivos de alarma y contingencia de incendios; a través de estos paneles se da el accionamiento o detenimiento de los rociadores automáticos.

Los rociadores automáticos, tienen la función de detener y extinguir los incendios. Para que estos sistemas funcionen correctamente se debe tener en cuenta el diseño, el cual debe seguir los criterios establecidos por las normas vigentes; asimismo se debe tener en cuenta que la vida útil de los rociadores automáticos dependerá en su mayoría de las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidos.

Estos elementos están conectados a las tuberías de agua presurizadas y se accionaran cuando el panel de control alerte sobre un episodio de fuego; en ese caso los rociadores descargarán una cantidad de agua necesaria sobre el área donde se ha diseñado cubrir; con lo que se estaría apagando y controlado el incendio.

Se debe tener en cuenta que un sistema contra incendio debe estar operativo las 24 horas del año, para ello está conectado a una fuente de alimentación del lugar instalado. Si fuera el caso de que se corte el fluido eléctrico, este debe contar con baterías externas; esta red eléctrica de estar conectada con el panel de control.

A. Triangulo de fuego

Cuando se desarrolla un fuego se producen una serie de reacciones químicas y físicas.

Existen tres elementos esenciales para que el fuego se propague, estos forman parte del llamado triángulo del fuego.

- **El combustible (algo que arda):**

Por ejemplo, gasolina, disolvente, etc. En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse.

- **Comburente:**

Para que se produzca la combustión es necesaria una presencia mínima de oxígeno, que por regla general va de un 15% hasta casos extremos de un mínimo de 5%.

- **La fuente de ignición o chispa:**

Calor, energía térmica, energía eléctrica. Ante la ausencia de cualquiera de estos elementos, o que no estén en la proporción necesaria, el fuego se extinguirá o no se iniciará.

En la siguiente figura se muestra el triángulo de fuego y sus tres componentes.

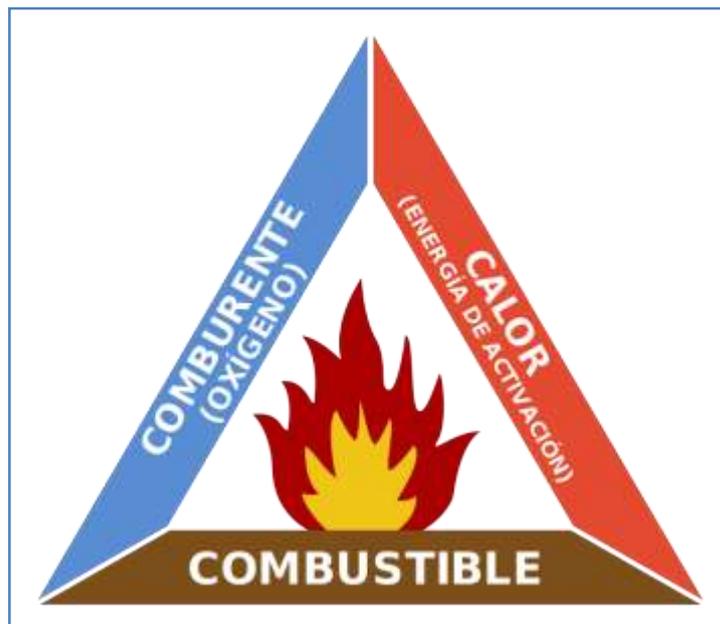


Figura 9: Triángulo del fuego

Fuente: [https:// www. embaep. gob. ec /el -tetraedro -del -fuego -reaccion -en -cadena/](https://www.embaep.gob.ec/el-tetraedro-del-fuego-reaccion-en-cadena/)

B. Proceso de combustión

El proceso de combustión es una reacción química bastante complicada en la que influyen muchas variables.

Depende, por ejemplo, del estado físico del combustible (sólido, líquido o gaseoso), de su tamaño, de la forma, etc.

El proceso de combustión se puede desarrollar con llama o sin llama superficial.

La combustión con llama se caracteriza por una velocidad de combustión relativamente alta, donde se desprende calor con rapidez y se alcanzan temperaturas elevadas.

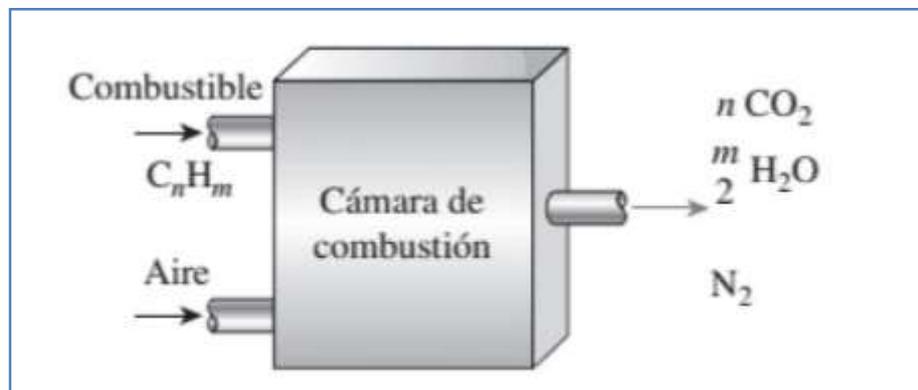


Figura 10: Proceso químico de combustión

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/11959720/>

C. Sistemas de detección y alarma

Se utilizan para detectar a tiempo el fuego y este no se propague causando daños irreparables. La detección rápida de un incendio debe ir acompañada de una correcta localización, ya que de no ser así los sistemas de detención serían ineficaces.

En el presente proyecto de investigación emplearemos los siguientes detectores:

- Detectores de gases o iónicos.
- Detectores de humos visibles (ópticos de humos).
- Detectores de temperatura fija.
- Detectores infrarrojos

- **Detectores de gases de combustión**

Detectan los gases de combustión y los humos visibles o invisibles que se producen en el incendio.



Figura 11: Detector de gas de combustión

Fuente: [http://www.fiesa.com.ar/products.php?Product=DA COR 24 -% 7C - Detector- aut % C3 % B3 nomo -de- CO %2 C- hidrocarburo -y -gases - de- combusti % C3 % B3 n](http://www.fiesa.com.ar/products.php?Product=DA%20COR%2024%20-%207C%20-%20Detector%20-%20aut%20-%20C3%20-%20B3%20nomo%20-%20de%20-%20CO%20-%20C%20-%20hidrocarburo%20-%20y%20-%20gases%20-%20de%20-%20combusti%20-%20C3%20-%20B3%20n)

- **Detectores de humos**

El humo producido por el fuego lleva en suspensión partículas de combustibles, cenizas, etc.; estas propiedades son recogidas por los detectores.



Figura 12: Detector de humo

Fuente: <http://www.Utrerdigital.com/web/2017/08/30/prevencion-de-incendios-en-hogares-con-la-instalacion-de-detectores-de-humo/>

- **Detectores de temperatura**

Detectan la temperatura cuando esta elevada del rango establecido.



Figura 13: Detector de temperatura

Fuente: <http://electronicaribio.es/detectores-automaticos-serie-320/883-detector-auto-matico-de-temperatura-bosch-fch-t320.html>

- **Detectores infrarrojos**

Detectan las radiaciones ultravioletas o infrarrojas que acompañan a las llamas.



Figura 14: Detector infrarrojo

Fuente: <https://www.altasec.cl/producto/paradox-nv5-detector-infrarrojo-pasivo/>

2.2.3 Sistema de agua pulverizada

Los Sistemas de agua pulverizada se pueden utilizar para la protección de riesgos considerados como riesgos altos, emiten agua en micropartículas tipo vapores. Estos sistemas se utilizan en áreas de almacenaje, sustancias inflamables, transformadores o equipos eléctricos de altas cargas



Figura 15: Sistemas de agua pulverizada

Fuente: <https://proyectos.habitissimo.es/proyecto/planificacion-y-proyecto-de-sistema-de-extincion-por-agua-pulverizada>

Los componentes por utilizar en el presente automatismo son los siguientes:

A. Válvula de diluvio

La Válvula de Diluvio tiene la función de apertura la salida del agua, es decir evita que el agua entre en el sistema de tuberías hasta que sea necesaria.



Figura 16: Válvula diluvio

Fuente: <https://www.dorot.com/es/campos-de-especializaci%C3%B3n/protecci%C3%B3n-contra-incendios/v%C3%A1lvulas-de-diluvio>

B. Boquillas de pulverización

Por estas boquillas sale el agua pulverizada tipo niebla muy fina que al evaporarse suprime el oxígeno y obstruyen el fuego.



Figura 17: Boquillas de pulverización

Fuente: <https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Boquillas-para-aplicaciones-industriales-Spraying-Systems-Spraydry-138625.html>

C. Rociadores automáticos

Los rociadores automáticos ante incendios son las instalaciones fijas más utilizadas en la lucha contra incendios que engloban detección, alarma y extinción de incendios.

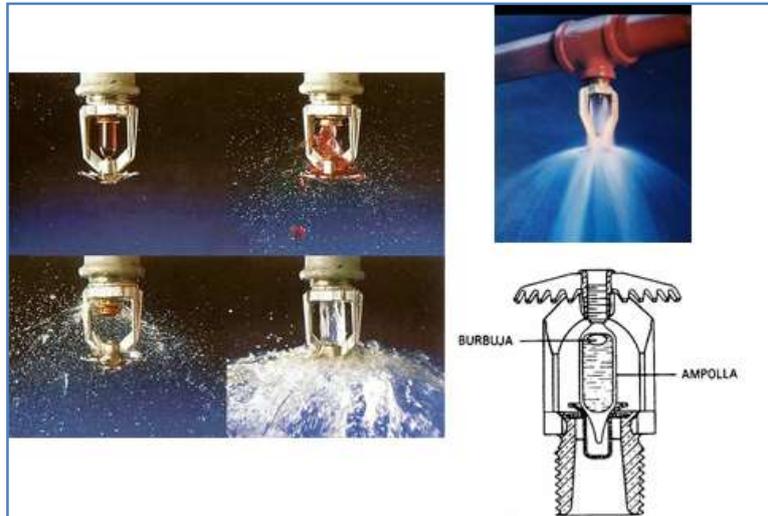


Figura 18: Rociadores automáticos

Fuente: <http://www.expower.es/rociadores-automaticos-incendios.htm>

2.3 Definición de términos básicos

- Alarma: Las alarmas se activarán con el detector de humo o temperatura, estas vienen hacer un sistema de protección en casos de incendios.
- Generador: El generador de la subestación es el encargado de producir energía mediante la transformación de la energía mecánica.
- Interruptores: Son los dispositivos que soportan las altas corrientes de un cortocircuito.
- Interruptores automáticos o disyuntores: Es un dispositivo de protección que interrumpe una sobrecarga.
- Norma NFPA: Es la norma que se emplea para la protección de incendios.
- Seccionador: Es un dispositivo de aislamiento, que pone fuera de servicio la red eléctrica.

CAPÍTULO III
PROPUESTA DEL DISEÑO

3.1 Descripción del diseño

El control automático del sistema contra incendios se realizará en las tres áreas de la subestación eléctrica de 10.5 kV, la cual tiene una área construida de 235.10 m², las tres áreas son las siguientes:

- Área del patio (Ubicación del transformador)
- Área de tableros de distribución
- Sala de control

El sistema será de tipo de agua pulverizada, estos sistemas poseen boquillas de pulverización, la cual permite que la descarga sea en finas gotas tipo niebla, estos sistemas son los más apropiados para el fuego de clase C, en los que intervienen los combustibles, además la descarga de este sistema no conduce la electricidad.

El agua pulverizada es empleada para extinción de fuegos causados por equipos eléctricos, ya que debido a que existe una carencia en la continuidad de las partículas de agua, razón por la cual impiden que la electricidad pueda conducirse a través de cada gota.

El sistema de agua pulverizada genera gran absorción de calor, y cada gota de agua se expande y evapora, abarcando un mayor espacio en comparación de otros sistemas, razón por la cual se genera una mayor eficiencia, que logra extinguir el fuego por desplazamiento y enfriamiento del vapor de agua.

Una de las ventajas es que sus componentes no contienen químicos que afecten a las vías respiratorias de los operadores, además no es conductor de la electricidad, ni produce choques térmicos ni estáticos,

Una vez detallado el tipo de sistema contra incendio, describiremos la secuencia del sistema a automatizar:

El sistema se accionará cuando el sensor de humo detecte la presencia de partículas visibles e invisibles de la combustión; el sistema contra incendio cuenta con 16 sensores de humo, y 24 rociadores la distribución de los sensores y rociadores se observa a continuación:

Tabla 1
Distribución de los sensores

ÁREA	SENSORES DE HUMO	ROCIADORES
Patio principal	8	12
Tableros	5	8
Sala de control	3	4

Fuente: Subestación eléctrica 10.5 kV de Tinyahuarco

Seguidamente se accionará la electrobomba y al mismo tiempo se aperturará las electroválvulas; la electrobomba tiene como función impulsar el agua del tanque de almacenamiento, mientras que las electroválvulas darán el pase del agua hacia las boquillas de los rociadores.

Asimismo, se cuenta con 24 rociadores, estos se accionarán independientemente, solo en el área donde se esté produciendo el fuego, es decir solo se activará los rociadores, en el área donde el sensor detecte alguna anomalía; asimismo se cuenta con tres electrobombas, cada una de ellas cubrirá 8 rociadores.

En la siguiente Tabla se muestra las características, de los componentes que forman parte del control automático del sistema contra incendio.

Tabla 2
Componentes del sistema a automatizar

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Rociadores	K=5,6 gpm/psi T=79°C	24
Sensores de humo	9 VCC Marca FIKE 20mA 85db/3m 433,92 MHz	16
Electroválvulas	220 V 300PSI UL/FM	24
Electrobombas	4HP Elevación: 92m Altura de succión: 8m Capacidad de bombeo: 110 l/min.	3

Fuente: Subestación eléctrica 10.5 kV de Tinyahuarco

En las siguientes figuras se observa el plano del área del patio principal, lugar donde se encuentra el transformador de potencia, seguidamente se observa el área de tableros de distribución y finalmente el plano del área de la sala de control lugar donde se realiza el monitoreo del sistema automatizado.

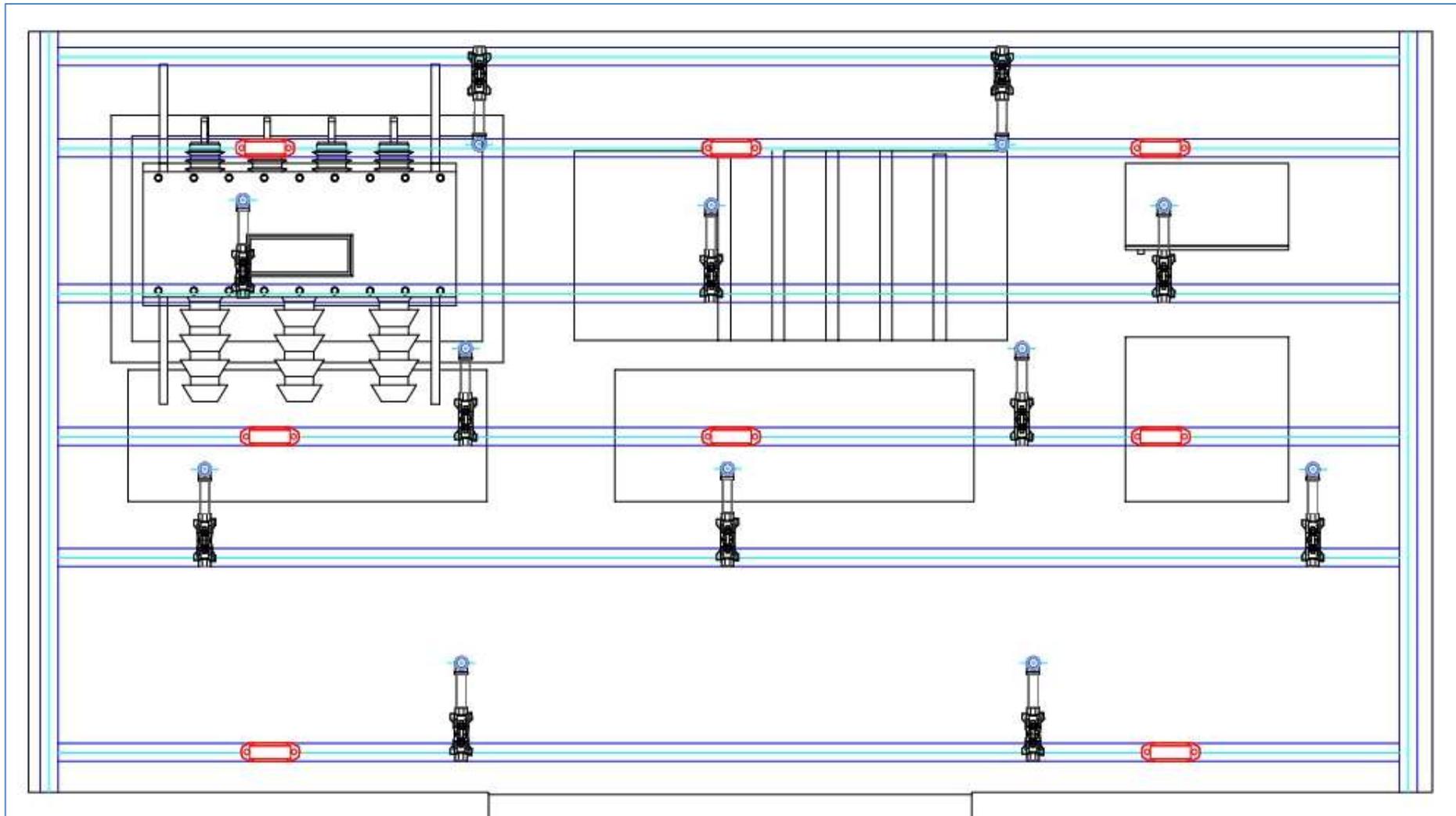


Figura 19: Sistema contra incendio del área del patio principal
Fuente: Elaboración propia

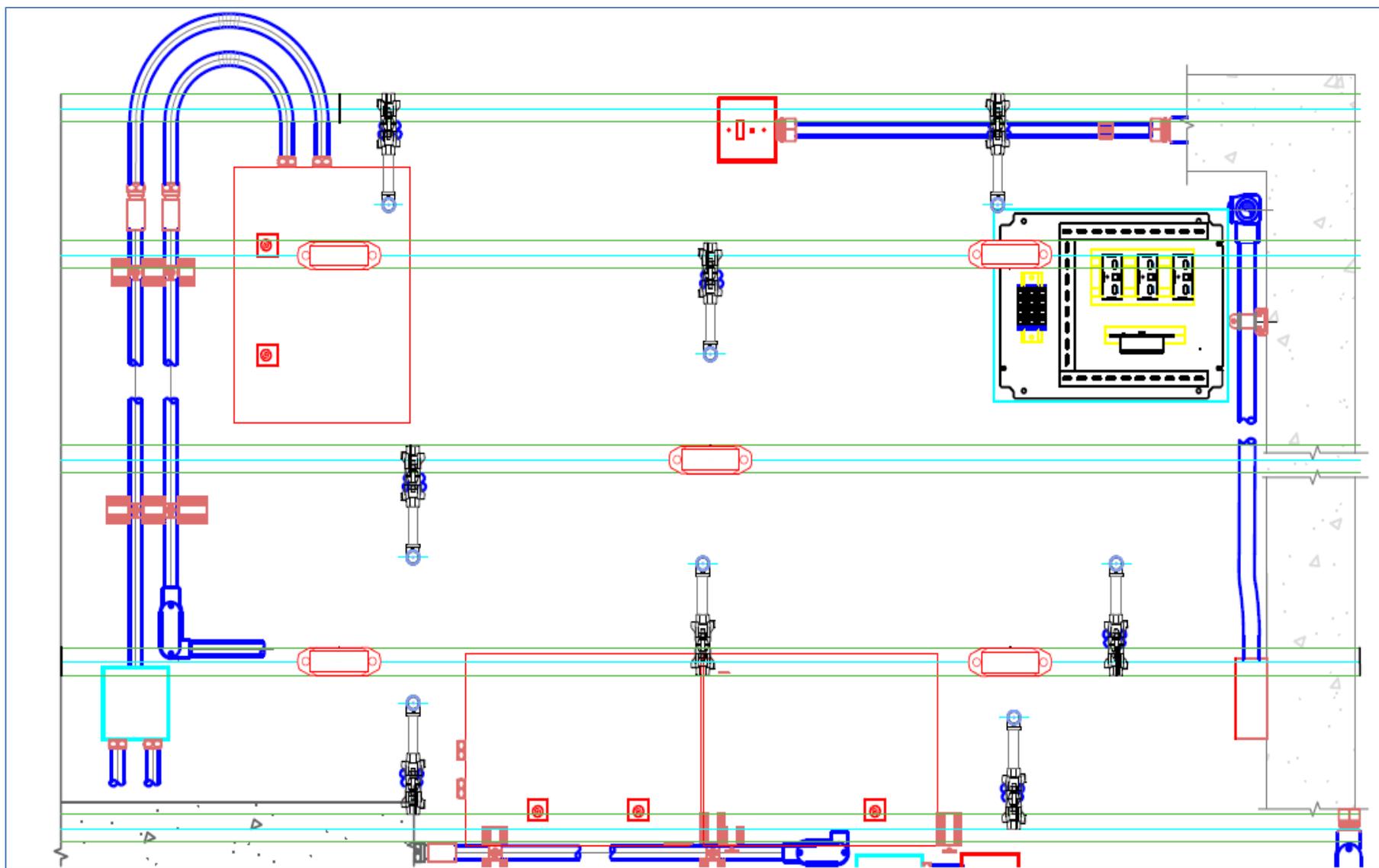


Figura 20: Sistema contra incendio del área de tableros de distribución
Fuente: Elaboración propia

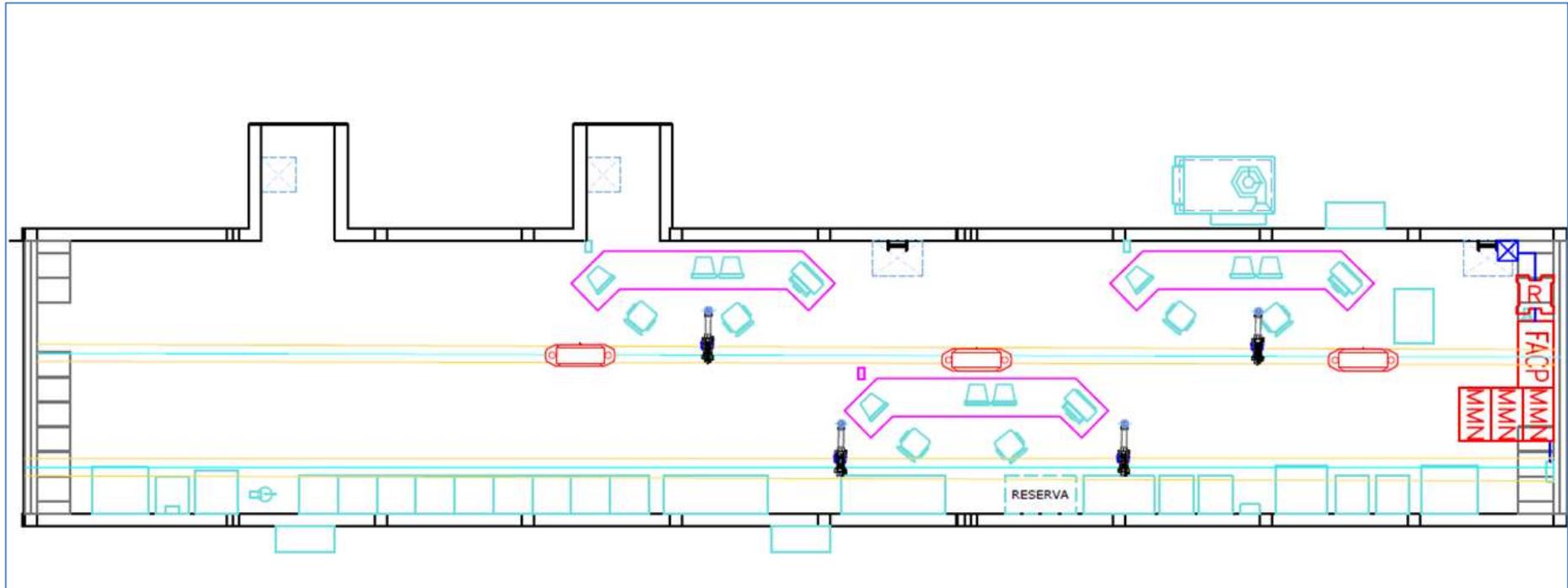


Figura 21: Sistema contra incendio del área sala de control
Fuente: Elaboración propia

3.2 Desarrollo del diseño

Con la finalidad de desarrollar el diseño de la propuesta, debemos señalar que el tipo de control a utilizar es de lazo cerrado, ya que, existe una realimentación de la señal de salida, es decir, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control. En el caso del sistema contra incendio, este se detendrá, cuando detecte que se está consiguiendo el objetivo buscado, es decir, cuando haya presencia de humo. Y se pondrá en marcha, no a una hora establecida, sino en cualquier momento en que la temperatura se sitúe por encima de un valor determinado.

Una vez descrito el diseño del automatismo, a continuación, se establece los elementos de entrada y salida, para la mejora de la regulación de presión y caudal del sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.

Elementos de entrada:

- Sensor a1, a2, a3, a4, a5, a6
- Sensor b1, b2
- Sensor c1, c2,
- Sensor d1, d2, d3
- Sensor e1, e2, e3

Elementos de salida:

- Electroválvula A, B, C, D, E.
- Electrobomba 1, 2, 3.
- Variador 1, 2, 3.

Determinado los elementos de entrada y salida en el control automático, se dimensiona el Controlador Lógico Programable a utilizar en el Sistema contra incendio, el cual es el PLC-S71200, asimismo este controlador estará conectado con 3 variadores, por cada 8 rociadores que están conectado a una bomba.

La elección del PLC, se da inicialmente a partir del número de sensores y actuadores que se necesiten para controlar el proceso; para la automatización del sistema contra incendio, se requiere una alimentación de 24 VDC. En este sentido, el PLC 1200 cumple con las características del proceso, ya que el trabajo es continuo. Además, es importante señalar que otro punto a considerar para determinar el tipo de controlador a utilizar, es la comercialización o demanda, lo mismo que hace que siempre haya disponibilidad en cuanto a módulos o accesorios a utilizar en el proceso automatizado. Su precio es también accesible, en comparación a otros controladores.

A continuación, se muestra la conexión del sistema contra incendio automatizado.

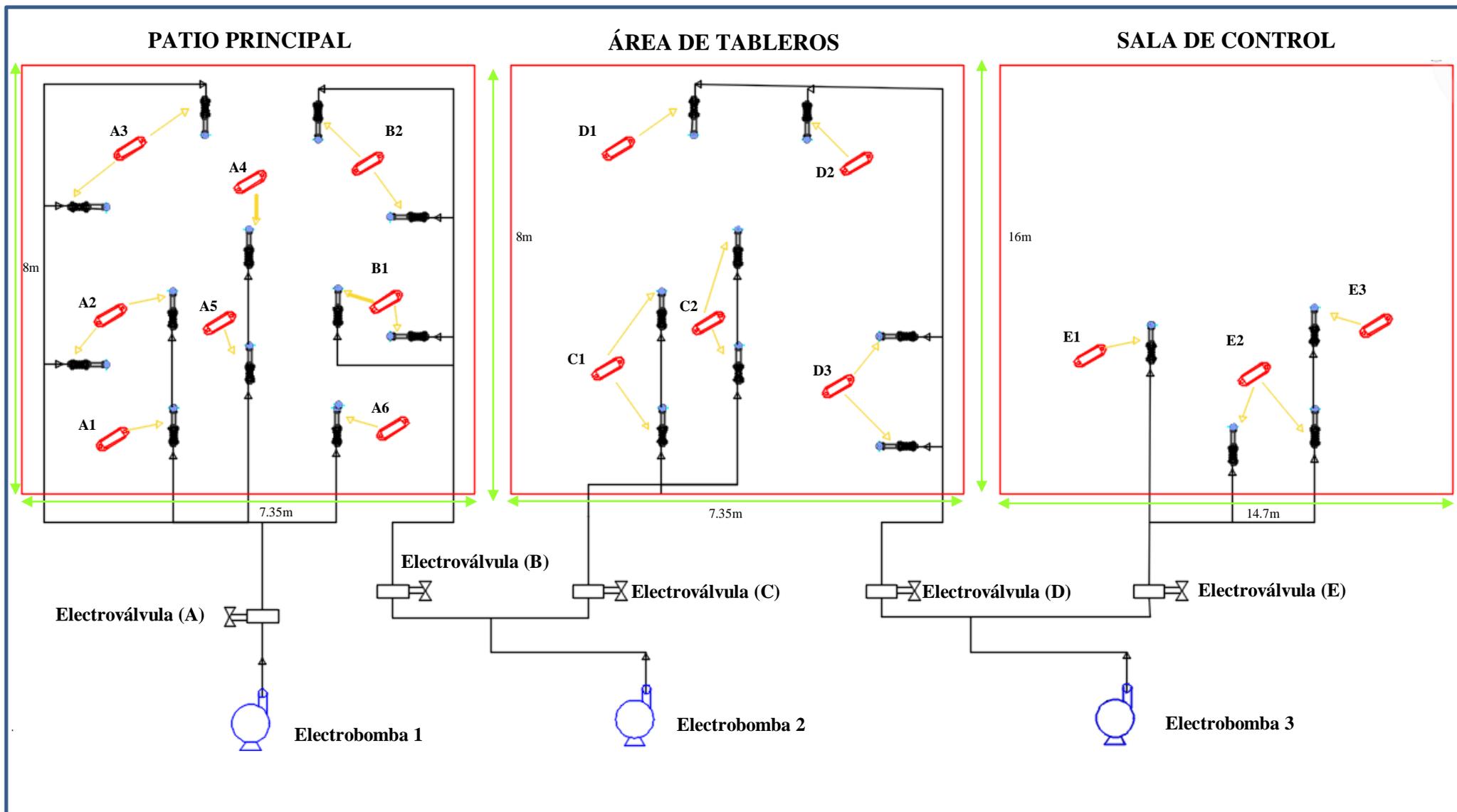


Figura 22: Sistema contra incendio automatizado
Fuente: Elaboración propia

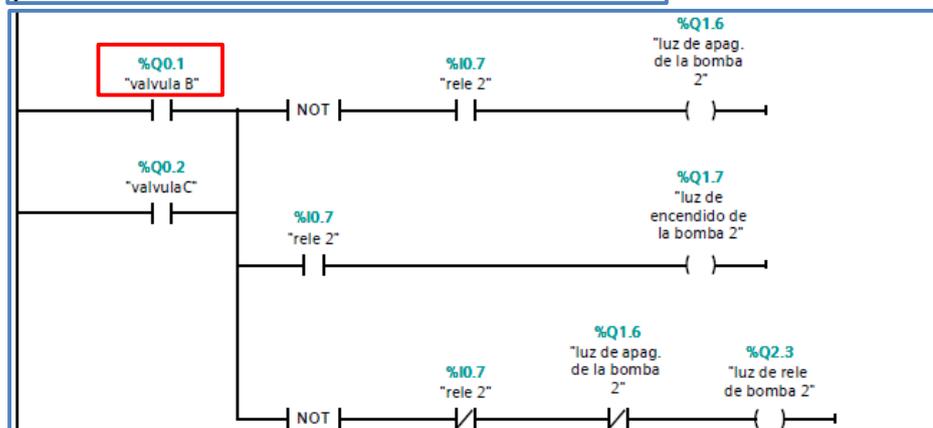
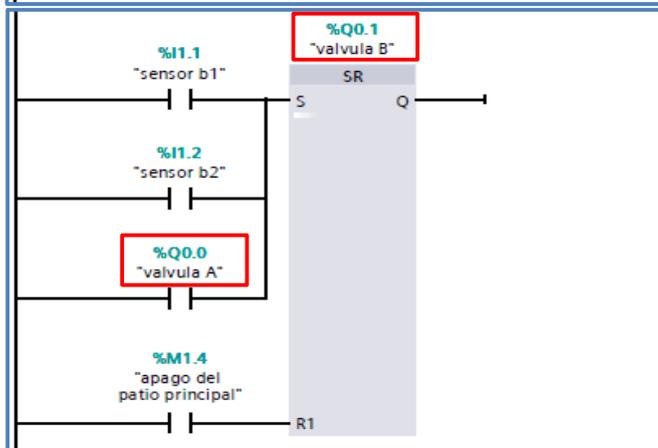
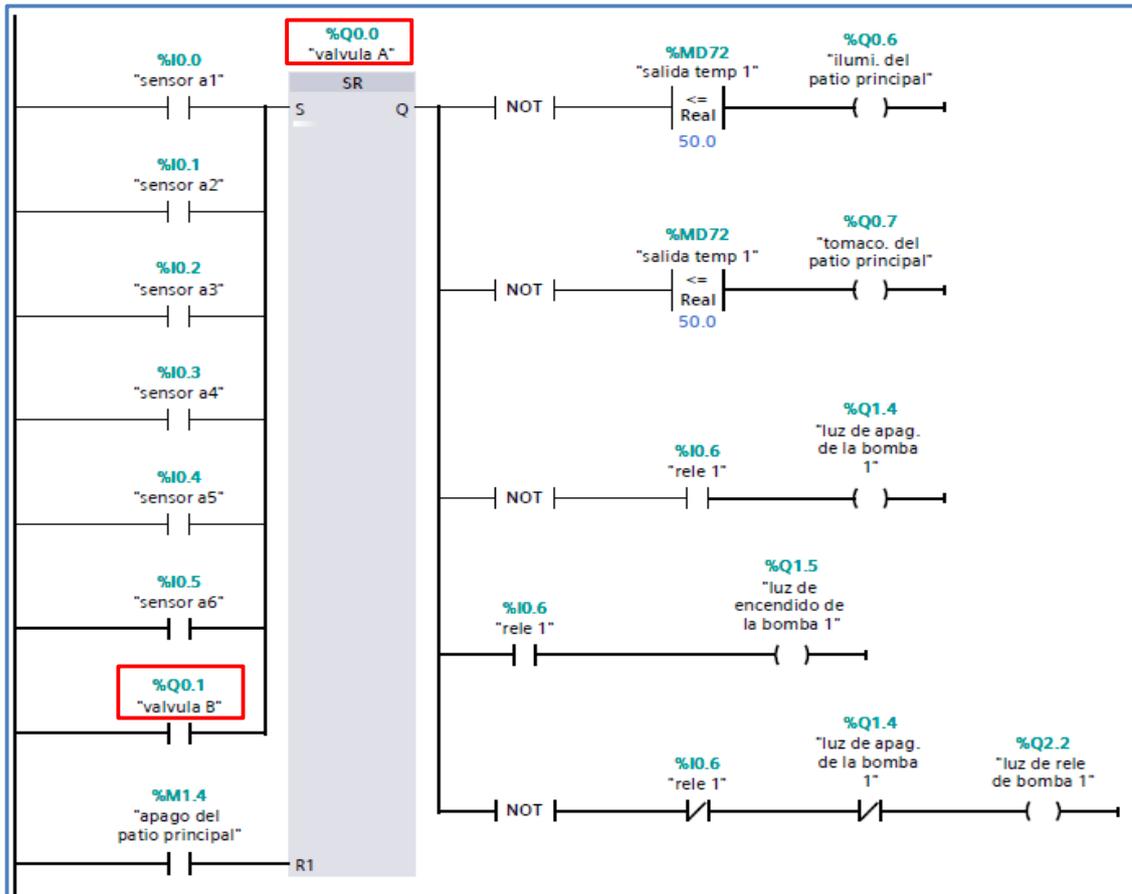
Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados a continuación se desarrolla la programación del PLC S71200; esta con la finalidad de mejorar la regulación de presión y caudal del sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.

En el patio principal se encuentra las válvulas A, B y el sensor de temperatura; además se encuentra 6 sensores a1 hasta a6 y la válvula B con interruptor (en la cual cuenta con dos sensores b1y b2 en la cual le manda una señal para activar la electroválvula A) en la cual si detecta algún incendio activa a la electroválvula A y está a la vez con otro sensor de temperatura en la cual si llega a 50 °C desactiva el circuito de iluminación y tomacorriente.

La electroválvula A, B activa a la bomba1 y bomba 2, estas a la vez marchara a su velocidad máxima de 1700 rpm.

Todo el sistema contra incendio de este circuito solo se apagara o resetear cuando el usuario mande una señal mediante su celular, tener en cuenta que el sistema de alimentación del variador debe estar encendió con el fin de que el variado arranque automáticamente.

A continuación en la siguiente figura se muestra el segmento 1: Sistema de válvula, iluminación, tomacorriente y bomba más el variador con los segmentos 3+4+5 (1.1 / 2.1).



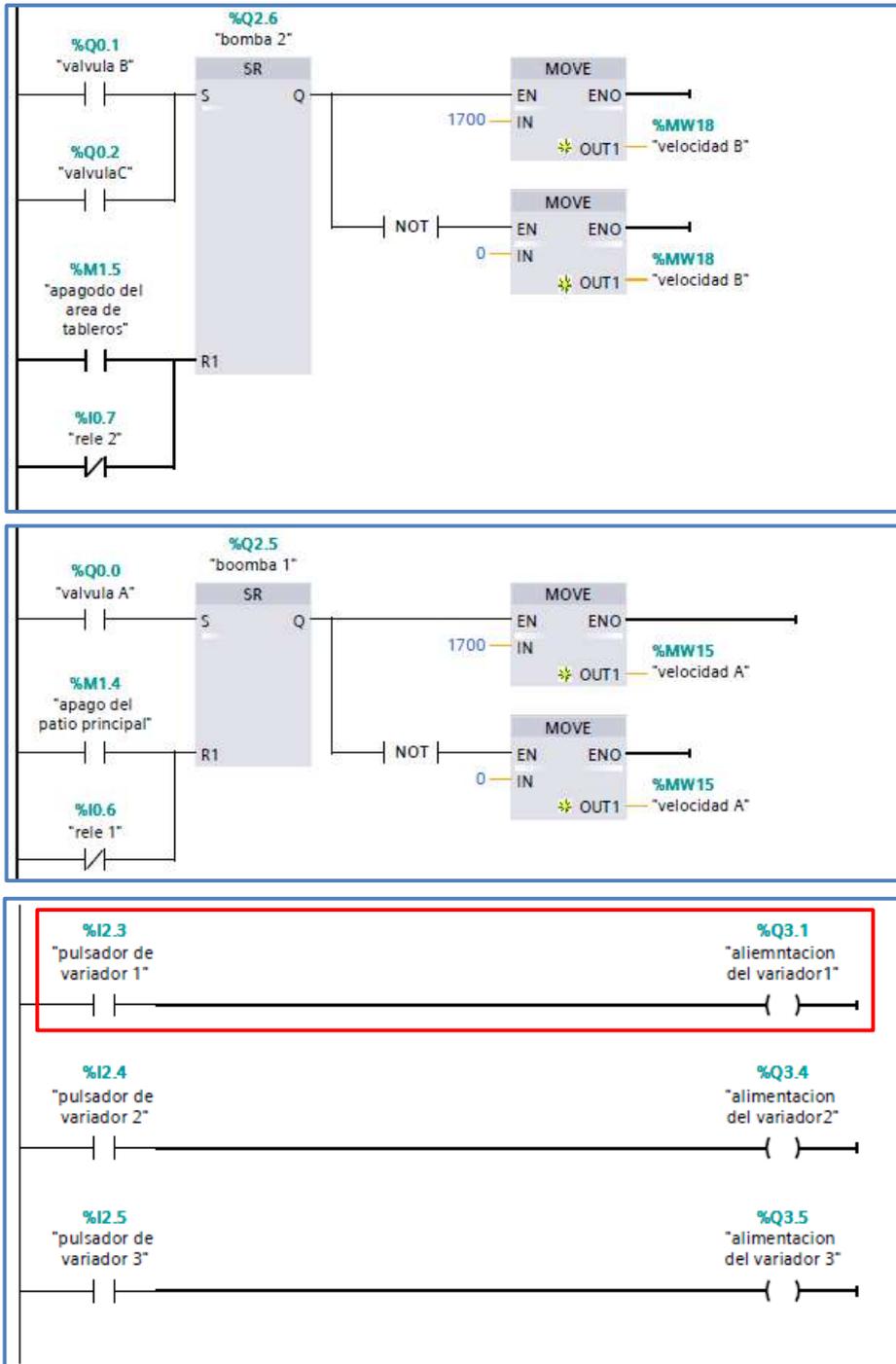


Figura 23: Segmento 1 de la programación
 Fuente: Elaboración propia

Se realiza su respectivo escalamiento para la bomba1 con los comandos Siemens (se usa un convertidos de int a real el cual es un MW15 que está conectado en el MOVE (MOVIMIENTO) Y este le manda la señal a la entrada del conv. para luego ser un MD020 en el normalizado (norma_X) de coloca los

parámetro 0-1700 y esta salida del normalizado entra a la entrada del escalado con los parámetro 0-27648 (es la digitalización del PLC) y su salida real se convierte a un entero QW80 el cual está en la salida del módulo SB120 (se encuentra de 0-10v) y se conecta en la entra del variador que funciona con los parámetros de 0- 10v; esto es igual para la bomba 2.

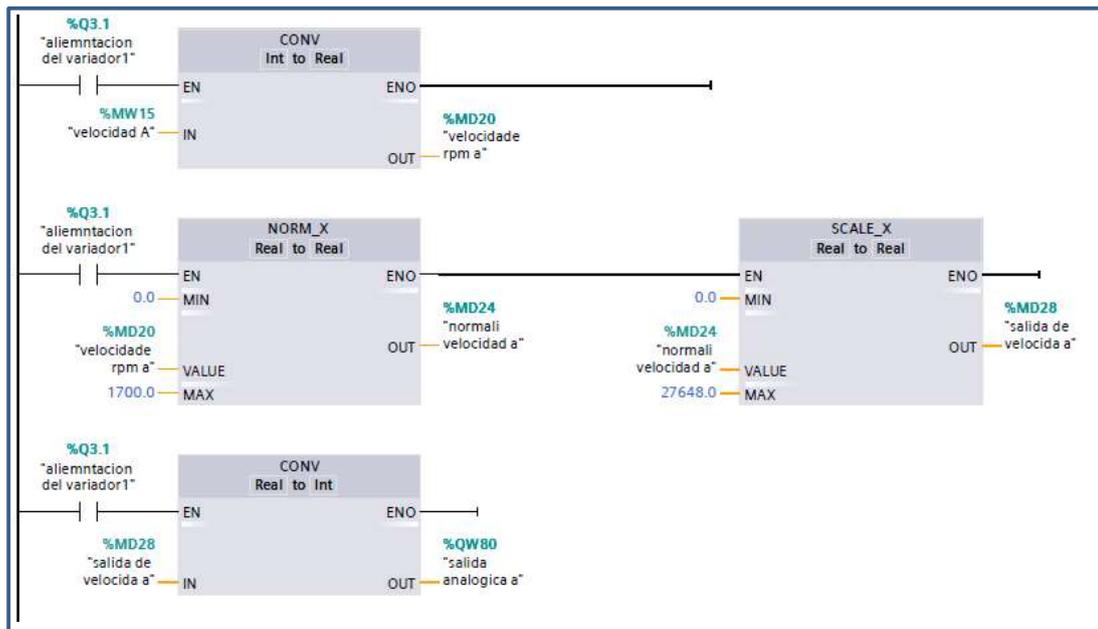


Figura 24: Segmento 2 de la programación
Fuente: Elaboración propia

Escalamiento del sensor de temperatura 1, su normalizado se pone los parámetros de 0- 27648 y la salida del normalizado se conecta a la entrada del escalado con parámetro de 0- 100°C para poder restringir su funcionamiento para sistema de iluminación y tomacorriente.

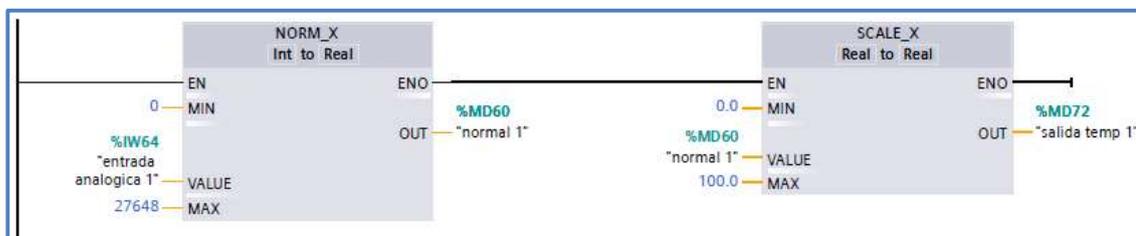
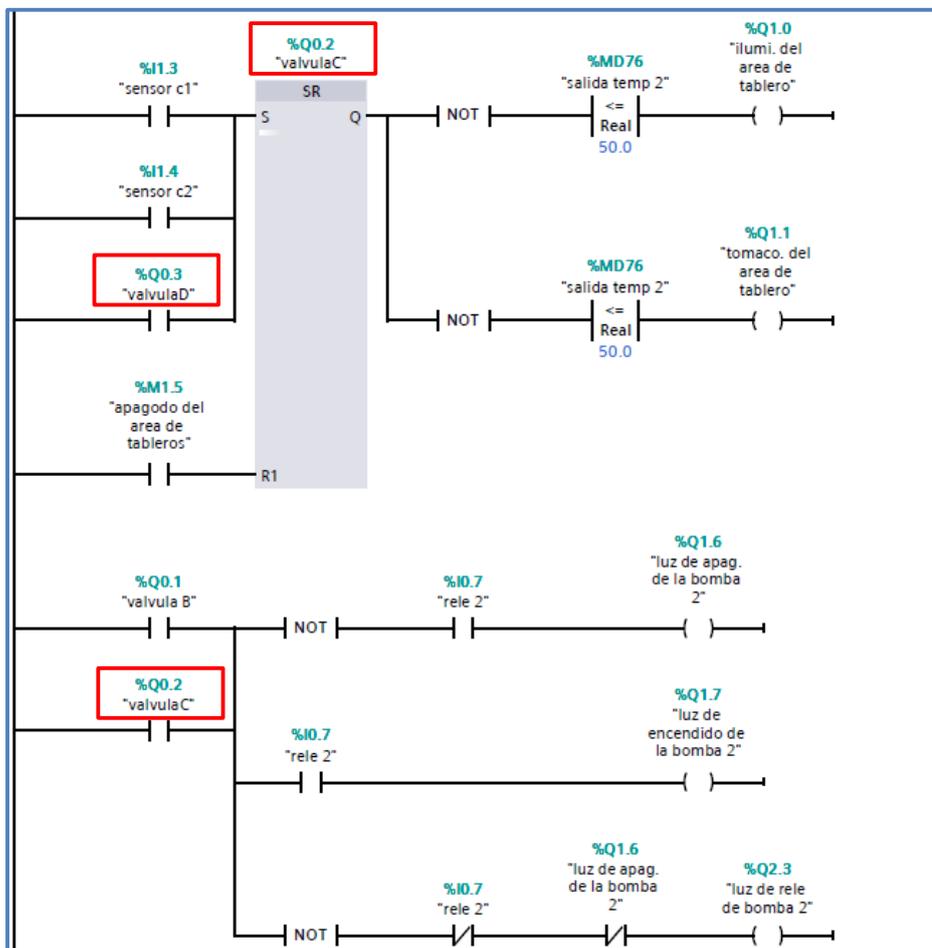
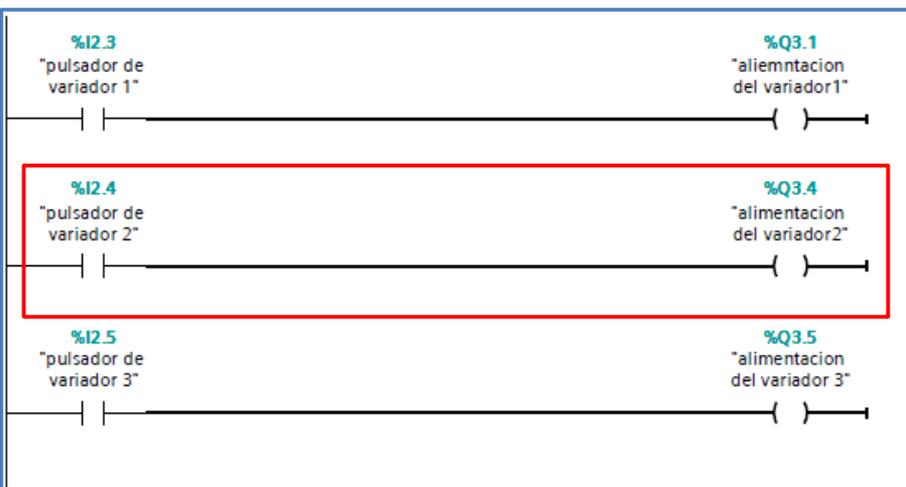
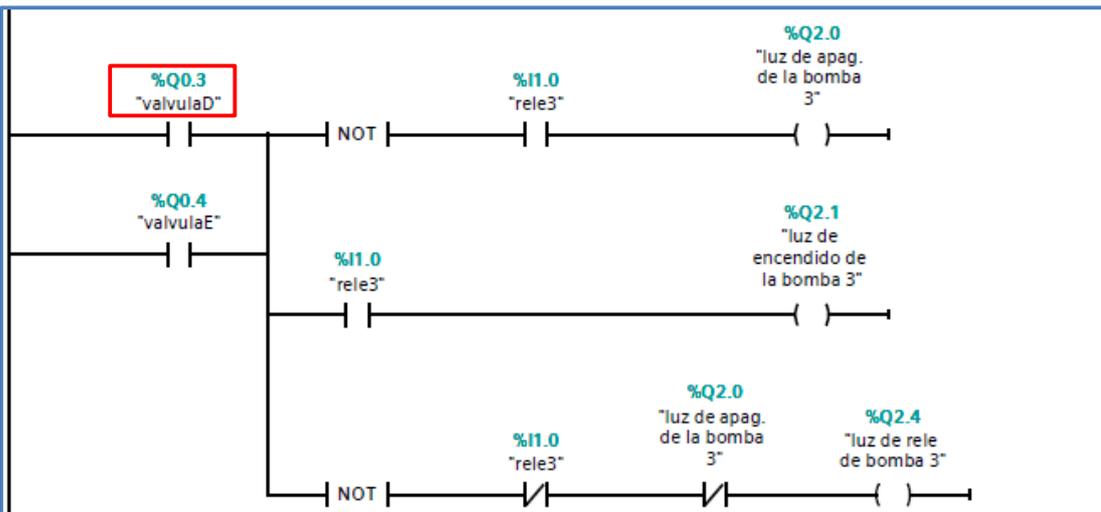
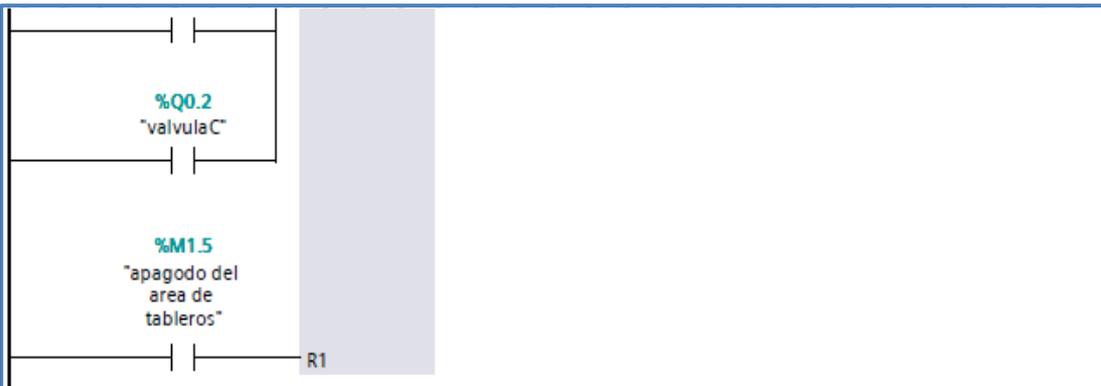
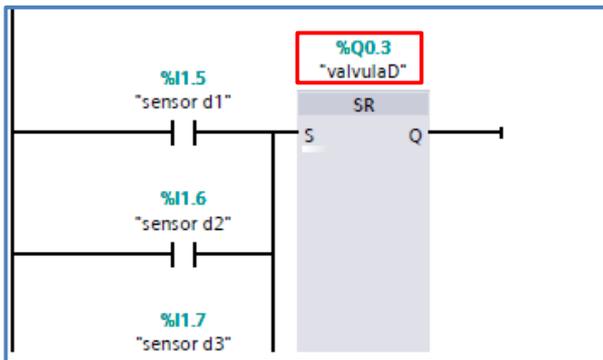


Figura 25: Segmento 3 de la programación
Fuente: Elaboración propia

En el área de tablero se encuentra las válvulas C, D y el sensor de temperatura; asimismo se encuentra 2 sensores c1 hasta c2 y la válvula D como interruptor (en la cual cuenta con tres sensores c1, c2, c3 en la cual le manda una señal para activar la electroválvula C) en la cual si detecta algún incendio activa a la electroválvula C y está a la vez con otro sensor de temperatura en la cual si llega a 50 °C desactiva el circuito de iluminación y tomacorriente.

La electro válvula C, D activa a la bomb2 y bomba 3, estás a la vez marchara a su velocidad máxima de 1700 rpm. Todo el sistema contra incendio de este circuito solo se apagara o resetear cuando el usuario mande una señal mediante su celular, tener en cuenta que el sistema de alimentación del variador debe estar encendió con el fin de que el variado arranque automáticamente.





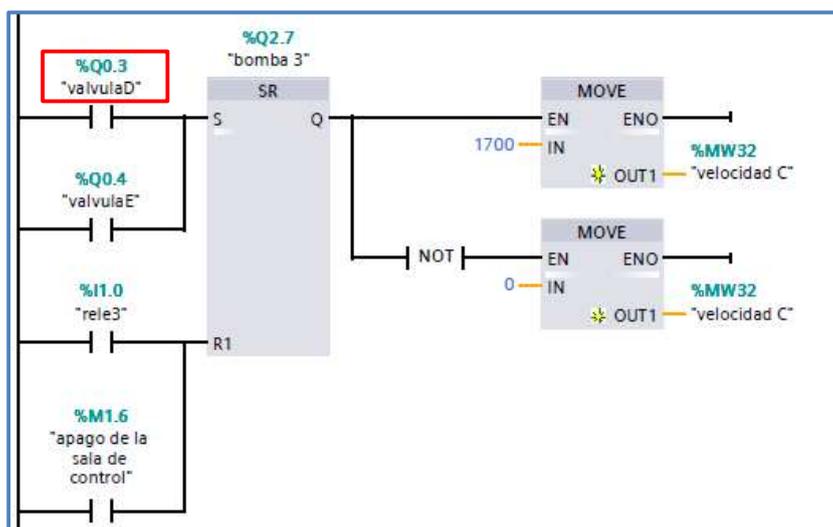
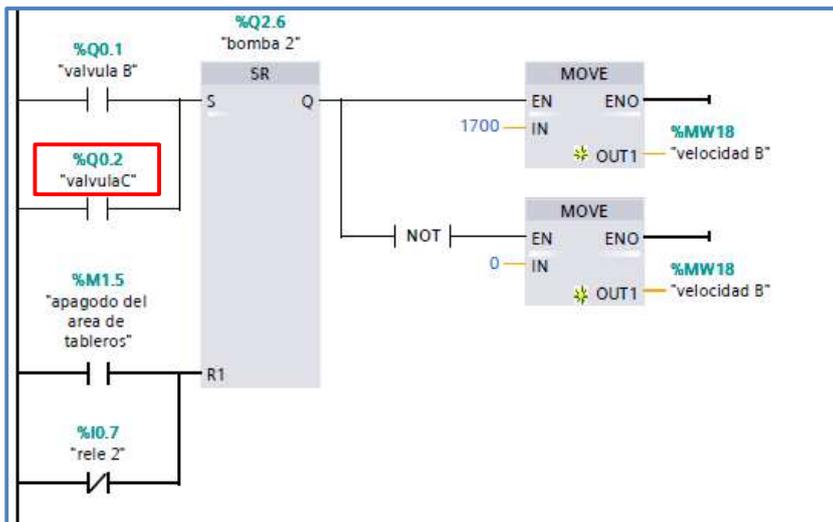


Figura 26: Segmento 4 de la programación
Fuente: Elaboración propia

Se realiza su respectivo escalamiento para la bomba 2 con los comandos Siemens (se usa un convertidos de int a real el cual es un MW18 que está conectado en el MOVE (MOVIMIENTO) Y este le manda la señal a la entrada del conv. para luego ser un MD034 en el normalizado (norma_X) de coloca los parámetro 0-1700 y esta salida del normalizado entra a la entrada del escalado con los parámetro 0-27648 (es la digitalización del PLC) y su salida real se convierte a un entero QW96 el cual está en la salida del módulo SB-120 (se encuentra de 0-10v) y se conecta en la entra del variador que funciona con los parámetros de 0-10v; es igual para la bomba 3.

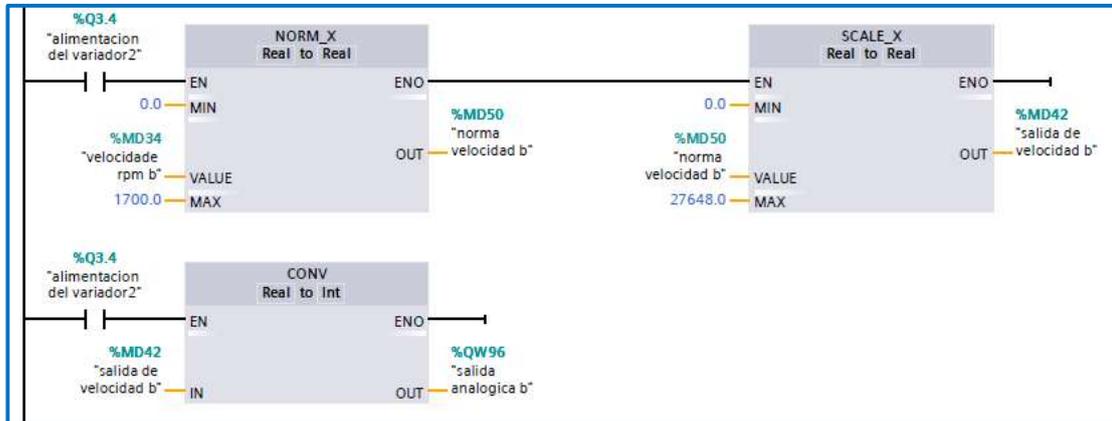
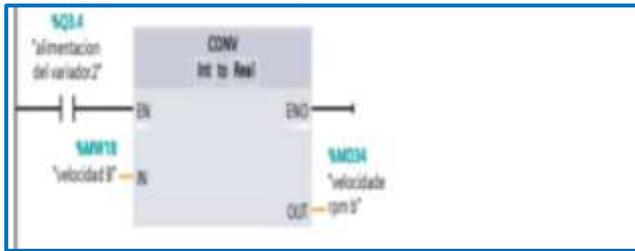


Figura 27: Segmento 5 de la programación
Fuente: Elaboración propia

Escalamiento del sensor de temperatura 2, su normalizado se pone los parámetros de 0-27648 y la salida del normalizado se conecta a la entrada del escalado con parámetro de 0-100°C para poder restringir su funcionamiento para sistema de iluminación y tomacorriente.

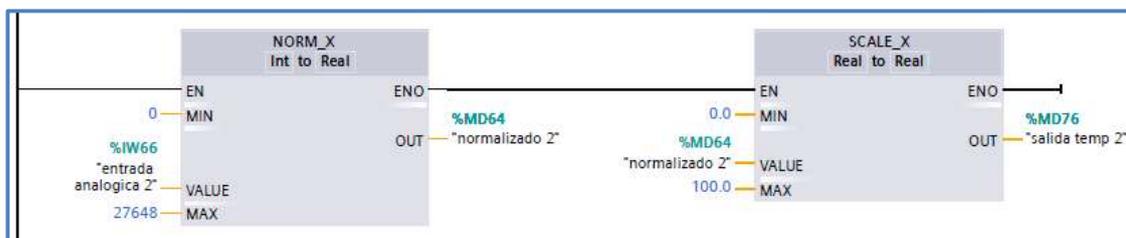
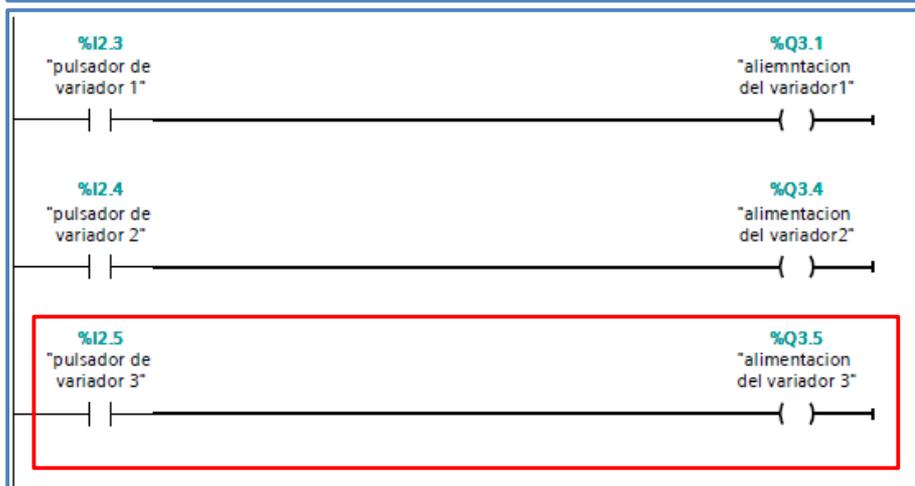
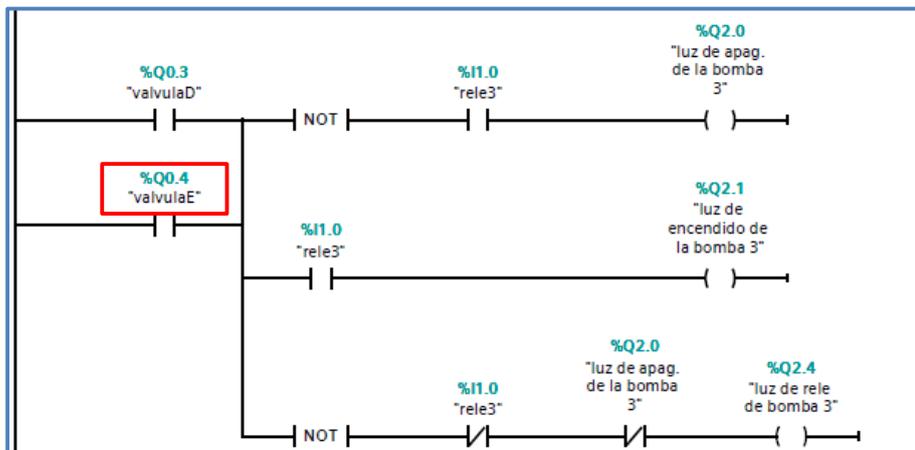
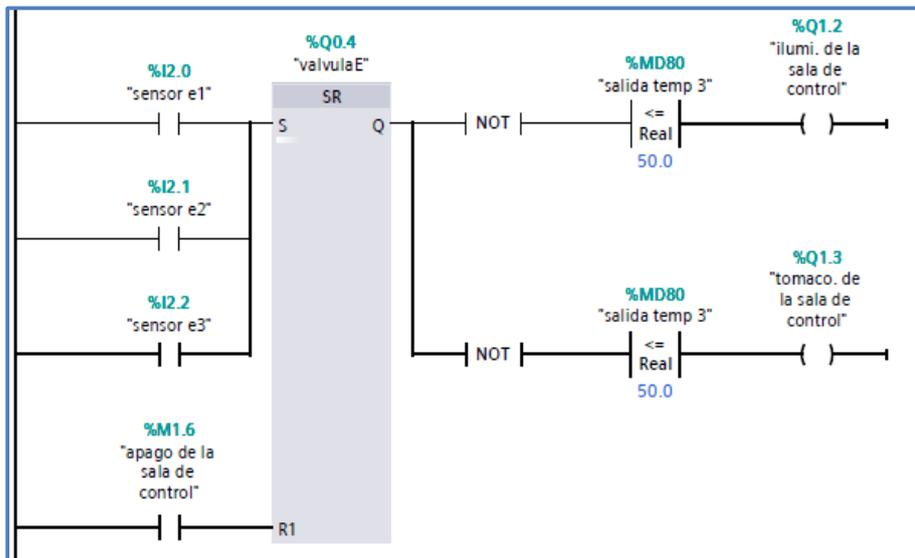


Figura 28: Segmento 6 de la programación
Fuente: Elaboración propia

En sala de control se encuentra las válvulas E y el sensor de temperatura. Se encuentra 3 sensores E1, E2 E3 y la en la cual si detecta algún incendio activa a la electroválvula E y está a la vez con otro sensor de temperatura en la cual si llega a 50 °C desactiva el circuito de iluminación y tomacorriente. La electroválvula E activa a la bomb3 y bomba 3, estás a la vez marchara a su

velocidad máxima de 1700 rpm. Todo el sistema contra incendio de este circuito solo se apagara o resetear cuando el usuario mande una señal mediante su celular, tener en cuenta que el sistema de alimentación del variador debes estar encendió con el fin de que el variado arranque automáticamente.



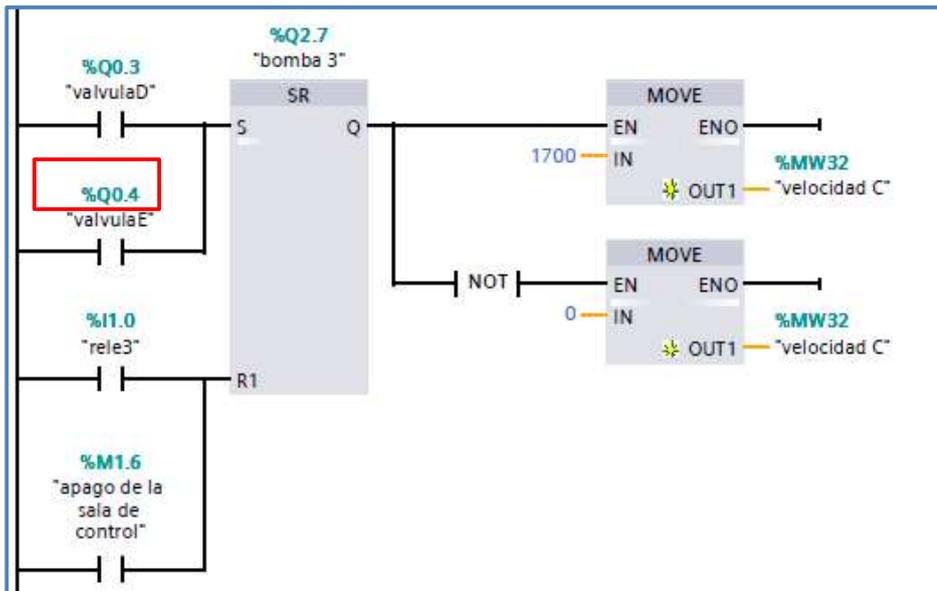
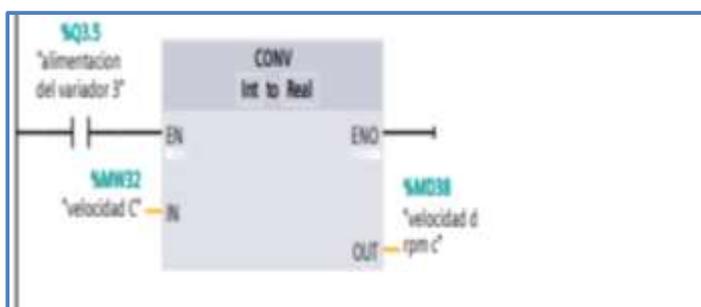


Figura 29: Segmento 7 de la programación
Fuente: Elaboración propia

Se realiza su respectivo escalamiento para la bomba 2 con los comandos siemens (se usa un convertidos de int a real el cual es un MW32 que está conectado en el MOVE (MOVIMIENTO) Y este le manda la señal a la entrada del conv. para luego ser un MD038 en el normalizado (norma_X) de coloca los parámetro 0-1700 y esta salida del normalizado entra a la entrada del escalado con los parámetro 0-27648 (es la digitalización del PLC) y su salida real se convierte a un entero QW98 el cual está en la salida del módulo SB-120 (se encuentra de 0-10v) y se conecta en la entra del variador que funciona con los parámetros de 0-10v.



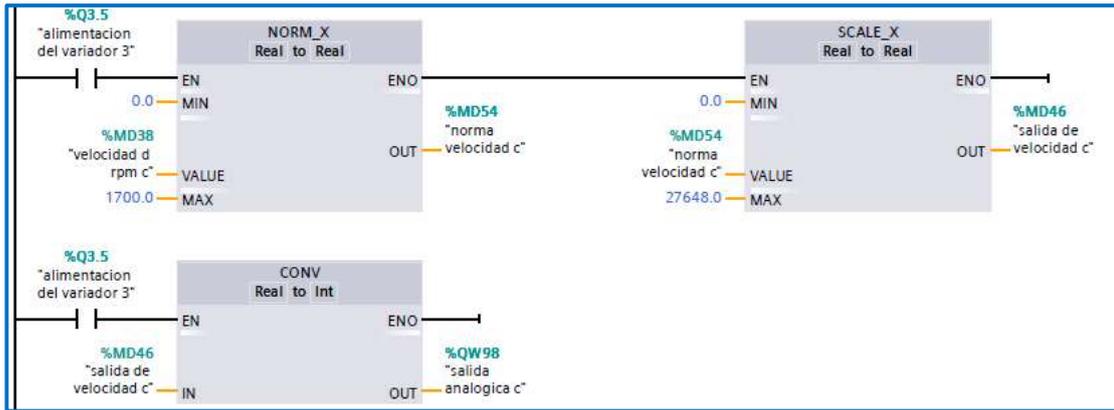


Figura 30: Segmento 8 de la programación
Fuente: Elaboración propia

Escalamiento del sensor de temperatura 3, su normalizado se pone los parámetros de 0-27648 y la salida del normalizado se conecta a la entrada del escalado con parámetro de 0-100°C para poder restringir su funcionamiento para sistema de iluminación y tomacorriente.

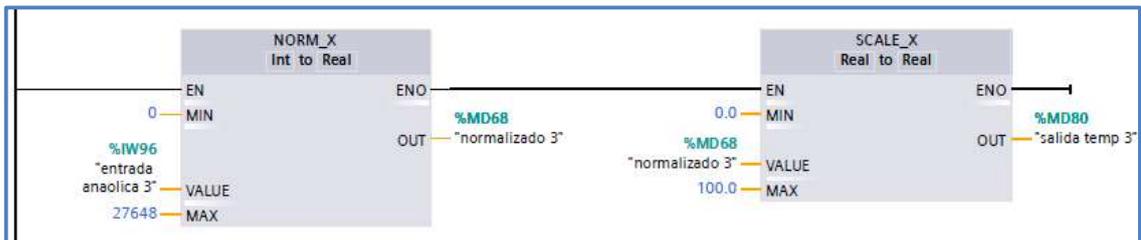


Figura 31: Segmento 9 de la programación
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Diseño metodológico

Para el diseño metodológico hemos empleado el diseño experimental, ya que se analizará los resultados de las variables presión y caudal antes y después de realizar la automatización; y por medio de este análisis veremos si la variable independiente influyo sobre la dependiente; a través de este diseño veremos la dependencia o relación de estas variables.

4.2 Diseño muestral

Población

Para nuestro estudio se considera como población los 24 rociadores del sistema contra incendio de la subestación eléctrica 10.5 KV; en la tabla 3 se muestra la ubicación de los rociadores.

Tabla 3
Ubicación de los rociadores

ÁREA	ROCIADORES
Patio principal	12
Tableros	8
Sala de control	4

Fuente: Elaboración propia

Muestra de estudio

En la presente investigación nuestra unidad de análisis lo conforman las mediciones de las variables presión y caudal.

4.3 Técnicas y recolección de datos

La técnica a emplear es la observación, la cual emplearemos en los reportes de medición de las variables presión y caudal, para luego trasladar los datos al instrumento de medición.

4.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de información

El procesamiento será utilizando los resultados de medición de las variables presión y caudal, del año 2018 en el mes de enero, fecha donde se presentó la cuarta incidencia de explosión e incendio, los datos fueron tomados en el periodo de quince días, estos resultados se compararan con los obtenidos luego de la implementación del sistema de control automático, lo que se espera es que las variables se encuentren dentro de lo establecido, para que se genere una correcta extinción del fuego.

4.5 Aspectos éticos

El presente proyecto cumple con la norma del comité técnico de normalización (CTN) de Seguridad Contra Incendios del Inacal NTP/ISO 13943. Asimismo, cumple con las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio de la NFPA (National Fire Protection Association).

CAPÍTULO V
RESULTADOS

5.1 Resultados

En este punto se mostrará los resultados obtenidos con el software SPSS, en relación con las variables presión y caudal antes y después de realizar la automatización. Cabe señalar que para nuestro estudio se considera como muestra los 24 rociadores del sistema contra incendio de la subestación eléctrica 10.5 KV.

Inicialmente se calculara la media aritmética de la presión (psi) de los 24 rociadores del sistema contra incendio manual y automático; para poder realizar la comparación de las variables.

Tabla 4
Media aritmética presión (psi) automático y manual

	Presion_Psi_automatico	Presion_Psi_manual
Media	50,7679	14,6797
N	24	24

Fuente: SPSS

Luego se calculara la media aritmética del caudal (gpm) de los 24 rociadores del sistema contra incendio manual y automático.

Tabla 5
Media aritmética caudal (gpm) automático y manual

	Caudal_gpm_automatico	Caudal_gpm_manual
Media	37,9538	23,8708
N	24	24

Fuente: SPSS

Finalmente con la prueba T-Student determinaremos si la variable independiente influye sobre la dependiente; es decir determinaremos la dependencia o relación de estas variables.

Tabla 6
T-Student presión (psi) automático y manual

		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		Significancia Bilateral
					Inferior	Superior	
Par 1	Presion_Psi_manual – Presion_Psi_automatico	-36,08819	32,05611	6,54343	-49,62429	-22,55208	,000

Fuente: SPSS

Tabla 7
T-Student caudal (gpm) automático y manual

		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		Significancia Bilateral
					Inferior	Superior	
Par 1	Caudal_gpm_manual – Caudal_gpm_automatico	-14,08292	13,13939	2,68207	-19,63119	-8,53464	,000

Fuente: SPSS

En la siguiente figura se muestra la ventana vista de datos del programa SPSS, en donde se realizó el procesamiento y el análisis de los datos.

*Sin título1 [Conjunto_de_datos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

15 : Visible: 4 de 4 variables

	Presion_Psi_autom atico	Presion_Psi_manual	Caudal_gpm_automat ico	Caudal_gpm_manual	var								
1	14,00	17,27	20,95	25,45									
2	15,47	10,65	22,03	27,52									
3	17,08	15,37	23,14	24,74									
4	18,85	18,62	24,31	26,72									
5	20,79	13,79	25,53	24,14									
6	22,91	16,93	26,80	26,06									
7	25,23	11,91	28,13	23,43									
8	27,76	14,93	29,51	25,27									
9	30,53	10,84	30,94	23,03									
10	33,55	13,81	32,44	24,83									
11	36,85	19,67	33,99	22,58									
12	40,45	12,54	35,62	24,33									
13	44,37	19,03	37,30	22,34									
14	48,64	11,86	39,06	24,07									
15	53,29	18,57	40,88	22,16									
16	58,35	11,36	42,78	23,87									
17	63,85	18,24	44,75	22,04									
18	69,83	11,02	46,80	23,74									
19	76,33	18,03	48,93	21,96									
20	83,39	10,79	51,14	23,65									
21	91,05	17,91	53,44	21,91									
22	99,36	10,66	55,82	23,60									

Vista de datos Vista de variables

Figura 32: Procesamiento de los datos en el SPSS
Fuente: SPSS

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Discusión

Un punto importante antes de realizar el análisis comparativo es determinar la dependencia de las variables; en la presente investigación utilizaremos la prueba T Student, ya que, esta prueba es ideal cuando el tamaño de la muestra de estudio es inferior a 30; lo que se tomara en cuenta es el nivel de significancia; cabe señalar que para los proyectos de investigación se toma el valor de significancia de 0.05.

A continuación, se muestra el siguiente criterio estadístico establecido para esta prueba:

- Si el valor $p < 0.05$, Las variables influyen entre si
- Si el valor $p > 0.05$, Las variables no influyen entre si

Para establecer la influencia de las variables se necesita determinar los grados de libertad, ellos se expresan de la siguiente manera: Muestra (n) -1; $gl=23$

Este resultado lo llevaremos a la tabla T-Student, con la finalidad de determinar el valor crítico.

Es importante señalar que para validar la influencia el nivel de significancia hallado en la prueba T-Student, debe estar dentro del rango que se muestra a continuación:

$$-\infty < \textit{significancia bilateral} < \textit{valor crítico}$$

Tabla 8
Tabla T- Student

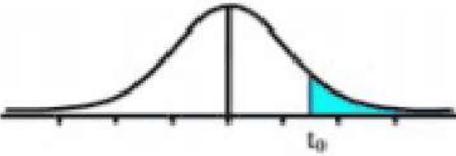


Tabla t-Student

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970

Fuente: <https://www.doccity.com/es/distribucion-t-de-student-18-638/774517/>

El Valor crítico es igual a 1.7139, debido a la intersección del grado de libertad igual 23 y el nivel de significancia del proyecto el cual es de 0.05.

Con el valor crítico hallado, reemplazaremos en el rango de aceptación los valores obtenidos de la prueba T-Student realizado mediante el programa SPSS.

La región de aceptación es (Presión de los rociadores):

$$-\infty < \text{significancia bilateral} < +1.7139$$

$$\text{significancia bilateral} = 0,000$$

$$-\infty < 0,000 < +1.7139$$

La región de aceptación es (Caudal de los rociadores):

$$-\infty < \text{significancia bilateral} < +1.7139$$

$$\text{significancia bilateral} = 0,000$$

$$-\infty < 0,000 < +1.7139$$

Tal como se observa, y según el criterio establecido, se ha determinado que las variables se relacionan entre sí, es decir existe una influencia entre ellas, en este sentido:

- La implementación del sistema contra incendios, mediante un control automático, influye sobre la mejora de la regulación de presión y caudal de la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.

Seguidamente se analizara los resultados de las mediciones de presión y caudal, del año 2018 y 2017; estos resultados se compararan con la herramienta media aritmética y mediante el cálculo del impacto se determinara el cambio que ha sufrido la variable dependiente; para ello se empleara la siguiente formula.

$$\text{Impacto} = \frac{\text{Media2} - \text{Media1}}{\text{Media1}} \times 100 \dots (1)$$

Donde:

Impacto= Cambio que ha sufrido la variable dependiente

Media1= Media de los indicadores con el sistema manual

Media 2= Media de los indicadores con el sistema automático

Reemplazando los resultados de la presión en la formula (1):

$$Impacto = \frac{50,7679 - 14,6797}{14,6797} \times 100$$

$$Impacto = 245\%$$

Reemplazando los resultados del caudal en la formula (1):

$$Impacto = \frac{37,9538 - 23,8708}{23,8708} \times 100$$

$$Impacto = 58\%$$

Obtenido los resultados del cambio que ha sufrido la variable, podemos establecer la siguiente interpretación, en relación a la presión se observa que ha variado notablemente en un 245%, esto debido a que con el sistema manual los valores de presión variaban en un rango mínimo, debido a que el diseño que se realizó inicialmente no se tomó en cuenta las consideraciones de la norma NFPA – 13, por lo que se obvió el factor K (Coeficiente de descarga del rociador) y la presión de fricción que se debe agregar a la presión mínima en cada tramo.

Asimismo, los valores de caudal han sufrido una variación del 58%, esto debido a que en la fórmula empleada ($q = K\sqrt{P_t} \text{ gpm}$), se debe reemplazar el facto K, y la presión mínima de cada rociador, y como estos no estaban bien diseñados se obtiene dicho valor de variación.

CONCLUSIONES

- Se concluye que se mejoró la regulación de presión y caudal del sistema contra incendios, mediante un control automático, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco; siendo los porcentajes de mejora los siguientes: 245% en relación a la presión, esto debido a que en el diseño anterior se obvió el factor K (Coeficiente de descarga del rociador) y la presión de fricción que se debe agregar a la presión mínima en cada tramo. Asimismo, los valores de caudal han sufrido una variación del 58%, esto debido a que en su cálculo se debe contar con el factor K, y la presión mínima de cada rociador, los cuales no se habían tomado en cuenta inicialmente.
- Se concluye que se logró determinar los elementos de entrada y salida, así como el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable a utilizar en el control automático, para la mejora de la regulación de presión y caudal del sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco; siendo estos los siguientes: PLC SIEMENS - S7 1200; 16 sensores (elementos de entrada), así como 5 electroválvulas, 3 electrobombas y 3 variadores de frecuencia (elementos de salida).
- Se concluye que se logró desarrollar la programación del PLC SIEMENS - S7 1200, en el control automático, para la mejora de la regulación de presión y caudal del sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco; utilizando como lenguaje de programación esquema de contactos.

RECOMENDACIONES

- En relación con la mejora de la regulación de presión y caudal del sistema contra incendios, se recomienda, realizar mediciones periódicas de los parámetros de calidad de los indicadores, con la finalidad de detectar pertinentemente cualquier falla que afecte al sistema contra incendios, en la subestación eléctrica de 10.5 kV, Tinyahuarco – Pasco.
- En relación con los elementos de entrada y salida, y el Controlador Lógico Programable, se recomienda, realizar programas de mantenimiento preventivo, con la finalidad de no regenerar sobre costo de los componentes, por una incorrecta operatividad del sistema.
- En relación con la programación del PLC SIEMENS - S7 1200, se recomienda, considerar la supervisión del sistema con interfaces de control HMI (Interfaces Hombre Máquina), con la finalidad de optimizar el control y la regulación del proceso.

ANEXOS

ANEXO 1 – INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

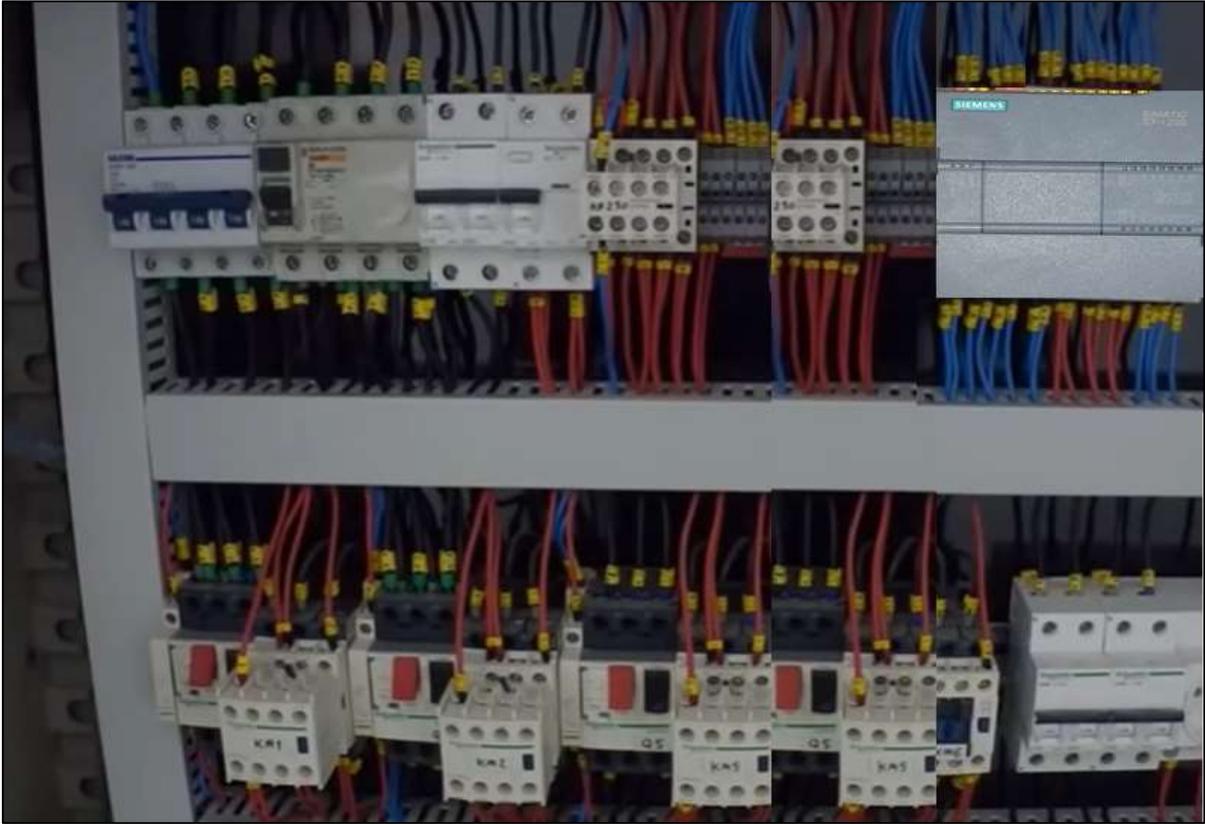
“CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA MEJORA DE LA REGULACIÓN DE PRESIÓN Y CAUDAL DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS, EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 10.5 KV, TINYAHUARCO -PASCO”				
N° ROCIADOR	PRESION (SISTEMA AUTOMATICO)	PRESION (SISTEMA MANUAL)	CAUDAL (SISTEMA AUTOMATICO)	CAUDAL (SISTEMA MANUAL)
Rociador 1				
Rociador 2				
Rociador 3				
Rociador 4				
Rociador 5				
Rociador 6				
Rociador 7				
Rociador 8				
Rociador 9				
Rociador 10				
Rociador 11				
Rociador 12				
Rociador 13				
Rociador 14				
Rociador 15				
Rociador 16				
Rociador 17				
Rociador 18				
Rociador 19				
Rociador 20				
Rociador 21				
Rociador 22				
Rociador 23				
Rociador 24				

ANEXO 2 – REPORTES DE MEDICIÓN

“CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA MEJORA DE LA REGULACIÓN DE PRESIÓN Y CAUDAL DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS, EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 10.5 KV, TINYAHUARCO -PASCO”				
N° ROCIADOR	PRESION (SISTEMA AUTOMATICO)	PRESION (SISTEMA MANUAL)	CAUDAL (SISTEMA AUTOMATICO)	CAUDAL (SISTEMA MANUAL)
Rociador 1	14,00	17,27	20,95	25,45
Rociador 2	15,47	10,65	22,03	27,52
Rociador 3	17,08	15,37	23,14	24,74
Rociador 4	18,85	18,62	24,31	26,72
Rociador 5	20,79	13,79	25,53	24,14
Rociador 6	22,91	16,93	26,80	26,06
Rociador 7	25,23	11,91	28,13	23,43
Rociador 8	27,76	14,93	29,51	25,27
Rociador 9	30,53	10,84	30,94	23,03
Rociador 10	33,55	13,81	32,44	24,83
Rociador 11	36,85	19,67	33,99	22,58
Rociador 12	40,45	12,54	35,62	24,33
Rociador 13	44,37	19,03	37,30	22,34
Rociador 14	48,64	11,86	39,06	24,07
Rociador 15	53,29	18,57	40,88	22,16
Rociador 16	58,35	11,36	42,78	23,87
Rociador 17	63,85	18,24	44,75	22,04
Rociador 18	69,83	11,02	46,80	23,74
Rociador 19	76,33	18,03	48,93	21,96
Rociador 20	83,39	10,79	51,14	23,65
Rociador 21	91,05	17,91	53,44	21,91
Rociador 22	99,36	10,66	55,82	23,60
Rociador 23	108,37	17,85	58,30	21,89
Rociador 24	118,13	10,66	58,30	23,57

ANEXO 3 – FOTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

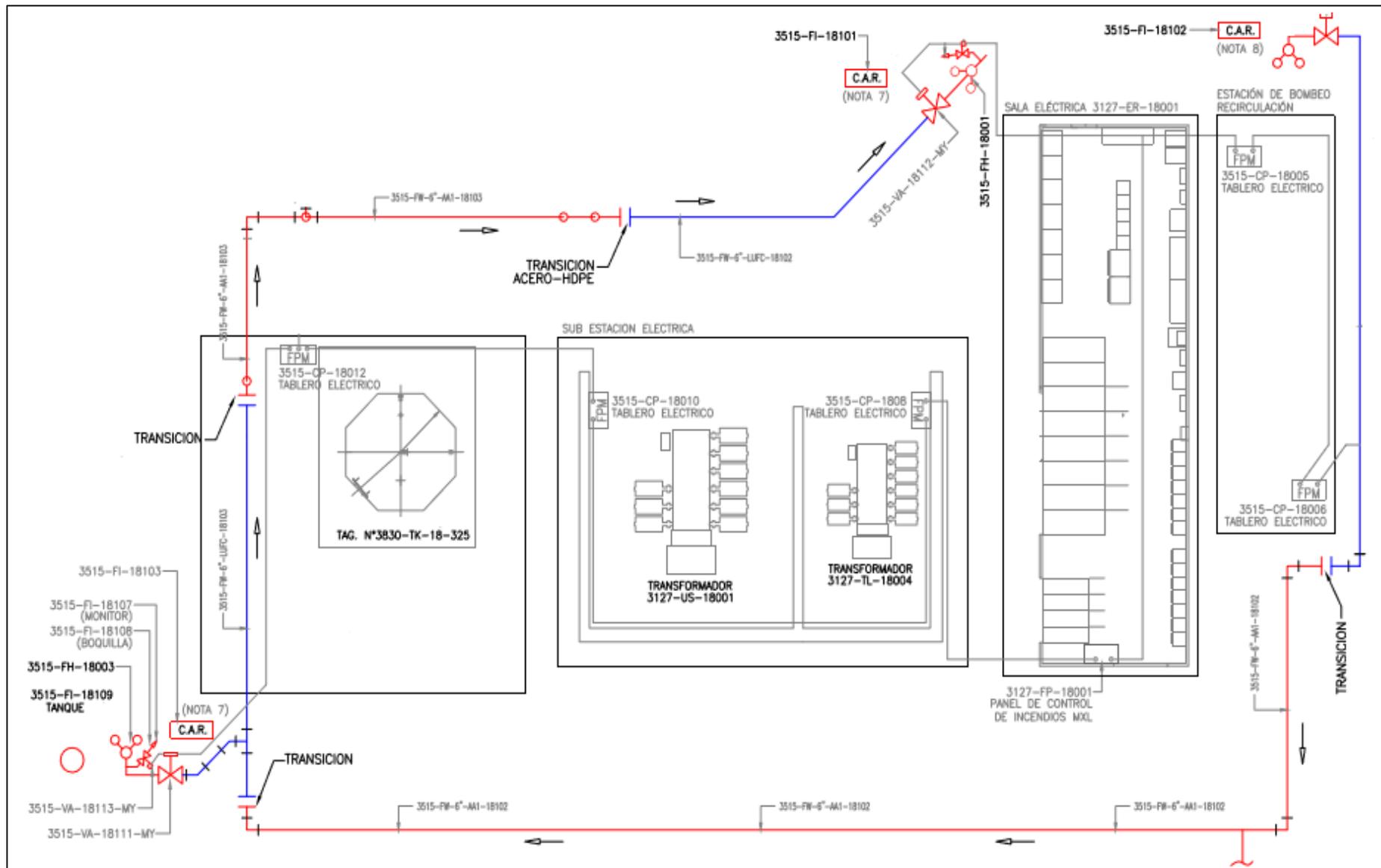




ANEXO 4 – UBICACIÓN GEPGRÁFICA DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



ANEXO 5 – MAPA ELÉCTRICO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO



TIPOS DE CABLES A UTILIZAR EN EL SISTEMA CONTRA INCENDIO		
1	Cable de Señalización SLC, FLP 2X16AWG + shield	Se utilizan para la conexión de dispositivos analógicos direccionales a las centrales de incendios
2	Cable de Alimentación 24VDC, FLP 2x14AWG	Se utilizan para dar pase a la energía eléctrica
3	Cable IDC, FLP 2x16AWG	Cable blindado para los sistemas contra incendio
4	Cable THWN 3x12AWG VERDE	Conductor de cobre suave en configuración cableado con aislamiento en PVC retardante a la llama, resistente a la abrasión, al calor y la humedad. Estos cables son usados en los circuitos alimentadores del sistema contra incendio, ya que, son especiales para ambientes abrasivos o contaminados con aceite, grasas, gasolina y otras sustancias químicas.
5	Cable THWN 3x12AWG BLANCO	
6	Cable THWN 3x12AWG NEGRO	
7	Sujetador de Clip tipo WAW, PROTECTOWIRE	