UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA, INFORMATICA Y MECANICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRONICA

TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL AUTOMATICO PARA LA QUEMA DE LADRILLO CRUDO EN UN HORNO LADRILLERO EN EL DISTRITO DE SAN JERONIMO - CUSCO

PRESENTADO POR:
Br. RICARDO YESCAN SICOS QUISPE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRONICO

ASESOR:
Dr. Ing. ROGER JESUS COAQUIRA CASTILLO

CUSCO - PERU

2025

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, asesor Roger Jesus Coaquira Castillo, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de tesis titulada: **"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL AUTOMATICO PARA LA QUEMA DE LADRILLO CRUDO EN UN HORNO LADRILLERO EN EL DISTRITO DE SAN JERONIMO - CUSCO"**, presentado por: **RICARDO YESCAN SICOS QUISPE** con DNI Nro: **46561014**, para optar el título profesional de: **INGENIERO ELECTRONICO.**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por dos veces, mediante el Software de detección de similitud, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso del Sistema de Detección de Similitud de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9% de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de **asesor**, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 9 de julio de 2025

Dr. Roger Jesús Coaquira Castillo

Nro. de DNI 01333608

ORCID del Asesor: 0000-0003-3791-110X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:472795520?locale=es-MX

Ricardo Yescan Sicos Quispe

TESIS_Ricardo_Y_Sicos_Quispe_083251_LI - final_T.pdf

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:472795520

Fecha de entrega
9 jul 2025, 12:28 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
9 jul 2025, 12:38 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
TESIS_Ricardo_Y_Sicos_Quispe_083251_LI - final_T.pdf

Tamaño de archivo
7.0 MB

163 Páginas

25.607 Palabras

138.943 Caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 9 palabras)

Fuentes principales

8% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Este proyecto le dedico a mis padres Marcelino y Clotilde, por su apoyo incondicional, por sus consejos en todas etapas de mi vida

A mi primo Cristian por su apoyo en el proceso de ejecución de este proyecto

A mis hermanos y hermanas por su compresión y motivación en esta etapa de mi vida, gracias

Ricardo Yescan, Sicos Quispe

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco
a mis padres, por sus consejos y
su apoyo incondicional

A mis docentes y compañeros
que compartieron sus conocimientos
y ello enriqueció, mis conocimientos

Finalmente, al Lic. Ismael Orcuarancca,
por compartir sus conocimientos
adquiridos de su experiencia

Ricardo Yescan, Sicos Quispe

RESUMEN

La automatización del proceso garantiza que los ladrillos obtengan las propiedades deseadas, evitando daños estructurales en los soportes de la plataforma y disminuyendo al mínimo la frecuencia de accidentes laborales, cuando se realiza el proceso de cocido del ladrillo.

El proyecto de tesis es una investigación aplicada, porque los valores de temperatura de precalentado y temperatura de cocido de los ladrillos se determinaron experimentalmente. Para definir las temperaturas de precalentado y de cocido se utilizó un termómetro y un reloj para obtener datos.

Se determinó utilizar como sensor de temperatura a la termocupla de tipo “K”, debido al rango de temperatura necesario para el proceso de cocción de ladrillos, el cual se encuentra dentro del rango de medición de la termocupla tipo “K”.

El proceso de cocción de ladrillos crudos es un proceso lento, cambios bruscos de temperatura agrietan los ladrillos, por ello se determinó un control on-off con histéresis para el ventilador y dosificador de aserrín.

Los actuadores tanto del dosificador y ventilador tienen motores eléctricos de 7.5HP trifásico, con ellos se determinó la potencia necesaria de los variadores de frecuencia.

La temperatura de precalentado para ladrillos de techo es de 87°C y la temperatura de cocción es de 750°C. Para evitar la resistencia térmica del horno ladrillero (oposición al flujo del calor) se determinó 8 horas de precalentado y 8 horas de cocción con las cuales todos los ladrillos obtienen las propiedades deseadas. Para el precalentado el tiempo de crecimiento es de 1 hora, el ancho de sobre impulso es de 1.7°C, tiempo muerto de 5 minutos y el periodo de oscilación de 20 minutos y para la cocción, el tiempo de crecimiento es de 4 horas., el ancho de sobre impulso es de 1.8°C, tiempo muerto de 5 minutos y periodo de oscilaciones de 20 minutos.

La automatización del proceso de cocción de ladrillos proporciona el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos y se observa el seguimiento del controlador on-off con histéresis a las referencias de temperatura.

El perfil de temperatura que proporciona el sistema automático es semejante al perfil de temperatura a control manual, donde todos los ladrillos obtuvieron las propiedades deseadas.

PALABRAS CLAVES: “PLC, HMI, Termocupla tipo K, Variador de frecuencia, control on-off, controlador de temperatura, dosificador, ventilador, horno ladrillero”.

ABSTRACT

Process automation ensures that the bricks achieve the desired properties, avoiding structural damage to the platform supports and minimizing the incidence of workplace accidents during the brick firing process.

The thesis project is an applied research project because the preheating and firing temperatures of the bricks were determined experimentally. A thermometer and a clock were used to determine the preheating and firing temperatures.

A type "K" thermocouple was chosen as the temperature sensor due to the temperature range required for the brick firing process, which is within the measurement range of the type "K" thermocouple.

The firing process of raw bricks is a slow process; sudden temperature changes cause the bricks to crack. Therefore, an on-off control with hysteresis was chosen for the fan and sawdust dispenser.

The actuators for both the dosing pump and fan have 7.5 HP three-phase electric motors, and the required power for the variable frequency drives was determined using these motors.

The preheating temperature for the roof bricks is 87°C, and the firing temperature is 750°C. To avoid thermal resistance in the brick kiln (opposition to heat flow), 8 hours of preheating and 8 hours of firing were determined, allowing all the bricks to achieve the desired properties. For preheating, the rise time is 1 hour, the surge width is 1.7°C, the dead time is 5 minutes, and the oscillation period is 20 minutes. For firing, the rise time is 4 hours, the surge width is 1.8°C, the dead time is 5 minutes, and the oscillation period is 20 minutes.

The automation of the brick firing process provides the temperature profile of the brick firing process, and the on-off controller's tracking with hysteresis to the temperature references is observed.

The temperature profile provided by the automated system is similar to the temperature profile under manual control, where all bricks achieved the desired properties.

KEYWORDS: “PLC, HMI, K type thermocouple, frequency converter, on-off control, temperature controller, dispenser, fan, brick kiln”.

ACRONIMOS

- PLC. - son las siglas de “Programmable Logic Controller”, controlador lógico programable, es una computadora que se utiliza para automatizar procesos de producción. (SIEMENS, SIEMENS SIMATIC S7 CONTROLADOR PROGRAMABLE S7 1200, 2014)
- HMI. - son las siglas “human-machine interface” y se refieren a un panel que permite a un usuario comunicarse con una máquina. (SIEMENS, Documentación didáctica/para cursos de formación Siemens Automation Cooperates with Education , 2018)
- RTD. – son de las siglas “resistance temperature detector“ detector de temperatura resistivo, es decir sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia.

GLOSARIO

- Cocción. – someter alguna cosa a la acción del fuego para que adquiera determinadas propiedades, coser, cocedero, cocedizo, cocedura, cocimiento. (OCEANO, 2020)
- Automatización. – f. Ing. conjunto de técnicas y aplicaciones que tienen por objetivo la regulación de máquinas o sistemas sin la intervención del hombre. (OCEANO, 2020)
- Plasticidad. – f. capacidad de un material para sufrir deformaciones plásticas, y no elásticas, antes de su rotura. (OCEANO, 2020)
- Contracción. – f. acción y efecto de contraer o contraerse. (OCEANO, 2020)
- Fusibilidad. – Adj. que puede fundirse. sust. El hilo o chapa metálica, fácil de fundirse, que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas para que cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose. (OCEANO, 2020)
- Maquina. – f. conjunto de elementos destinados a recibir y transformar energía. (OCEANO, 2020)
- Cantera. – f. sitio de donde se saca piedra o greda u otro material análogo para obras varias. (OCEANO, 2020)
- Perfil. – Aspecto peculiar o llamativo con que una cosa se presenta ante la vista o la mente. (OCEANO, 2020)

INDICE

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO ii
RESUMEN iii
ABSTRACT v
INDICE DE FIGURAS ix
INDICE DE TABLAS xii
CAPITULO 1: GENERALIDADES 1
1.1. TITULO 1
1.1.1. Lugar Geográfico 1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 2
1.2.1. Formulación del Problema 2
1.3. OBJETIVOS 3
1.3.1 Objetivo General 3
1.3.2 Objetivos Específicos 3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN 3
1.4.1. Justificación del Estudio 3
1.5. METODOLOGÍA 3
1.5.1. Enfoque de la Investigación 3
1.5.2. Tipo de Investigación 4
1.5.3. Diseño de la Investigación 4
1.5.4. Análisis de Datos 5
1.5.5. Alcances de la Investigación 6
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 7
CAPITULO 2: MARCO TEORICO 8
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 8
2.1.1. Antecedentes Internacionales 8
2.1.2. Antecedentes Nacionales 10
2.2. BASES TEÓRICAS 11
2.2.1. Las Rocas Ígneas 11
2.2.2. Cantera de Arcilla y Arena 12
2.2.3. Materia Prima Arcilla 14
2.2.4. Materiales que Sirven para Modificar las Propiedades de la Arcilla 16
2.2.5. Agua para la Producción de Ladrillos 18
2.2.6. Preparación de la Pasta 20
2.2.7. Maquinaria que se Utiliza para la Fabricación de Ladrillos 23
2.2.8. Proceso para la Fabricación de Ladrillos Crudos 28
2.2.9. Zona de Secado de Ladrillos Crudos 29
2.2.10. Horno Ladrillero 30

2.2.11. Sistema de Filtrado de Humo 31
2.2.12. Proceso de Cargue de Ladrillos Crudos al Horno Ladrillero 32
2.2.13. Máquinas para el Quemado de Ladrillo 35
2.2.14. Combustible Solido 37
2.2.15. Perfil de Temperatura para el Proceso de Cocción de Ladrillos 39
2.2.16. **Variador de Frecuencia (VFD)** 42
2.2.17. Controlador Lógico Programable (PLC) 43
2.2.18. Sistemas de Control 44
2.2.19. Sensor de Temperatura 47
2.2.20. Análisis de las Propiedades y Variedades de Ladrillos 49
2.3. VARIABLES E INDICADORES 53
2.3.1. Identificador de Variable 53
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 53
2.4.1. Temperatura 53
2.4.2. Tiempo 53
CAPITULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACION 54
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL 54
3.2. HARDWARE 55
3.2.1. Sensores de Temperatura 55
3.2.2. Transmisor de Temperatura Digital 57
3.2.3. Controlador Lógico Programable (PLC) 60
3.2.4. Variador de Frecuencia 62
3.2.5. El HMI 64
3.2.6. Tarjeta de Comunicación 66
3.3 SOFTWARE 68
3.3.1. Algoritmo Para la Automatización 68
3.3.2. Configuración de Dispositivos de Proyecto 70
3.3.3. La Configuración del HMI para el Proyecto 71
3.3.4. Configuración de Dispositivo PLC 74
3.3.5. Memorias que Utilizara la Codificación del Algoritmo 77
3.4 Implementación del Tablero de Control 78
3.5 Tacómetro 80
3.5.1. Los Dispositivos del Tacómetro 81
3.5.2. El Tacómetro Implementado 82
CAPITULO 4: PRUEBAS DE VALIDACION 83
4.1 Prueba del Sistema Automático 83
4.2 Los Datos Obtenidos y Guardados en el USB que tiene el HMI 89
4.3 Resultados Respecto a los Objetivos Específicos 90
4.4 Resultados Respecto a los Objetivos Generales 90

4.3 Analizando la Velocidad del Motor del Dosificador y el Ventilador en Revoluciones por Minuto (RPM) 93
CAPITULO 5: DISCUSION 95
5.1 Descripción de los Hallazgos más Relevantes y Significativos 95
5.2 Limitaciones del Estudio 95
5.3 Comparación Crítica con la Literatura Existente 95
CAPITULO 6: ANALISIS DE COSTOS 97
CONCLUSIONES 98
RECOMENDACIONES 100
BIBLIOGRAFIA 101
ANEXO 1. Instrumento para la Recolección de Datos 103
ANEXO 2. Hoja de Datos del Motor Eléctrico 106
ANEXO 3. Resumen del Algoritmo para el control del sistema automático 108
ANEXO 4. Los Datos Acumulados en el USB 114
ANEXO 5. Datos para Determinar el Error en Estado Estable 118
ANEXO 6. Cálculo de CRC para Modbus RTU 123
ANEXO 7. El Algoritmo Implementado con "TIA Porta V16" 125
ANEXO 8. Efectos en el Ladrillo Debido a los Cambios Bruscos de Temperatura 129
ANEXO 9. Tacómetro 131
ANEXO 10. Plano del Horno Ladrillero 142
ANEXO 11. Planos Eléctricos y Dimensiones del Tablero de Control 144

INDICE DE FIGURAS

Figura1 Ubicación de la ladrillera ISOMAC 1

Figura 2 Perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos con control manual 5
Figura 3 Proceso de limpieza del área, para la extracción de arcilla y arena..... 12
Figura 4 Cantera de arena 12
Figura 5 Cantera de arcilla 13
Figura 6 Proceso de extracción de arcilla y arena. 13
Figura 7 Tanque para la Purificación del Agua, para la Producción de Ladrillos. 19
Figura 8 Arena. 21
Figura 9 Arcilla. 21
Figura 10 Agua. 22
Figura 11 Proceso de mezclado de arena y arcilla. 22
Figura 12 Máquina trituradora. 23
Figura 13 Los rodillos de la máquina trituradora. 23
Figura 14 Máquina laminadora. 24
Figura 15 Rodillos de la máquina laminadora. 24
Figura 16 Máquina picadora. 25
Figura 17 Disco de la máquina picadora. 25
Figura 18 Máquina moldeadora. 26
Figura 19 Molde para ladrillo. 26
Figura 20 Máquina cortadora. 27
Figura 21 Etiquetadora del ladrillo. 27
Figura 22 Zona 1 de secado. 29
Figura 23 Zona 2 de secado. 29
Figura 24 Horno para ladrillo. 30
Figura 25 Parte interna del horno. 30
Figura 26 Colector de humo. 31
Figura 27 Filtro de humo. 31
Figura 28 Pulverizador de agua. 31
Figura 29 Transporte de ladrillos crudos hacia el horno. 32
Figura 30 Colocación de ladrillo en la plataforma del horno. 33
Figura 31 Cerrando los agujeros centrales de la plataforma. 33
Figura 32 Cerrando los agujeros laterales de la plataforma. 34
Figura 33 Llenado completo de horno ladrillero. 34
Figura 34 Ventilador para horno ladrillero. 35
Figura 35 Dosificador de combustible sólido. 36
Figura 36 Aserrín o viruta de madera. 37
Figura 37 Máquina que produce aserrín. 38
Figura 38 Aserrín en la fábrica de ladrillos. 38
Figura 39 Perfil de temperaturas del proceso de cocción de ladrillos. 40
Figura 40 Perfil de temperatura, división por zonas. 41
Figura 41 Esquema eléctrico del variador de frecuencia. 42
Figura 42 Variadores de frecuencia. 42
Figura 43 PLCs. 43
Figura 44 Sistema con control de lazo abierto. 44
Figura 45 Sistema con control en lazo cerrado. 44
Figura 46 Histéresis del control on-off. 45
Figura 47 Control on-off con histéresis. 46
Figura 48 Comportamiento de una planta con un control on-off con histéresis. 46
Figura 49 Termopares. 47
Figura 50 Sensores de temperatura. 48
Figura 51 Maquina realizando pruebas de resistencia de materiales. 49
Figura 52 Variedad de ladrillos king Kong. 51
Figura 53 Variedad de ladrillo de techo. 51
Figura 54 Almacenamiento para la venta de ladrillos. 52
Figura 55 Transporte de ladrillo. 52
Figura 56 Sistema de control ON-OFF con histéresis. 54

Figura 57 Sensor de temperatura, termocupla tipo K. 56
Figura 58 transmisor de temperatura. 58
Figura 59 Trama de maestro y esclavo. 58
Figura 60 Pruebas con Modbus Poll. 59
Figura 61 PLC "s7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY. 61
Figura 62 Variador de frecuencia. 63
Figura 63 Esquema eléctrico de variador de frecuencia. 63
Figura 64 HMI siemens. 65
Figura 65 Trama del protocolo de comunicación profinet. 65
Figura 66 Tarjeta de comunicación CB1241 puerto RS485. 67
Figura 67 Tramas del protocolo Modbus RTU. 67
Figura 68 Diagrama de flujo del proceso de precalentado ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 69 Diagrama de flujo del proceso de cocción. .... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 70 Configuración del puerto RS485. 70
Figura 71 Configuración de Modbus RTU. 70
Figura 72 Configuración de Modbus RTU envió y recepción. 71
Figura 73 Botón de emergencia e indicador de emergencia (imagen raíz). 71
Figura 74 Configuración de temperatura y tiempo de quemado. 72
Figura 75 Botón de inicio, pausa e indicador del fin del proceso de cocción. 72
Figura 76 Grafica la evolución del proceso. 73
Figura 77 Configuración de ficheros para guardar en USB los datos de proceso. 73
Figura 78 Configuración del PLC siemens. 74
Figura 79 Variable del PLC. 74
Figura 80 Variables del DB. 75
Figura 81 Variable del temporizador. 76
Figura 82 Variables en el bloque DB. 77
Figura 83 Variable de temperaturas para el PLC. 77
Figura 84 Distribución de los componentes del tablero. 78
Figura 85 Tablero del proyecto. 78
Figura 86 Tablero implementado. 79
Figura 87 Conexiones 1. 79
Figura 88 Conexiones 2. 79
Figura 89 Sistema instalado en el horno. 83
Figura 90 Sensor en el horno. 84
Figura 91 Encendido de un horno ladrillero. 84
Figura 92 Configuración de los parámetros para la cocción. 85
Figura 93 Arranque del sistema automático. 85
Figura 94 Proceso de precalentado del horno ladrillero. 86
Figura 95 Proceso de cocción. 86
Figura 96 Monitoreo del sistema automático. 87
Figura 97 Fin del proceso de cocción. 87
Figura 98 Grafica del perfil de temperatura en el HMI. 88
Figura 99 Monitoreando el proceso. 88
Figura 100 HMI guardando datos en el USB. 89
Figura 101 Los datos del USB. 89
Figura 102 Perfil de temperatura del proceso de cocción ladrillos con control on-off con histéresis. 90
Figura 103 Zona de precalentado del proceso de cocción de ladrillos con control on-off con histéresis. 91
Figura 104 zona de cocido del proceso de cocción de ladrillos con controlador on-off con histéresis. 92
Figura 105 Display de variador del dosificador. 93
Figura 106 Tacómetro en el Dosificador. 93
Figura 107 Display del variador del ventilador. 94

Figura 108 Tacómetro en el Ventilador. 94
Figura 109 Termómetro tipo pistola. 103
Figura 110 Advertencias y certificaciones del termómetro. 104
Figura 111 Etiqueta del termómetro. 104
Figura 112 Diagrama de flujo. 111
Figura 113 Agrietado de ladrillo crudo. 129
Figura 114 Deformación del ladrillo debido al exceso de calor 130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de las rocas ígneas. 11
Tabla 2 Tipos de Arcillas Existentes. 15
Tabla 3 Poder Calorífico de los Combustibles Sólidos. 37
Tabla 4 Pruebas de resistencia de materiales. 50
Tabla 5 Usos del Ladrillo Dependiendo de la Resistencia. 50
Tabla 6 Comparando a los transmisores de temperatura. 57
Tabla 7 Comparando a los PLCs. 60
Tabla 8 Comparando a los variadores de frecuencia. 62
Tabla 9 Comparando las HMI. 64
Tabla 10 Comparación de las tarjetas de comunicación. 66
Tabla 11 *Muestras de Temperatura en la Cocción de Ladrillos.* 105

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1. TITULO

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL AUTOMATICO PARA LA QUEMA DE LADRILLO CRUDO EN UN HORNO LADRILLERO EN EL DISTRITO DE SAN JERONIMO – CUSCO”

1.1.1. Lugar Geográfico

La tesis se realizó en la ladrillera ISOMAC, ubicada en la provincia del CUSCO en el distrito de SAN JERONIMO SECTOR LADRILLERA VIA.PRINCIPAL KM. SN C.C. SUCSO AUCCAYLLE (PDO APV, Av. 30 de setiembre), con la coordenada geográfica 13°33’15.9”S 71°53’48.8”W, en Figura1 la ubicación con Google maps.

Figura1
Ubicación de la ladrillera ISOMAC

Nota: imagen extraída de Google Maps.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La ladrillera “ISOMAC” la cual provee ladrillos al mercado cusqueño, donde la quema de ladrillos crudos, lo realizan artesanalmente, tratando de aproximarse empíricamente al perfil de temperatura deseada, dicha actividad se realiza arriesgando vidas humanas, ya que las personas son los que suministran combustible(aserrín) al horno ladrillero y determinan empíricamente la temperatura del horno ladrillo observando la parte interna visible si está de color rojo o no está de color rojo, a veces les engaña la vista y por lo cual los ladrillos no obtienen las propiedades deseadas y ello produce pérdidas económicas en la ladrillera.

Al no existir un adecuado regulador del dosificador ni del ventilador, ya que en la actualidad son reguladas manualmente y por ello no pueden controlar la temperatura del horno, a veces el incremento es más de lo necesario o menos de lo necesario y ello incrementar el tiempo de cocido de ladrillos crudos e incrementa las pérdidas económicas.

1.2.1. Formulación del Problema

1.2.1.1. Problema General

¿Es posible diseñar e implementar un controlador de temperatura de un horno ladrillero por medio de suministro de combustible (aserrín) y ventilación al horno?

1.2.1.2. Problemas Específicos

- ¿Qué sensor de temperatura se podrá utilizar para temperaturas muy elevadas?
- ¿Se podrá utilizar actuadores para controlar la temperatura?
- ¿Se podrá validar al controlador, al controlar la temperatura?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de control de temperatura para un horno ladrillero tipo volcán, por medio de control del suministro de combustible (aserrín) y de aire al horno ladrillero.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el sensor de temperatura más apropiado para un horno ladrillero.
- Dimensionar los actuadores para el control automático del suministro de combustible y de aire.
- Validar el diseño y el desempeño del prototipo a través de pruebas de campo.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Justificación del Estudio

Este proyecto mejorar las técnicas del proceso de cocción de ladrillos, el cual implica una eficiencia energética en este proceso de cocción, con la cual se emite menor cantidad de CO2 al ambiente, ya que sus técnicas actuales son artesanales y nada técnicos, exponiendo a riesgos la vida humana.

Debido a que los ladrillos no obtienen las propiedades deseadas ello significa pérdidas económicas para la empresa productora de ladrillos.

Con la tecnología se evita errores humanos en el proceso de cocción de ladrillos, garantizando que los ladrillos obtengan las propiedades deseadas y disminuyendo la exposición a riesgos la viva humana.

1.5. METODOLOGÍA

1.5.1. Enfoque de la Investigación

Este proyecto se realizó mediante un enfoque cuantitativo, debido a que plantea una solución objetiva al proceso de cocción de ladrillos crudos.

1.5.2. Tipo de Investigación

Esta tesis es una investigación aplicada, ya que se implementó una propuesta de automatización del proceso de cocción de ladrillos.

1.5.3. Diseño de la Investigación

Es una investigación experimental pura porque manipula una variable como es el calor relacionado con la medición de la temperatura y con el muestreo de los instantes de tiempo.

Se realizó una preprueba con el habitual control manual del proceso de cocción de ladrillos. Cuando la temperatura medida se encuentra alrededor de los 87°C el ladrillo libera micropartículas de agua en forma de vapor. Si se supera la temperatura de 87°C antes de 8 horas de precalentado el ladrillo se fractura debido a la rapidez de la liberación de agua, por ello la temperatura se debe mantener estable durante la expulsión de micropartículas de agua de todos los ladrillos. Por otro lado, el proceso de cocción requiere 8 horas a una temperatura de alrededor de 750°C; tiempo en el cual el ladrillo se coce y adquiere las propiedades mecánicas deseadas. Por el contrario, si supera la temperatura de 750°C el ladrillo cambia de color y se deforma considerablemente (como si fuera cera). De ello se determinan los límites de temperatura de precalentado, temperatura de cocción e intervalos de tiempo prudentes para reducir la resistencia térmica del sistema. Con todos estos valores se obtiene el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, del cual obtenemos los límites para el controlador on-off con histéresis.

Se realizó una posprueba utilizando el controlador on-off con histéresis para el proceso de cocción de ladrillos obteniéndose el perfil de temperatura del proceso de cocción semejante al perfil de temperatura de la preprueba; esta semejanza garantiza que el uso del controlador on-off permite obtener ladrillos con las

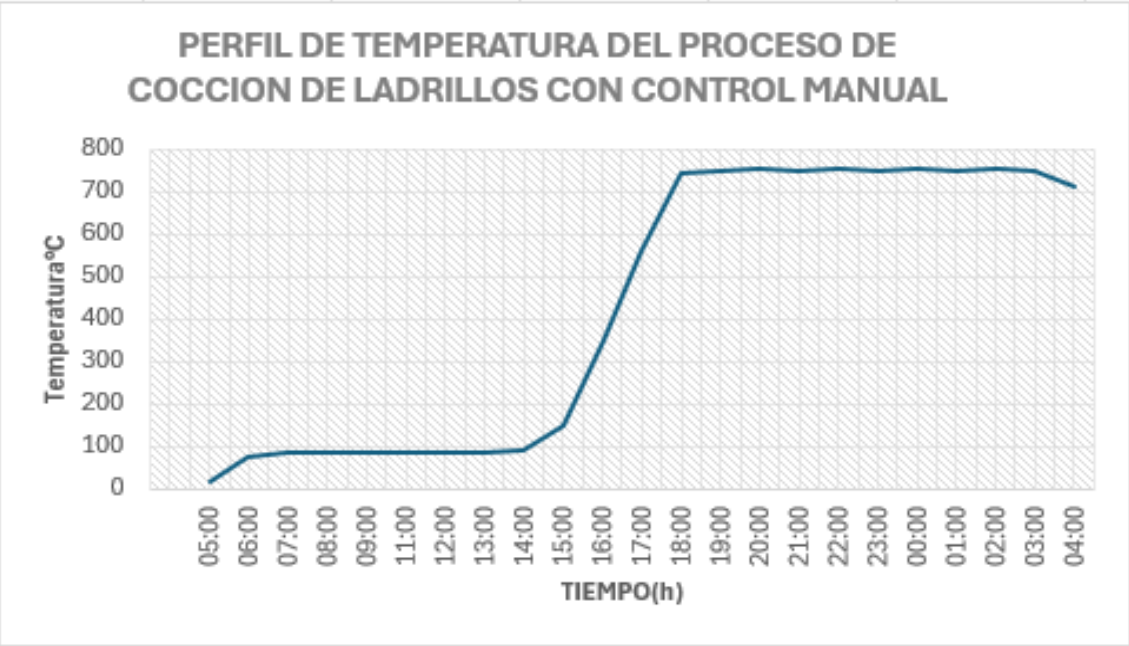
propiedades mecánicas deseadas.

1.5.4. Análisis de Datos

Analizando los datos del anexo 1, se obtiene la temperatura y tiempo del proceso de cocción de ladrillos a control manual (tabla 11). se determinó el intervalo de tiempo de precalentado, el umbral de temperatura de precalentado, el intervalo de tiempo de cocido y el umbral de temperatura de cocido. Tal como se aprecia en la figura 2.

Figura 2

Perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos con control manual



De la Tabla 11 analizando se obtiene.

En la zona de precalentado se determina:

- Temperatura promedio de precalentado 88°C.
- Intervalo de tiempo de 8 horas.

En la zona de cocción se determina:

- Temperatura promedio de cocción 750°C.
- Intervalo de tiempo de 8 horas.

1.5.4.1. **Analizando la zona de precalentado**

- La temperatura de 88°C.- Es el punto en el cual se elimina micropartículas de agua contenida en los ladrillos crudos.
- El intervalo de tiempo de 8 horas. - Es el tiempo prudente para evitar la

resistencia térmica del sistema. Si el sistema (horno con carga de ladrillos) tiene resistencia térmica los ladrillos crudos no eliminan el agua completamente.

1.5.4.2. Analizando la zona de cocido

- La temperatura 750°C.- Es el punto en el cual el ladrillo se coce y obtiene las propiedades mecánicas deseadas.
- El intervalo de tiempo. - Es el tiempo prudente para reducir la resistencia térmica del sistema, y así no afectar al proceso de cocción de todos los ladrillos.

1.5.5. Alcances de la Investigación

La automatización del proceso de cocción de ladrillos se realizará con un PLC Siemens, utilizando el control on-off con histéresis, el valor de histéresis es de ±1°C con el cual controla a los actuadores.

Por medio del HMI se configura el sistema automático en los parámetros de temperatura de precalentado, temperatura de cocido, el intervalo de tiempo de precalentado e intervalo de tiempo de cocido.

En el HMI se encuentra los botones del menú de imágenes, indicadores, botones de marcha, botones de pausa, botones de emergencia, botones de guardar en la memoria USB y borrar la memoria de USB.

El sistema de control on-off tiene las siguientes características:

- En este proyecto mejora el control de temperatura por medio de suministro de combustible (aserrín) y de aire, en un horno ladrillero tipo volcán mejorado.
- El horno ladrillero tipo volcán mejorado, utiliza como combustible al aserrín.
- El controlador de los variadores de frecuencia es un PLC de la marca Siemens.
- El proyecto abarca solo para hornos ladrilleros tipo volcán de una cámara de combustión.
- El control de flujo de aire se implementó con un variador de velocidad del ventilador.
- El control de suministro de combustible se implementó con un variador de velocidad del dosificador.

- Se calibró el controlador usando el método experimental-analítico determinando el flujo de aire más apropiado para una combustión adecuada.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- No se automatizará el proceso de encendido.
- Para enfriar el horno ladrillero después del cocido del ladrillo crudo se realizará con el aire del medio ambiente sin poder apresurar o retrasar el enfriado del horno.
- La carga de aserrín al depósito del dosificador se realizará manualmente.
- El control y los actuadores del horno ladrillero tipo volcán, depende exclusivamente de la red de energía eléctrica.
- El proyecto solo abarca para horno ladrilleros tipo volcán que utilizan aserrín como combustible para cocido de ladrillo crudo.
- El controlador on-off con histéresis es el adecuado, porque no necesita la función de transferencia de la planta.

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En la revista titulada, “REVISTA MEXICANA DE INGENIERIA QUIMICA” (rodriguez , R. Z. , Diego N.F, Martinez A.C, Memdez L.L,Aguilar L. M., 2004) los estudios que realizaron son sobre la temperatura de un horno ladrillero, donde determinaron la gráfica de temperatura vs tiempo nombrando a dicha grafica perfil de temperatura, donde para obtener la gráfica, distribuyo sensores a diferentes lugares dentro del horno, en un mismo instante registra diferentes temperaturas, el trabajo realizado consistió en comparar un dosificador manual y un dosificador mecánico, donde se le presentaron problemas en el quemado de ladrillo crudo. Donde sugirieron un control automático sobre los dosificadores, para un mejor control de temperatura del horno.

En la tesis, “PERFILES DE TEMPERATURA DE UN HORNO LADRILLERO DEL SECTOR DE CHAMBO” (ESCOBAR, 2011) determinaron que una distribución adecuada de ladrillos crudos mejora la transferencia de calor dentro del horno, el horneado debe ser controlado, ya que de ello depende las propiedades que obtenga el ladrillo.

En la revista “EELA (programa de eficiencia energética en ladrilleras de américa latina para mitigar el cambio climático)” (EELA, 2014) recomienda utilizar la tecnología disponible para mejorar la eficiencia del horno ladrillero este programa comparara las características de los ladrillos obtenidos y también recomienda nuevas técnicas de quemado de ladrillo crudo, donde sus recomendaciones se avocan por el análisis térmico de los hornos.

La tesis, “PROPUESTA DE AUTOMATIZACION Y MODERNIZACION DE HORNO PARA COCIDO DE LADRILLO ROJOS” (Serrano, 2016) propuso el control y automatización de un horno ladrillero en la ciudad de México , con combustible de quema a gas, donde determinaron teóricamente la cantidad de aire a una presión atmosférica de 586.230778 mmHg a temperatura de 20°C y una altitud de 2240 msnm necesario para mejorar la combustión , donde determinaron el volumen necesario de aire y de combustible, La automatización mejoraría varios aspectos como en lo económico y en la calidad del ladrillo.

En la tesis” Diseño del automatismo de control térmico y neumático de un horno túnel “ (Antonio, 2013) en ella diseño automatizar el proceso de cocción de ladrillo con varios quemadores, donde distribuyo los quemadores a lo largo de túnel, donde los quemadores tenían una sola función del perfil de cocción de ladrillos, lo dividió por zonas de precalentado y zona de cocción de ladrillo a lo largo del horno de tipo túnel.

En la tesis, “ ENERGY UTILISATION IN BRICK KILNS” (MAITHEL, 2003) en esta tesis compara entre dos hornos un horno tipo colmena y un horno con tiro vertical, donde determina que cada horno tiene diferentes ventajas, donde el horno vertical se usa cuando se tiene pocos ladrillo para el cocido , y el tipo colmena es mejor cuando se tiene mayor cantidad para el cocido, ya que el calor en este horno lo mantiene más tiempo que el horno tipo vertical , por tal motivo ahorra combustible.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la tesis **“**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE COCCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA LADRILLERA” (PINEDA ALMARAZ, 2021) compara la producción de ladrillos, de un proceso artesanal y un proceso industrial, con la cual determina una diferencia en las ganancias de las empresas.

En la tesis, “Diseño de la automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera El Rubí S.A.S Tunja” (Sanchez Niño, 2020) en esta tesis más se aboca a la producción de ladrillos crudos, utilizando maquinaria para la producción de ladrillos, el quemado de ladrillos crudos lo considera automatizado.

En la tesis, “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE COCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y AGREGADOS E. I. R. L.” (Guerrero Coronado, 2020) se considerando un sistema perfecto sin perturbaciones, se trabajó empíricamente sin datos reales, ya que fue una propuesta de diseño para la cocción, ya que tomó como referencia a un horno de cerámicas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Las Rocas Ígneas

Estas rocas contienen elementos necesarios para formar la materia prima arcilla. Las rocas en estado líquido se le denomina magma, la solidificación de esta se le denomina roca magmática o ígneas.

La gran variedad de rocas es debido a diferentes presiones y gradientes de temperatura al cual fue sometidos el magma, la presión ocurre cuando se solidifica el magma formando recipientes donde se acumula magma, ello produce diferentes rocas, según F. W. Clarke, se le llamo “padre de la Geoquímica “por haber determinado la composición de las rocas ígneas (MONTESO, 1990), las rocas ígneas están compuesto Tabla 1.

Tabla 1
Composición de las rocas ígneas.

Composición de las rocas ígneas	
Feldespatos	59.5%
Biotita (mica de Mg y Fe)	3.8%
Hornblendas y piroxenos	16.8%
Minerales de titanio	1.5%
Cuarzo	12.0%
Apatita	6.6%

Nota. Datos tomados del Tratamiento Practico de Cerámica (1990).

2.2.2. Cantera de Arcilla y Arena

La empresa dueña de la cantera de arcilla y arena es la “Asociación Tejas Ladrillos Sucso Auccailli S.A.” es la empresa que surte materias primas como arcilla, arena y agua a los fabricantes de ladrillos.

En la Figura 3, la empresa realiza el proceso de limpieza del área para la obtención de la arcilla y la arena.

Figura 3
Proceso de limpieza del área, para la extracción de arcilla y arena.

En la Figura 4, se aprecia el depósito natural de arena.

Figura 4
Cantera de arena

En la Figura 5, se aprecia el depósito natural de arcilla.

Figura 5
Cantera de arcilla

En la Figura 6, se observa el proceso de extracción de materia prima.

Figura 6
Proceso de extracción de arcilla y arena.

2.2.3. Materia Prima Arcilla

La arcilla es una mezcla de heterogénea, está compuesta principalmente por feldespatos y mica.

El feldespato, está compuesto de Ortoclasa ($KAlSi_3O_8$), Albita ($NaAlSi_3O_8$) y Anórtita ($CaAl_2Si_2O_8$).

La mica es un material que se compone de varios compuestos como silicato de aluminio ($Al_2(SiO_3)_3$), silicato de hierro ($Fe_2\ SiO_4$), silicato de calcio (Ca_2SiO_4), silicato de magnesio ($MgSiO_3$) y se caracteriza por ser un material adherible.

La arcilla tiene diferentes puntos de fusión, dependiendo del material que domine, la mezcla heterogénea.

2.2.3.1. Propiedades de la Arcilla

2.2.3.1.1. Plasticidad

Es la característica observa cuando se mezcla arcilla con agua, obtiene esta propiedad, puede formar cualquier objeto o adaptarse cualquier forma deseada.

2.2.3.1.2. Contracción

Esta característica se manifiesta, cuando a un objeto hecho con arcilla, es expuesto a calor, el agua es expulsada del objeto, en forma de vapor, por ello el objeto disminuye sus dimensiones iniciales.

2.2.3.1.3. Fusibilidad

Esta propiedad de la arcilla se manifiesta, cuando es sometido a alta temperaturas, hasta llegar al punto de fusión de la arcilla, la cual depende de la composición de la arcilla.

Una forma de percibir esta propiedad es cuando un objeto formado con arcilla es sometido a altas temperaturas que superan, el punto de fusión, donde la forma inicia no es igual a la forma final.

Esta propiedad de la arcilla es la que se aprovecha para eliminar la porosidad del objeto de arcilla, ya que partículas de arcilla, obtienen movilidad gracias a altas temperaturas.

2.2.3.2. Tipos de arcillas existentes

En la Tabla 2, se muestra las variedades de arcilla existente.

Tabla 2
Tipos de Arcillas Existentes.

TIPO DE ARCILLA	COLOR	TEMPERATURA DE COCCION(°C)	CARACTERISTICAS
Arcilla de loza (terracota)	Rojo, marrón, anaranjada	900-1100	Poroso y no vitrificada, usada para masetas, tejas y objetos decorativos.
Arcilla de gres	Gris o marrón	1200-1300	Vitrificada parcialmente, dura y no porosa, ideal para vajillas y objetos utilitarios.
Arcilla de porcelana	Blanco o gris pálido	1200-1450	Muy fina y pura, vitrificada, completamente. usada para objetos de alta calidad.
Arcilla de bola	Blanco o gris pálido	1000-1200	Muy plástica y pegajosa, usada para mejorar la plasticidad de otras arcillas.
Arcilla refractaria	Blanco o marrón claro	1300 -1700	Resistente a altas temperaturas, ideal para crisoles y ladrillos refractarios y objetos que resisten calores extremos.

Nota. Adaptado de ceramicartis *(*https://ceramicartis.com/tipos-de-arcillas-caracteristicas-usos/).

El tipo de arcilla que se utiliza para elaborar ladrillos es la arcilla refractaria, esta arcilla fusible contiene bastantes impurezas, como Carbonato de calcio ($CaCO_3$) y gran cantidad de óxido de hierro (Fe_2O_3), el cual disminuye el punto de fusión de la mezcla, a veces agregan arena a la arcilla refractaria para disminuir, el punto de fusión de la mezcla.

2.2.4. Materiales que Sirven para Modificar las Propiedades de la Arcilla

Se utilizan diferentes materiales, con las cuales varían las propiedades de la arcilla, cómo la propiedad de la plasticidad y la fusibilidad.

Materiales qué modifican la plasticidad de la arcilla, se le llaman materiales desengrasantes.

Los materiales que modifican, el punto de fusión de la arcilla, se les denomina materiales fundentes.

2.2.4.1. Materiales que Modifican la Plasticidad de la Arcilla

Una arcilla muy grasa, es decir muy plástica, tiene excesiva adherencia al operario, cuando se utiliza esta arcilla sin modificar su propiedad, los objeto creado con esta arcilla, se agrieta al perder humedad, debido a la capa impermeable que impide la expulsión de la humedad interna del objeto, es decir al secar se grieta el objeto.

Los materiales desengrasantes ayudan al secado uniforme del objeto, no se agrita el objeto.

2.2.4.1.1. Material silícico

Es un material que lo extraen generalmente de canteras de arena, es el desengrasante más utilizado para la fabricación de ladrillos, tejas y pasteleros, vulgarmente lo conocen como “arena”, es el desengrasante de cuarzo, que presenta sílice en la máxima pureza.

2.2.4.1.2. Carbón vegetal

Es el material que se obtiene de una combustión incompleta de la madera, es decir calentar la madera con poca cantidad de oxígeno, a este material se le divide, hasta obtener pequeñas partículas (polvo), al cual utilizan como desengrasante.

2.2.4.1.3. Otros materiales

El número de materiales desengrasantes es numeroso pudiendo optar como tal, cualquier sustancia, que no pueda cocerse a la temperatura de cocción del ladrillo o algún material que no reaccione químicamente con la arcilla, estas pueden ser rocas, piedras, estiércol, paja, rocas volcánicas, conchas molidas, calcita, huesos y otros.

2.2.4.2. Materiales Fundentes

Estos materiales modifican, el punto de fusión de la arcilla, las principales son los siguientes álcalis (soda - potasa), tierras alcalinas (cal – magnesia) óxido de hierro y fosfato de calcio.

2.2.4.2.1. Fundentes alcalinos

La más común, es el silicato el alcalino natural, siendo su color blanco o blanco amarillento o rosa.

- Oxido de potasio (K_2O).
- Oxido de aluminio (AL_2O_3).
- Oxido de silicio (SiO_2).

El fundente que se utiliza para la preparación de la pasta cerámica es los álcalis (potasa y sosa).

2.2.4.2.2. Fundente calcáreo

Este fundente son los más baratos, en costes hoy ya son fácil de hallarlos en su forma cómoda para el uso, el inconveniente de añadir a la pasta es el reblandecimiento excesivo de la pasta, al mismo tiempo que su vitrificación de modo que es difícil obtener productos impermeables, este fundente se utiliza para hacer cubiertos de arcilla como platos y tasas.

Los fundentes calcáreos se emplean bajo dos formas cómo carbonato ($CaCO3$) o como sulfato ($CaSO4+2H2O$).

2.2.4.2.3. La mica como fundente

La mica también es un fundente natural, que se encuentra en la arcilla, en algunas canteras de arcilla, a veces la arcilla ya tiene cantidad adecuada de fundentes (mica), donde ya no es necesario agregar fundentes.

2.2.5. Agua para la Producción de Ladrillos

Las impurezas del agua constituyen una preocupación para los ceramistas, ya que ocasionan trastornos grandes en la composición de la pasta, por esta razón se emplea distintos procedimientos para eliminar estas impurezas,

todas las aguas naturales contienen impurezas disueltas y en suspensión, el agua es un disolvente casi universal, por ello contiene impurezas.

2.2.5.1. Tratamiento para la eliminación de las impurezas del agua

Las impurezas que se elimina son:

1.-Turbiedad (eliminación de las materias suspendidas).

2.- Eliminación de las impurezas disueltas (dureza, alcalinidad, hierro, magnesio, etc.).

3.-Eliminación de olores y sabores.

4.-Eliminación de bacterias y algas.

Para poder eliminar estas impurezas los métodos a utilizar son la sedimentación, filtración, suavización, aireación, eliminación de olores y cloración.

a) **Sedimentación**. -Es el método más simple y sencillo para separar las impurezas en suspensión del agua, el agua se deja reposar, hasta que las partículas sólidas se hayan asentado debido a la gravedad, quedando el agua clarificada en la parte superior.
b) **Filtración**. -Es una operación por el cual se hace pasar el agua por una capa de arena que retiene todos los sólidos suspendidos.
c) **Suavización**. - Los métodos que se utilizan para suavizar el agua son la suavización con cal, la suavización con soda el proceso se hace en frío.
d) **Aireación**. -Para eliminar los gases perjudiciales que puedan hallarse en la solución en el agua, generalmente se agita el agua constantemente.
e) **Eliminación de olores**. -Se observa por medio de carbón activado dadas

las propiedades que tiene de absorber sustancias.

f) **Cloración**. -Poca cantidad de cloro nos da seguridad de su acción desinfectante.

En la Figura 7, se observa el tanque qué utilizan para el proceso de la purificación del agua.

Figura 7
Tanque para la Purificación del Agua, para la Producción de Ladrillos.

2.2.6. Preparación de la Pasta

La pasta adecuada para producir ladrillos, necesitamos proporciones adecuadas de arcilla y desengrasantes, los cuales modifican las propiedades de la arcilla, dicha mezcla se debe homogenizar.

2.2.6.1. Calculo mediante volumen

El procedimiento para el cálculo mediante volumen, es una forma de medir a las materias primas, que se utiliza para la producción de ladrillos , también puede aplicarse para materiales finos, pero no es aconsejable aun tratándose de operar con materiales pulverizadas y de qué haya tomado la precaución, pero esta técnica se aproxima a la proporción deseada, los volúmenes que utilizan las fábricas ladrilleras son $1m^3$, balde, palas y otros, utilizan el mismo recipiente como medida de todos los insumos, para formar la pasta.

La proporción es 15 de arcilla y 5 de arena, de cualquier referencia de volumen que tome.

2.2.6.2. Proceso de la Mezcla de Arcilla, Arena y Agua

Para realizar esta actividad utilizan maquinaria el cual mezcla la arcilla, arena y agua.

Para determinar la proporción, cubican en la pala de la maquinaria, donde 3 palas de la maquinaria, hace $1m^3$ de material.

Donde 3 palas máquina de arcilla y 1 pala máquina de arena es la proporción para la pasta.

En la ladrillera por $1m^3$ de mezcla de arcilla y arena, para formar la pasta se le agreda 3 baldes de agua, el balde de 18L.

Con la cual surte de materia a las maquinas que fabrican los ladrillos.

En cerámica, se llama barbotina, al líquido espeso constituido, por una materia solida desleída en agua en cantidades suficientes, para que tenga consistencia de crema, que vulgarmente le nombran como “barro”.

En la Figura 8, la arena en la fábrica de ladrillos.

Figura 8
Arena.

En la Figura 9, la arcilla en la fábrica de ladrillos.

Figura 9
Arcilla.

En la Figura 10, el agua en la fábrica de ladrillos.

Figura 10
Agua.

En la Figura 11, el proceso de mezclado de arena, arcilla y agua en la fábrica de ladrillos.

Figura 11
Proceso de mezclado de arena y arcilla.

2.2.7. Maquinaria que se Utiliza para la Fabricación de Ladrillos

2.2.7.1. Máquina Trituradora. - Es una maquina mecánica Figura12, la cual está constituido de dos rodillos con superficies planas Figura 13**,** con la cual trituran la mezcla de arcilla y arena semihúmedo, esta maquinaria se utiliza para triturar piedrillas de la mezcla.

Figura 12
Máquina trituradora.

Figura 13
Los rodillos de la máquina trituradora.

2.2.7.2. Máquina Laminadora. – Es una maquina mecánica Figura14, Consta principalmente de 2 cilindros o conos metálicos endurecidos Figura15, montados al mismo nivel uno alado del otro, los cilindros están conectados por engranajes, por donde reciben torque, con la cual disminuye las dimensiones de la materia prima, los cilindros son accionado por un motor eléctrico.

Figura 14
Máquina laminadora.

Figura 15
Rodillos de la máquina laminadora.

2.2.7.3. Máquina Picadora

Es una máquina mecánica Figura 16, esta máquina se encarga de homogenizar la mezcla y reducir las dimensiones materia prima con los discos que tiene la maquina Figura 17.

Figura 16
Máquina picadora.

Figura 17
Disco de la máquina picadora.

2.2.7.4. Máquina Moldeadora

Esta máquina Figura 18, consta de tolva, cuerpo apropiado para una prensa, el eje provisto de hélice y boquilla de salida, la tolva es como un depósito de materia y la que surte de material es la prensa y la boquilla es la que moldea los ladrillos Figura 19, realizando cambio de la boquilla se obtienen diferentes tipos de ladrillos.

Figura 18
Máquina moldeadora.

Figura 19
Molde para ladrillo.

2.2.7.5. Máquina Cortadora

Esta máquina Figura 20, es la que divide, al bloqueo moldeado que expulsa la máquina moldeadora, en ladrillos de medidas estándar, la etiquetadora Figura21, es la que pone el sello característico de la empresa ladrillera.

Figura 20
Máquina cortadora.

Figura 21
Etiquetadora del ladrillo.

2.2.8. Proceso para la Fabricación de Ladrillos Crudos

Para realizar el proceso de fabricación realizar los siguientes pasos.

Paso 1.- Mezclar arcilla con desengrasante.

Paso 2.-Añadir agua a la mezcla.

Paso 3.-Ingresa la mezcla a la maquina trituradora, la homogeniza la mezcla en dimensiones.

Paso 4.-Luego es transportado por una faja transportadora hacia la máquina laminadora, la cual disminuye hasta la mínima dimensión de la mezcla, expulsando la mezcla en forma de planchas pequeñas.

Paso 5.-Luego es trasportado por una faja transportadora hacia la máquina picadora, la cual disminuye las dimensiones de la mezcla y homogeniza la mezcla.

Paso 6.-Luego es trasportado por una faja transportadora, hacia la máquina moldeadora, la cual da forma de ladrillo a la mezcla, pero un solo bloque.

Paso 7.-Ingresa a la maquina cortadora, la cual corta el bloque en dimensiones deseadas de ladrillos.

Paso 8.- Luego es trasportado los ladrillos crudos frescos, en carretillas a la zonas de secado.

2.2.9. Zona de Secado de Ladrillos Crudos

Es un espacio Figura 22, aireada y sombreada donde se evita que la temperatura suba bruscamente, ya que incrementos de temperatura brusca significa pérdida, ya que el ladrillo se comienza a agrietarse, por ello el secado debe ser lento.

Figura 22
Zona 1 de secado.

En la Figura 23, se muestra la zona de secado de la fábrica de ladrillos.

Figura 23
Zona 2 de secado.

2.2.10. Horno Ladrillero

Es un dispositivo Figura 24, que sirve para concentrar calor en un volumen determinado, dentro del horno se produce reacciones químicas como la combustión, ya que en este proceso se produce calor.

Las partes del horno tipo volcán son: cámara de combustión, puerta de carga y descarga y plataforma.

- La cámara de combustión es la zona donde ocurre los procesos químicos.
- Puerta de carga y descarga, es la abertura por donde se ingresa al interior del horno ladrillero.
- Plataforma, es la superficie donde se acomoda los ladrillos crudos para la cocción.

Figura 24
Horno para ladrillo.

En la Figura 25, se observa la plataforma del horno ladrillero.

Figura 25
Parte interna del horno.

2.2.11. Sistema de Filtrado de Humo

Este sistema que está conformado por un colector de humo Figura 26, el cual canaliza el humo hacia el filtro Figura 27, el cual funciona con la pulverización del agua Figura 28, el cual retiene partículas liberando únicamente CO_2.

Figura 26
Colector de humo.

Figura 27
Filtro de humo.

Figura 28
Pulverizador de agua.

2.2.12. Proceso de Cargue de Ladrillos Crudos al Horno Ladrillero

Para una adecuada cocción de todos los ladrillos, es necesario distribuir el calor dentro del horno ladrillero y por ello necesitamos una adecuada distribución de los ladrillos crudos, ya que de ello dependen de las propiedades que adquiere los ladrillos, este horno tiene la capacidad de 5000 ladrillos.

Para cargar ladrillos crudos al horno, se realizan los siguientes pasos.

Paso 1.- Transportar ladrillos crudos de la zona de secado, hacia el horno ladrillero Figura 29.

Paso 2.- Ordenar los ladrillos crudos, en la plataforma del horno, sin tapar los agujeros de la plataforma Figura 30.

Paso 3.- Apilando de 3 a 4 ladrillos crudos, cerrar los agujeros centrales de la plataforma, donde los únicos agujeros visibles son los agujeros laterales de la plataforma Figura 31.

Paso 4.- Cuando el apilado de ladrillos llega a la parte central del horno, cerrar los agujeros laterales del horno Figura 32.

Paso 5.- Llenado de ladrillos crudos hasta la parte superior del horno ladrillo Figura 33.

Figura 29

Transporte de ladrillos crudos hacia el horno.

Figura 30

Colocación de ladrillo en la plataforma del horno.

Figura 31

Cerrando los agujeros centrales de la plataforma.

Figura 32
Cerrando los agujeros laterales de la plataforma.

Figura 33
Llenado completo de horno ladrillero.

2.2.13. Máquinas para el Quemado de Ladrillo

Cuando se diseña un maquina inicialmente se debe determinar que se necesita, luego determinar quién lo va a realizar lo que se necesita, luego hacer cálculos y determinar de qué material se debe construir la maquina en allí entra el factor de seguridad (F.S.).

Las maquinas que se utilizan para el proceso de cocción de ladrillos son:

2.2.13.1. Ventilador

En la Figura34 se muestra la máquina, que está constituida de una turbina la cual convierte la energía eléctrica a energía mecánica es decir en corrientes de aire las cuales tienen cierta presión y caudal, para seleccionar un ventilador debemos tener en cuenta los parámetros importantes que son el caudal y la presión que deseamos alcanzar, su costo es según sus características de esta.

Figura 34
Ventilador para horno ladrillero.

2.2.13.2. Dosificador de Combustible Solido

Es una maquina mecánica Figura 35, está constituido por un tornillo sin fin con la cual transportar cualquier material o desplazar de un lugar a otro lo que puede realizar dichas actividades apresurada o lentamente dependiendo del motor regulador o del cual se reduce la velocidad del motor.

Existe varios tipos de dosificadores con tornillos sin fin dichas variaciones se debe al paso de las hélices o al diámetro de las hélices la forma de elegir es según qué va a transportar, según la resistencia del material, la cual se va a transportar.

Figura 35
Dosificador de combustible sólido.

2.2.14. Combustible Solido

El combustible que se utilizará, para la cocción de ladrillo, será el combustible sólido, el cual liberar energía mediante el proceso de la combustión, en forma de calor y luz.

Los combustibles sólidos, tienen diferente poder calorífico, debido a que el combustible sólido está constituido de diferentes sustancias.

Los combustibles sólidos pueden ser: madera, Carbón, turba, estiércol y otros.

El poder calorífico de 1kg de combustible sólido a temperatura de 0°C y presión de 760mmHg Tabla 3.

Tabla 3
Poder Calorífico de los Combustibles Sólidos.

Combustible solido	Poder calorífico (Kcal/Kg)
Aserrín	4700
Turba	5000 a 6000
Lignito	6000 a 6000
Antracita	8100 a 8300

Nota. Adaptado de tratado practico de cerámica (p.72), por José Monteso,1990.

El combustible sólido que se utiliza es el aserrín el cual se obtiene de los talleres de carpintería Figura 36, las dimensiones aproximadas del aserrín son de 0.3cmx0.4cmx0.05cm mezclado con polvillo de madera.

Figura 36
Aserrín o viruta de madera.

En la Figura 37, la maquinas que producen aserrín.

Figura 37
Máquina que produce aserrín.

En la Figura 38, el combustible sólido aserrín en la fábrica de ladrillos.

Figura 38
Aserrín en la fábrica de ladrillos.

2.2.15. Perfil de Temperatura para el Proceso de Cocción de Ladrillos

Es la curva que describe el comportamiento del horno para una cocción adecuada de todos los ladrillos.

2.2.15.1. Referencias para validar el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos

Este perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos coincide en forma en Colombia, México, Bolivia, Perú y otros.

- En la revista TECNURA “Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales” (Gómez, 2016) del perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, se observa la temperatura de precalentado un aproximado de 88°C y la temperatura de cocción es 627°C con intervalos de tiempo de 8 horas aproximadamente.
- En la Revista Mexicana de Ingeniería Química “PERFILES DE TEMPERATURA EN UN HORNO LADRILLERO TEMPERATURE PROFILES IN A BRICK KILN” (rodriguez , R. Z. , Diego N.F, Martinez A.C, Memdez L.L,Aguilar L. M., 2004) en esta revista determinaron el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos y lo publicaron , donde se observa la temperatura de precalentado es aproximadamente de 98°C y la temperatura de cocción es de 1050°C , también se observa el intervalo de tiempo aproximadamente de 8 horas.
- En el artículo científico “Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales” (Luján Guzmán, 2015) el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, se observa la temperatura de precalentado es 92°C y la temperatura de cocción es 900°C con un intervalo de tiempo de 8 horas aproximadamente.

2.2.15.2. Analizando el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos

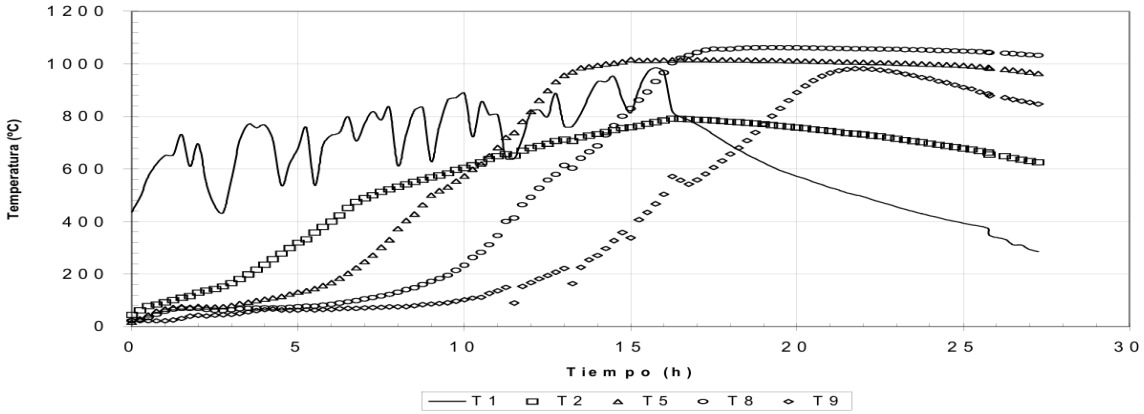
La curva Figura 39, temperatura vs tiempo, el cual describe el comportamiento de la temperatura en diferentes puntos del horno ladrillero, dicho perfil garantiza que los ladrillos obtengan las características deseadas.

Dónde:

- T1 es la temperatura encima de la boca de la cámara de combustión.
- T2 es la temperatura a media altura del horno.
- T5 es la temperatura en la interna del horno ladrillos.
- T8 es la temperatura en la puerta de cargue y descargue del horno ladrillero.
- T9 es la temperatura en la parte superior exterior.

Figura 39

Perfil de temperaturas del proceso de cocción de ladrillos.



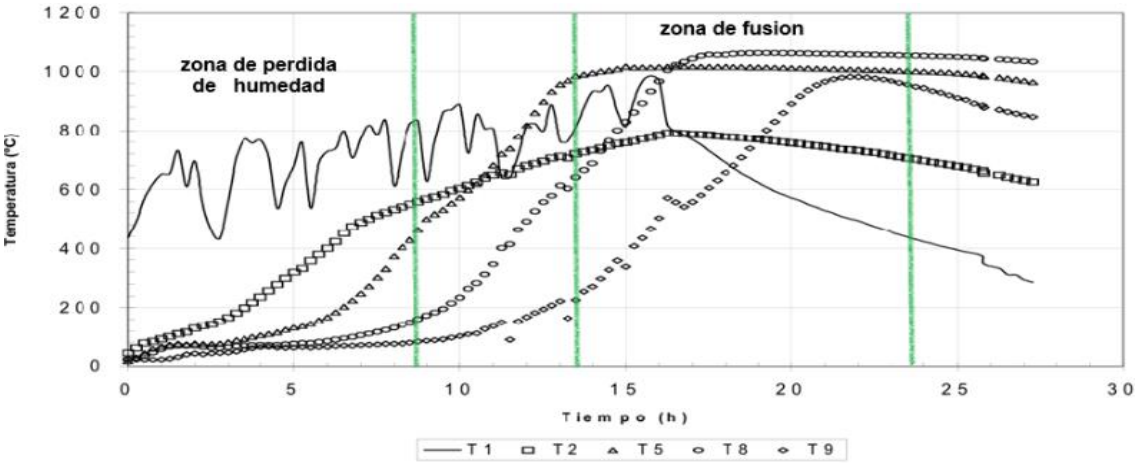
Nota. Adaptado de Revista Mexicana de Ingeniería Química. https://www.redalyc.org/pdf/620/62030206.pdf

En la Figura 40, se puede observar que existe 2 zonas, la primera es la zona donde el ladrillo crudo pierde la humedad y el intervalo de tiempo garantiza que las resistencias térmicas no afecten este proceso de precalentado de todos los ladrillos, la zona de fusión es donde los ladrillos adquieren las propiedades deseadas y el intervalo de tiempo garantiza que las resistencias térmicas que tiene el sistema no afecten el proceso de cocción de todos los ladrillos.

En la Figura 40, la zona de pérdida de humedad es lo que hemos denominado proceso de precalentamiento y la zona de fusión es lo que hemos denominado proceso de cocción.

Figura 40

Perfil de temperatura, división por zonas.



Nota. Adaptado de Revista Mexicana de Ingeniería Química. https://www.redalyc.org/pdf/620/62030206.pdf

El perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos tiene la zona de precalentado y zona de cocción, el perfil de temperatura coincide en todos los lugares en forma, donde difieren es en la temperatura de precalentado y temperatura de cocción ya que ello depende del lugar y la composición de la arcilla.

2.2.16. Variador de Frecuencia (VFD)

El VFD son las iniciales de “Variable Frequency Drive” traducido “Accionamiento de Frecuencia Variable”. El variador de frecuencia es un sistema electrónico, es cual suministra energía eléctrica trifásica de frecuencia variable a un motor eléctricos.

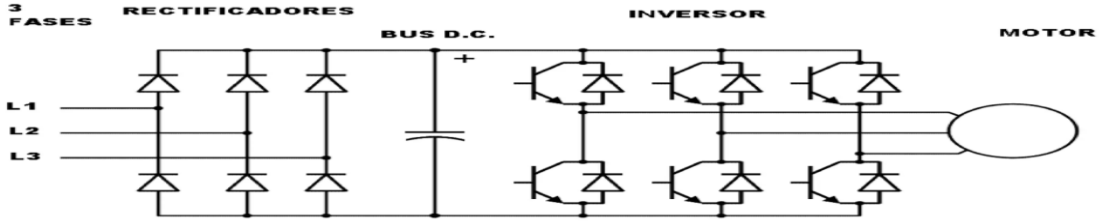
Este sistema varía la velocidad de un motor eléctrico trifásico, mediante la variación de frecuencia y ello varía el consumo del 20% al 70% de la potencia.

Las características del variador de frecuencia son configurables con los parámetros, se puede configurar como la inversión de giro del motor eléctrico, la velocidad de aceleración del motor eléctrico, modos de parada del motor, configuración de modo manual a automático, paro del motor al perder la comunicación y otros.

En la Figura 41, se muestra el esquema eléctrico del variador de frecuencia y funciona de la siguiente manera, rectifica la tensión alterna de la red eléctrica monofásica o trifásica y lo filtra obteniendo tensión continua, el cual es recortado por transistores de potencia obteniendo tres señales PWM, el cual se aproxima a la tensión alterna trifásica.

Figura 41

Esquema eléctrico del variador de frecuencia.



En la Figura 42, se muestra algunas marcas de variadores de frecuencia VFD Delta, VFD ABB, VFD Siemens, VFD Allen Bradley, VFD Mitsubishi, VFD Schneider Electric y otros.

Figura 42

Variadores de frecuencia.

2.2.17. Controlador Lógico Programable (PLC)

También se le llama autómata programable, es un sistema electrónico y es utilizado en la automatización de procesos en la industria, existen 2 tipos de PLC.

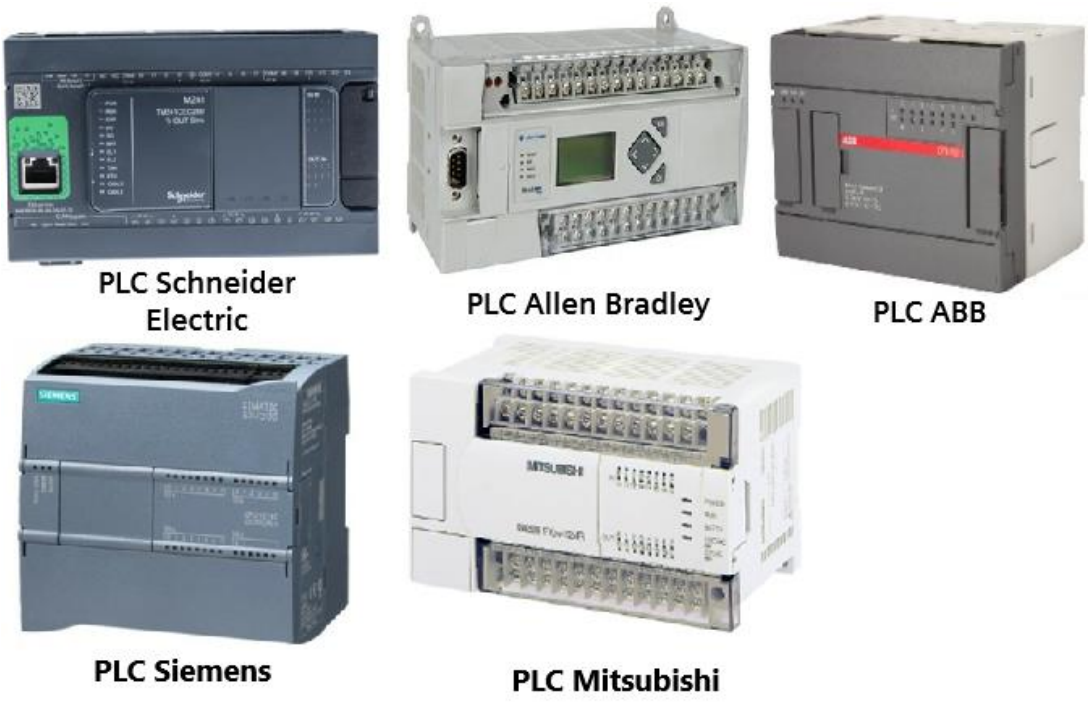
a) Autómata programable compacto. -Estos autómatas contienen pines de salidas, entradas, puertos de comunicación y otros.

b) Autómata programable modular. - Estos equipos contienen únicamente CPU, para poder utilizar estos equipos necesitamos agregarles módulos tanto de salida, entrada, comunicación, entradas analógicas y otras.

En la Figura 43, se muestra algunas marcas en el mercado como PLC ABB, PLC Siemens, PLC Allen Bradley, PLC Mitsubishi, PLC Schneider Electric y otros, cada uno de ellos tiene su propio software para configurar el PLC.

Los PLCs más comunes que se encuentran en el mercado peruano son PLC Schneider Electric y el PLC Siemens.

Figura 43
PLCs.



2.2.18. Sistemas de Control

Existen dos tipos de sistemas de control.

- El sistema de control de lazo abierto.
- El sistema de control de lazo cerrado.

2.2.18.1. Sistema con control de lazo abierto

Son sistemas que no les importa su salida ya que no tiene forma de saber si la salida llego a lo deseado y no utilizan sensores.

En la Figura 44, se muestra un sistema con control en lazo abierto.

Figura 44

Sistema con control de lazo abierto.

2.2.18.2. Sistema con control de lazo cerrado

Son aquellos controladores que verifican la salida del sistema, con la retroalimentación con la cual el controlador de lazo cerrado ajusta la señal de salida asía la señal de entrada y utiliza sensores.

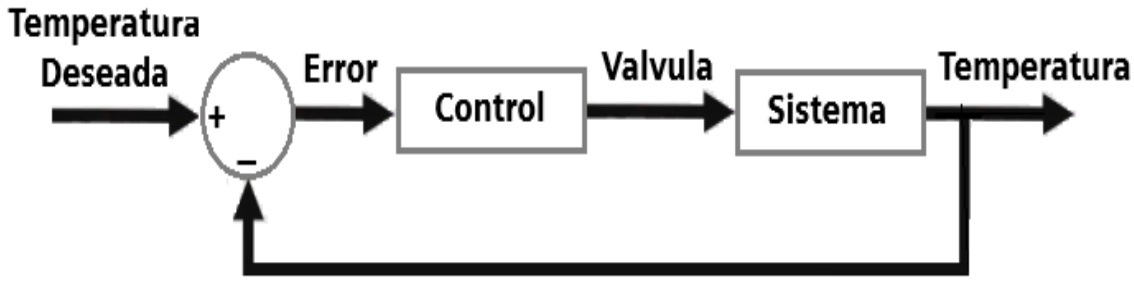
Los controladores de lazo cerrado son:

- Control on-off
- Control PID

En la Figura 45, se muestra un sistema con control en lazo cerrado.

Figura 45

Sistema con control en lazo cerrado.



2.2.18.2.1. El controlador on-off

También conocidos como controles todo o nada. Existen dos tipos de controladores on-off, el control on-off sin histéresis y el control on-off con histéresis.

2.2.18.2.1.1. El control on-off sin histéresis

En este control se produce el fenómeno de chattering, es decir aparece señales oscilantes en el sistema.

2.2.18.2.1.2. El control on-off con histéresis

Es el control más utilizado en la industria, se utiliza para procesos lentos y se encuentran en sistemas de refrigeración, sistemas de aire acondicionado, llenado de recipiente, separador de líquido y otros.

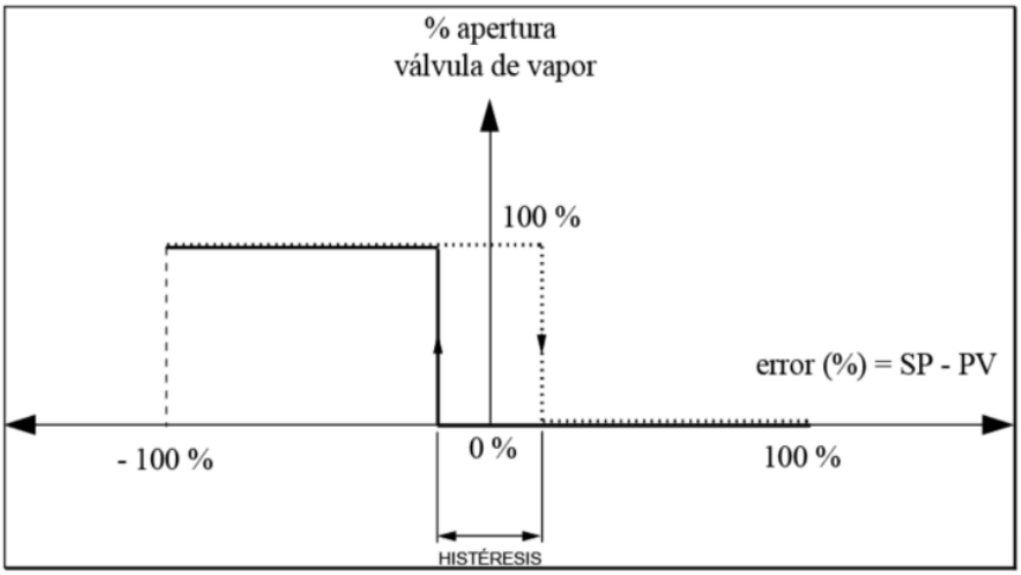
La histéresis es la variable con la cual eliminamos el fenómeno chattering y protegemos a los actuadores y a la planta.

El controlador on-off con histéresis, trabaja con los límites del proceso $referencia \pm H/2$.

La histéresis también llamado ventana de la histéresis Figura 46, es la diferencia de la variable a controlar, el valor máximo de salida en el tiempo de off y el valor mínimo de salida en el tiempo de on.

Figura 46

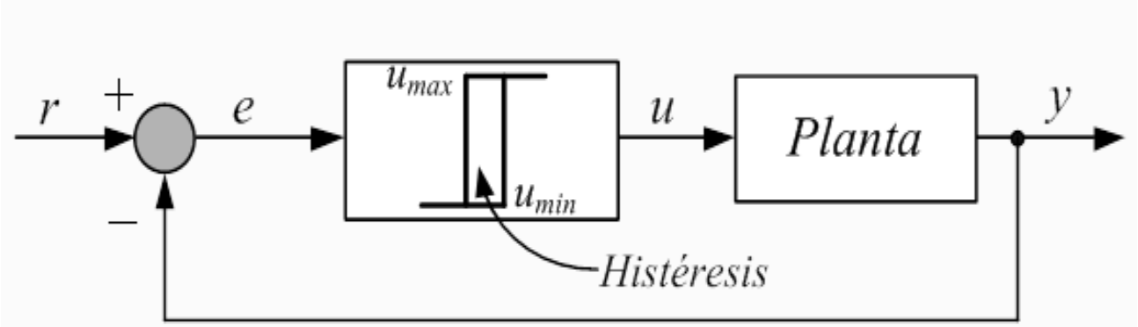
Histéresis del control on-off.



Nota. Adaptado de *ingeniería de instrumentación de plantas de procesos* (p.314) por (Manuel Bollain Sanchez, 2018).

La planta con un control on-off con histéresis Figura 47, la señal de salida es: $u - H/2 \leq y \leq u + H/2$.

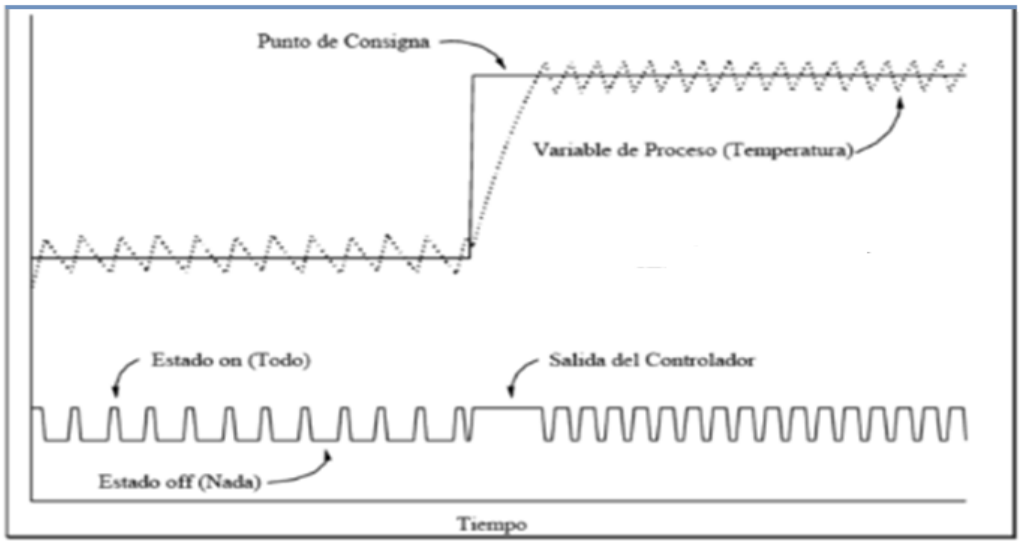
Figura 47
Control on-off con histéresis.



Nota. Adaptado de *ingeniería de instrumentación de plantas de procesos* (p.318) por (Manuel Bollain Sanchez, 2018).

En la Figura 48, el comportamiento en el tiempo del sistema con un control on-off con histeresis.

Figura 48
Comportamiento de una planta con un control on-off con histéresis.



Nota. Adaptado de *ingeniería de instrumentación de plantas de procesos* (p.319) por (Manuel Bollain Sanchez, 2018).

2.2.19. Sensor de Temperatura

Son dispositivos eléctricos con los cual podemos medir la temperatura por medio de señales eléctricas, pueden proporcionar directamente o mediante resistencia proporcional, también mediante radiación infrarroja, también son conocidos como termo sensores, sondas térmicas y sensores de calor.

Estos sensores de temperatura se utilizan para controlar sistemas que utilizan la temperatura como referencia.

Los sensores de temperatura son:

- Sensor de temperatura por infrarrojo. – Son dispositivos optoelectrónicos los cuales miden la radiación infrarroja que emiten los cuerpos.
- Termistor. – Son dispositivos constituido por semiconductor los cuales a variación de temperatura proporciona la variación de la resistencia del termistor.
- Termocupla. – Este sensor está constituido por la unión de dos metales diferentes a los extremos se les denominan unión caliente y unión frio, también llamado termopar es un transductor, el cual convierte la temperatura en milivoltios,

Existen varios tipos de termocuplas Figura 49, se menciona de que material está constituido y el rango de temperatura.

Figura 49

Termopares

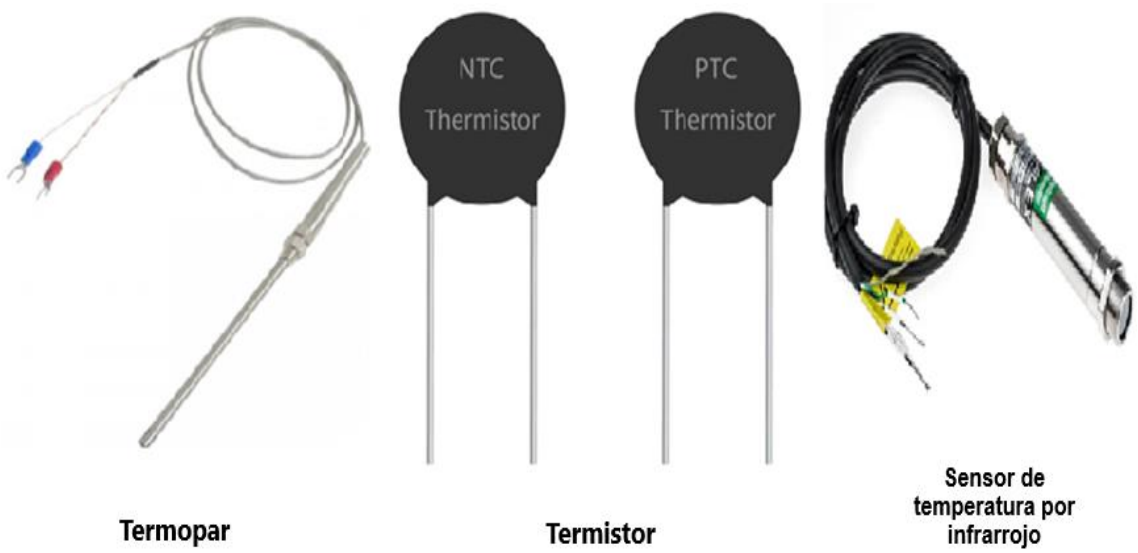
Tipo de termopar	Materiales	Rango normal
J	Hierro – Constantan	-190 °C a 760 °C
T	Cobre – Constantan Cobre – (Cobre-Níquel)	-200 °C a 370 °C
K	Cromel – Alumel (Cromo – Níquel) – (Aluminio-Níquel)	-190 °C a 1.260 °C
E	Cromel – Constantan	-100 °C a 1.260 °C
S	(90 % Platino + 10 % Rodio) – Platino	0 °C a 1.480 °C
R	(87 % Platino + 13 % Rodio) – Platino	0 °C a 1.480 °C

Nota. Adaptado de automatización y control (https://automatizacionycontrol.wordpress.com/instrumentacio/control/medidas-de-temperatura/termopares/).

En la Figura 50, se muestra los sensores de temperatura, los cuales se utilizan para controlar procesos que dependa de la temperatura.

Figura 50

Sensores de temperatura.



2.2.20. Análisis de las Propiedades y Variedades de Ladrillos

2.2.20.1. ¿Qué es un ladrillo?

Un ladrillo es un material de construcción versátil, el cual se construye con arcilla y esta obtiene propiedades al someter a un proceso físico.

La cocción elimina la humedad de la arcilla, luego reordena molecularmente a las partículas de arcilla obteniendo la propiedad de dureza.

2.2.20.2. Análisis a los Ladrillos

Para analizar un ladrillo se utiliza una prensa neumática Figura 51, con ello se somete a fuerzas al ladrillo, con ello determinan su dureza del ladrillo, se desea que los ladrillos tengan un alto valor resistivo de fuerza.

Figura 51
Maquina realizando pruebas de resistencia de materiales.

Nota. Adaptado de @dominalaconstruccion.

Una forma artesanal que utilizan los constructores para saber si el ladrillo tiene buena resistencia, es mediante el sonido que produce el ladrillo a un golpe Tabla 4.

Tabla 4

Pruebas de resistencia de materiales.

Sonido metálico (sonido de metal)		Sonido normal	
1era prueba	125kg/cm^2	1era prueba	100kg/cm^2
2da prueba	123kg/cm^2	2da prueba	86kg/cm^2
3era prueba	124kg/cm^2	3era prueba	87kg/cm^2
4rta prueba	123kg/cm^2	4rta prueba	89kg/cm^2
5nta prueba	127kg/cm^2	5nta prueba	86kg/cm^2
6xta prueba	128kg/cm^2	6xta prueba	100kg/cm^2
Promedio = 125kg/cm^2		Promedio= 91kg/cm^2	

Nota. Adaptado de @dominalaconstruccion.

Los usos de los ladrillos según su resistencia Tabla 5.

Tabla 5

Usos del Ladrillo Dependiendo de la Resistencia.

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para muros confinados			
Tipo	Zona sísmica 2,3 y 4		Zona sísmica 1
	Muros portantes en edificios de 4 pisos a mas	Muros portantes en edificios de 1 a 3 pisos	Muros portantes en todo edificio
Solido artesanal	no	Si, hasta 2 pisos	si
Solido industrial	si	si	si
Hueca	no	no	si

Nota. Adaptado de manual de estructuras (p.128) por Héctor Gallegos*, 1997.*

2.2.20.3. Material de Construcción Producido

2.2.20.3.1. Ladrillo King Kong

Existen variedades de este ladrillo Figura 52, 12cmx24cmx9cm, 13cmx24cmx9cm y 14cmx24cmx9cm, esos ladrillos se utilizan en los primeros pisos de una construcción de viviendas, ya que estos materiales tienen mayor resistencia que el “ladrillo techo”.

Figura 52
Variedad de ladrillos king Kong.

2.2.20.3.2. Ladrillo Techo

Estos ladrillos generalmente lo utilizan en techos y losas, generalmente sus dimensiones son Figura 53, 10cmx30cmx30cm, 12cmx30cmx30cm, 15cmx30cmx30cm y 20cmx30cmx30cm.

Estos ladrillos menor resistencia que un ladrillo King Kong.

Figura 53
Variedad de ladrillo de techo.

2.2.20.4. Venta y Distribución de ladrillos

En la Figura 54 se observa el almacén de la tienda de ladrillos**.**

Figura 54
Almacenamiento para la venta de ladrillos.

En la Figura 55, se observa el transporte y distribución de ladrillos.

Figura 55
Transporte de ladrillo.

2.3. VARIABLES E INDICADORES

2.3.1. Identificador de Variable

- La temperatura que puede alcanzar el horno ladrillero en el proceso de la cocción.
- El tiempo de cocción de ladrillos.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.4.1. Temperatura

Temperatura es una magnitud física escalar, la cual relaciona la energía cinética de la sustancia.

Cuando mayor es velocidad de las partículas de la sustancia, mayor es la temperatura.

Fuente: https://concepto.de/temperatura/#ixzz8kCZTe0zR

2.4.2. Tiempo

Es una magnitud física escalar para medir duración, separación de hechos y permitir ordenar en secuencias de acontecimientos.

Fuente: https://concepto.de/tiempo/#ixzz8kCd3n9L6

CAPITULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACION

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

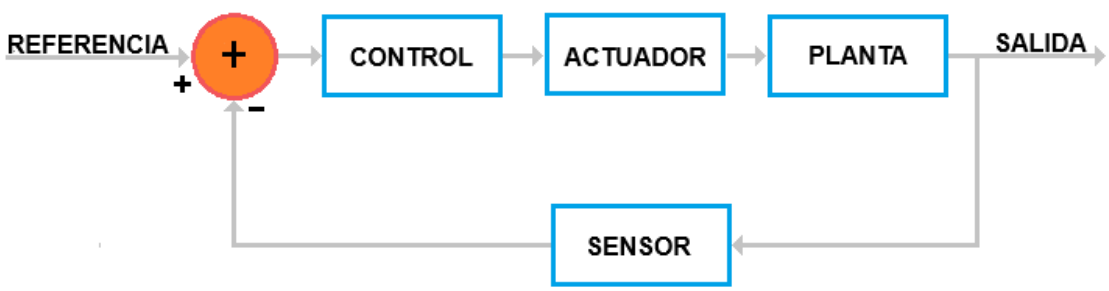
Se desarrolló un control on-off con histéresis o también llamado todo o nada Figura 56, en lazo cerrado la cual es útil en sistemas lentos.

Este sistema de control on-off con histéresis funciona de la siguiente manera, cuando la señal de salida es menor que la señal de referencia el controlador habilita a los actuadores, caso contrario el controlador deshabilita a los actuadores.

Observando los componentes del proyecto se determina.

- El controlador es el PLC de la marca Siemens.
- Los actuadores son 2 variadores de frecuencia de la marca Delta de 10HP, los cuales regulan a los motores eléctricos trifásico de 380V ac de 7.5HP para el ventilador y dosificador.
- La planta es el horno ladrillero tipo volcán cargada con ladrillos crudos.
- El transmisor de temperatura de la marca Autonics TK4M-B4RN es la que acondiciona la señal recepcionada de la termocupla tipo “K” y envía la temperatura hacia el PLC.

Figura 56
Sistema de control ON-OFF con histéresis.



3.2. HARDWARE

3.2.1. Sensores de Temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que son sensibles a cambios de temperatura, es decir al variar la temperatura algunas características del dispositivo varia, ya sea en su resistencia o voltajes en sus terminales.

El rango necesario de temperatura para el proceso de cocción de ladrillos en el distrito de San Jerónimo departamento Cusco es de 0°C a 750°C.

Comparando las características de los sensores de temperatura Tabla 6.

Tabla 6

Comparando a los sensores de temperatura.

Sensores de temperatura				
Sensor de temperatura		Rango °C	Comercial	explicación
Sensor RTD	RTDs de platino	-200 a 850	no	Costo excesivo
	RTDs de níquel	-80 a 260	si	Menor rango
	RTDs de cobre	-200 a 260	si	Menor rango
Sensor infrarrojo		-20 a 1000	no	Costo excesivo
Sensor termopar	Tipo J	0 a 750	no	Menor rango
	Tipo E	-200 a 900	no	Costo excesivo
	Tipo T	-250 a 350	no	Costo excesivo
	Tipo R	-50 a 1768	no	Costo excesivo
	Tipo S	-50 a 1768	no	Costo excesivo
	Tipo K	-200 a 1250	si	comercial

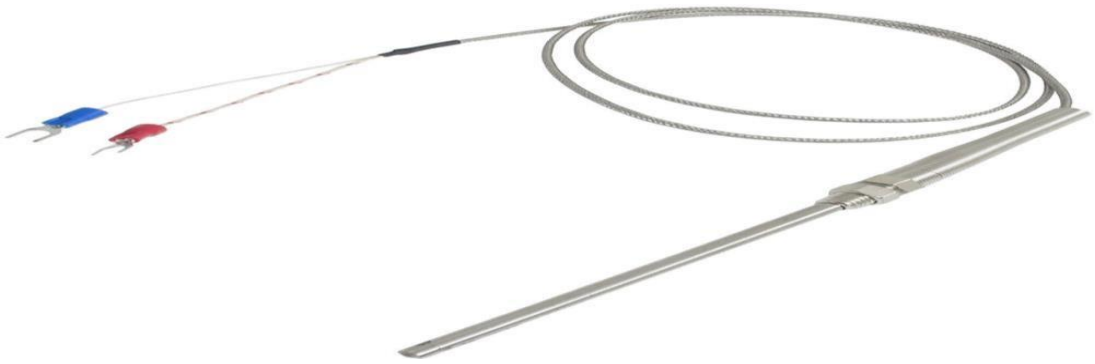
Debido a que el sensor termopar tipo k es de bajo costo y el rango necesario de temperatura para el procesó de cocción de ladrillos se encuentra dentro del rango de termopar tipo k, por ello se eligió la termocupla tipo k.

3.2.1.1. Termocupla Tipo “k”

Es un sensor de temperatura Figura 57, el cual está constituido por 2 metales diferentes, a la unión de los metales al someterla a temperatura, genera voltaje proporcional a la temperatura en sus extremos, del orden de los milivoltios.

V=f(temperatura)

Figura 57
Sensor de temperatura, termocupla tipo K.



3.2.2. Transmisor de Temperatura Digital

Este equipo recibe la señal que produce el sensor de temperatura, este equipo lo amplifica y lo digitaliza la señal, la cual sirve para realizar la comunicación con otros dispositivos.

Comparando las características de los transmisores de temperatura Tabla 6.

Tabla 6
Comparando a los transmisores de temperatura.

transmisor de temperatura				
MARCA	MODELO	ENTRADAS	PROTOCOLO DE COMUNICACION	COMERCIAL
NOVUS	N480D	J,K,R,S,pt100	No tiene	si
	N96D	J,K,S,pt100	No tiene	si
	N2000	J,K,R,S,pt100	Modbus RTU	no
AUTONICS	TK4M-B4RN	J,K,R,S,pt100	Modbus RTU	si
	TC4S-24R	K,J,pt100	No tiene	si
	TCN4M-24R	K,J,T,R,pt100	No tiene	si

Se determinó el transmisor de temperatura autonics, el modelo TK4M-B4RN por sus características de protocolo de comunicación Modbus RTU.

3.2.2.1. Transmisor de temperatura Autonics (TK4M-B4RN)

Este dispositivo Figura 58, se utiliza para determinar la temperatura del horno de ladrillos. Para configurar este dispositivo se accede con los pulsadores del display a los parámetros, con los cuales acedes a la configuración según lo deseado.

El protocolo de comunicación del transmisor de temperatura autonics es el Modbus RTU, con capa física rs485 el cual le permite comunicarse con otros

dispositivos, este protocolo de comunicación, su trama está compuesto de 8 byte Figura 59, el primer byte lleva la dirección del esclavo, el segundo byte lleva la función de la trama de comunicación, el tercer y el cuarto byte lleva la dirección del registro que se desea leer, el quinto y el sexto lleva la información del número de registros y el séptimo y octavo lleva el CRC de la trama de comunicación.

Configuración de ID del transmisor de temperatura address:16.

Figura 58
transmisor de temperatura.

Figura 59
Trama de maestro y esclavo.

(1) Query(Master)

Slave Address	Function	Starting Address		No. of Points		Error Check(CRC16)	
		High	Low	High	Low	Low	High
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

CRC16

(2) Response(Slave)

Slave Address	Function	Byte Count	Data	Data	Data	Error Check(CRC16)	
						Low	High
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

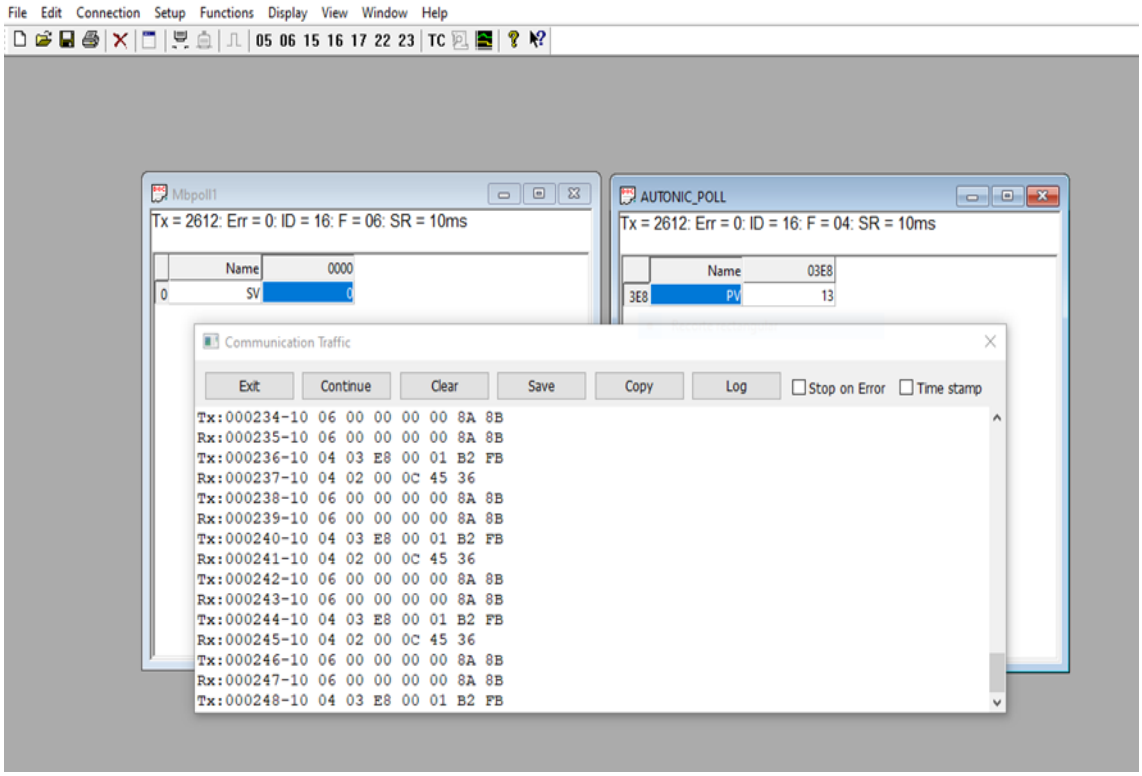
CRC16

Nota. Adaptado del transmisor de temperatura autonics TK4M (p.76) 2020.

En la Figura 60, muestra las pruebas de comunicación de modbus RTU con el software Modbus Poll, con la cual se realizó pruebas al transmisor de temperatura y al variador de frecuencia.

Figura 60

Pruebas con Modbus Poll.



3.2.3. Controlador Lógico Programable (PLC)

Es una computadora que tiene como objetivo automatizar procesos, la cual se utilizó para la automatización del proceso de cocción de ladrillos.

Comparando las características de los controladores lógicos programables de las marcas Siemens y Schneider Electric Tabla 7.

Tabla 7
Comparando a los PLCs.

PLCs		
Características	Schneider Electric PLC TM221C16R	Siemens PLC S7-1200 6ES7232-4HA30-0XBO”
Alimentación	AC	AC
Entradas digitales	9 AI	8AI
Entradas analógicas	----	2AI
Tamaño	compacto	compacto
Salidas digitales	7DQ	6DQ
Módulos de expansión	Admite módulos	Admite módulos
Conectividad	Ethernet integrada	Ethernet integrada
Adquisición de software para configurar	Costo excesivo	Costo accesible
Software	-SoMachine -PL7 -ProWORX 32	-Step 7 TIA Portal -LogoSoft Comfort -MicroWIN -Step 7 Simatic manager
Memoria	1MB de memoria programable, 5MB de memoria de datos	1MB de memoria programable, 256KB de memoria de datos
Protocolo de comunicación	Con un módulo, protocolo de comunicación Modbus TCP	Con un módulo, protocolo de comunicación Modbus RTU

Por accesibilidad al software y por el protocolo de comunicación Modbus RTU se determinó al Siemens PLC S7-1200 6ES7232-4HA30-0XBO”.

3.2.3.1. El Controlador Lógico Programable (PLC) de la marca siemens

Es un sistema electrónico Figura 61, de La marca siemens es un autómata modular, la que se utiliza en la tesis es un autómata programable modular el “s7-1200 cpu1212C AC/DC/RLY modelo: 6ES7232-4HA30-0XBO”.

3.2.3.1.1 TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)

Es un software que se utiliza para programar PLC, HMI de la marca siemens, es un programa que integra varios programas, como el simatic step 7 (configuración del CPU), simatic wincc (configuración del HMI), sinamics startdrive (configuración de los servomotores) y otros.

Existe tres formas de programar al PLC de la marca siemens “s7-1200 cpu1212C AC/DC/RLY modelo: 6ES7232-4HA30-0XBO”.

Figura 61
PLC "s7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY.

3.2.4. Variador de Frecuencia

Es un equipo electrónico que tiene la capacidad de variar la frecuencia de la señal alterna y con ello varia la velocidad de rotación del motor eléctrico.

Es un variador de velocidad versátil, es decir fácil de modificar a la frecuencia deseada de trabajo del motor eléctrico, en cambio los reductores mecánicos solo tienen una velocidad y está definida por el fabricante.

Este variador de frecuencia se utiliza en el dosificador y ventilador.

Comparando las características de los variadores de frecuencia de la marca Siemens y Delta Tabla 8.

Tabla 8
Comparando a los variadores de frecuencia.

Variadores de frecuencia		
Característica	Siemens sinamics G120C	Delta C2000
Alimentación	3 AC	3 AC
Costos	S/. 4050.00	S/. 2500.00
Potencia	10 HP	10HP
Salida de voltaje	3 AC	3AC
Frecuencia de salida	0 a 550 HZ	0 a 600 HZ
Clase de Filtro	Sin filtro	Sin filtro
Comunicación	Profibus DP	Modbus RTU
Resistencia de freno	No tiene	No tiene

Debido a los costos se determinó al variador delta C2000.

3.2.4.1. Variador de Frecuencia (VFD) Marca Delta C2000

Es un dispositivo Figura 62, que tiene la capacidad de variar la frecuencia de la señal de salida, esta acción lo realiza Figura 63, rectificando la señal de entrada convirtiéndola a señal continua, la cual es recortada por transistores de potencia en anchos de pulso la cual forma parte de la señal alterna de salida, a este recorte se le conoce como modulación por anchos de pulso PWM, con dicha acción variamos la frecuencia del variador según lo deseado.

Para configurar un variador de frecuencia, tiene parámetros, por medio de ello se puede configura lo deseado.

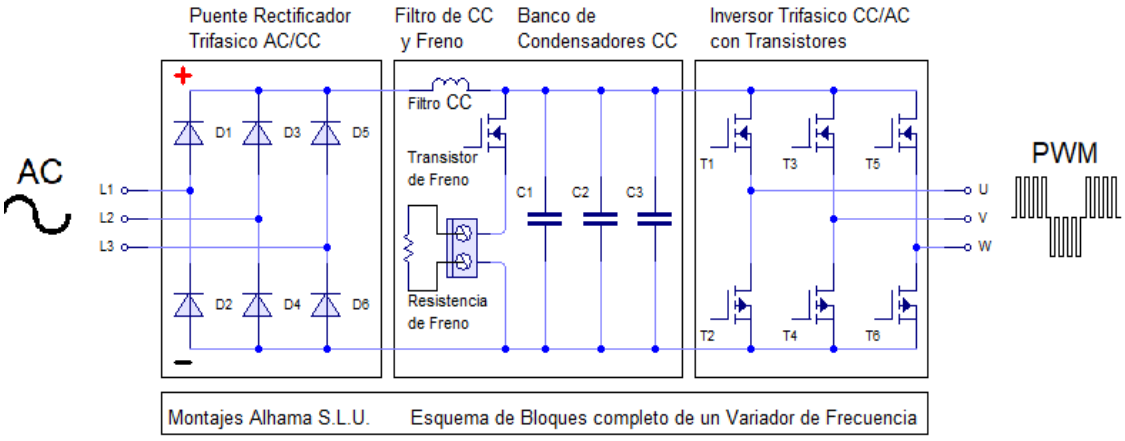
El variador de frecuencia fue configurado de modo automático, con una aceleración suave, la frecuencia de trabajo del dosificador es de 15hz y la frecuencia de trabajo del ventilador es de 40hz.

Figura 62

Variador de frecuencia.

Figura 63

Esquema eléctrico de variador de frecuencia.



Nota. Panel fotográfico *Montajesalhama.*

3.2.5. El HMI

Es un dispositivo electrónico, que sirve para monitorear y configurar un proceso, HMI son iniciales de “human machine interface” es el dispositivo que se utiliza para configurar la temperatura de precalentado, temperatura cocción, intervalo de tiempo de precalentado, intervalo de tiempo de cocción y graficar la evolución del proceso de cocción de ladrillos.

Comparando las características del HMI de las marcas Siemens y Schneider Electric Tabla 9.

Tabla 9
Comparando las HMI.

HMI		
CARACTERISTICA	Siemens KTP400 Basic	Schneider Electric HMI Harmony ST6 Basic
Tipo de pantalla	táctil	táctil
Tamaño de pantalla	4.3 pulgadas	4 pulgadas
resolución	480 x 272	480 x 272
Tensión de alimentación	+24 DC	+24 DC
Periferia	USB	SD
protocolo	TCP/IP	TCP/IP
Software de configuración	STEP 7 Basic (TIA Portal)	EcoStruxure Operator Terminal Expert, D
Software	accesible	comercial
Otros protocolos	Modbus TCP	Modbus TCP

Se determinó el HMI Siemens KTP400 Basic por ser fácil de conseguir el software de configuración.

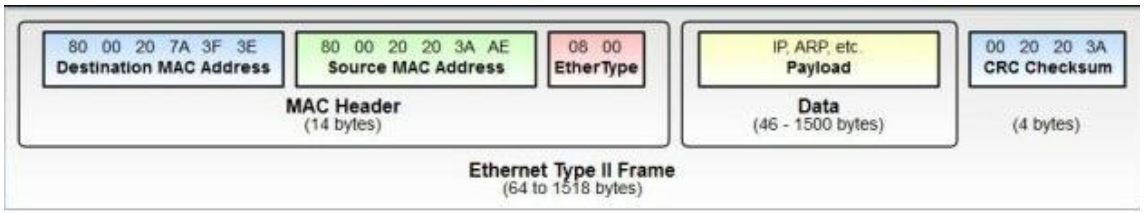
3.2.5.1. El HMI de la Marca Siemens Modelo KTP400 Basic

Es un dispositivo electrónico Figura 64, útil para monitorear procesos industriales, estos dispositivos sirven para escribir parámetros en el programa del PLC, puede animar gráficos, graficar la evolución de las variables, sirven para guardar datos de las variables, también pueden remplazar algunos dispositivos como pulsadores e indicadores. Para configurar al HMI de siemens solo se necesita software TIA PORTAL, el protocolo de comunicación que utiliza el HMI

es PROFINET Figura 65, este protocolo de comunicación libre de fabricantes, su capa física es Ethernet y tiene una velocidad de trasporte de 100Mbps, está basado en el estándar abierto TCP/IP, en esta comunicación utiliza cable Ethernet.

Figura 64
HMI siemens.

Figura 65
Trama del protocolo de comunicación profinet.



Nota. Adaptado de siemens simatic comunicación (p.39) 2006.

3.2.6. Tarjeta de Comunicación

La tarjeta de comunicación nos sirve para comunicar el controlador lógico programable (PLC) con el transmisor de temperatura.

Comparando la tarjeta de comunicación Tabla 10.

Tabla 10
Comparación de las tarjetas de comunicación.

Tarjeta de Comunicación		
característica	Siemens CB 1241 RS485 Modelo:6ES7241-1CH30-1XB0”	Siemens CP 1242-7 6GK72427KX310XE0
Tensión de alimentación	+5 DC	+ 24 DC
Dimensiones	3.8cmX6.2cm	3cmX10cm
Protocolo de comunicación	Modbus RTU, Modbus ASCII	Modbus RTU, Modbus ASCII
Maestro Modbus RTU	Máximo de esclavos 247	Máximo de esclavos 247
Puerto físico	RS485	RS485

Se determinó la tarjeta de comunicación CB 1241 RS485 Modelo:6ES7241-1CH30-1XB0” debido a las dimensiones y costo de la tarjeta de comunicación.

3.2.6.1. Tarjeta de Comunicación CB 1241 RS485 Modelo:6ES7241-1CH30-1XB0

Este dispositivo Figura 66, se utiliza para intercambiar información punto a punto, este módulo de comunicación de la marca siemens, se le puede configurar con los protocolos de comunicación, Modbus RTU, Modbus ASCII.

Las tramas del protocolo Modbus RTU Figura 67, Está compuesto de byte de dirección, byte de función, byte de recuento de byte, byte de mensaje y el CRC.

Figura 66
Tarjeta de comunicación CB1241 puerto RS485.

Figura 67
Tramas del protocolo Modbus RTU.

Dirección	Func	Recuento de datos	Datos n	Datos n+1	Datos n+2	Datos n+x	CRC LO	CRC HI

3.3 SOFTWARE

3.3.1. Algoritmo Para la Automatización

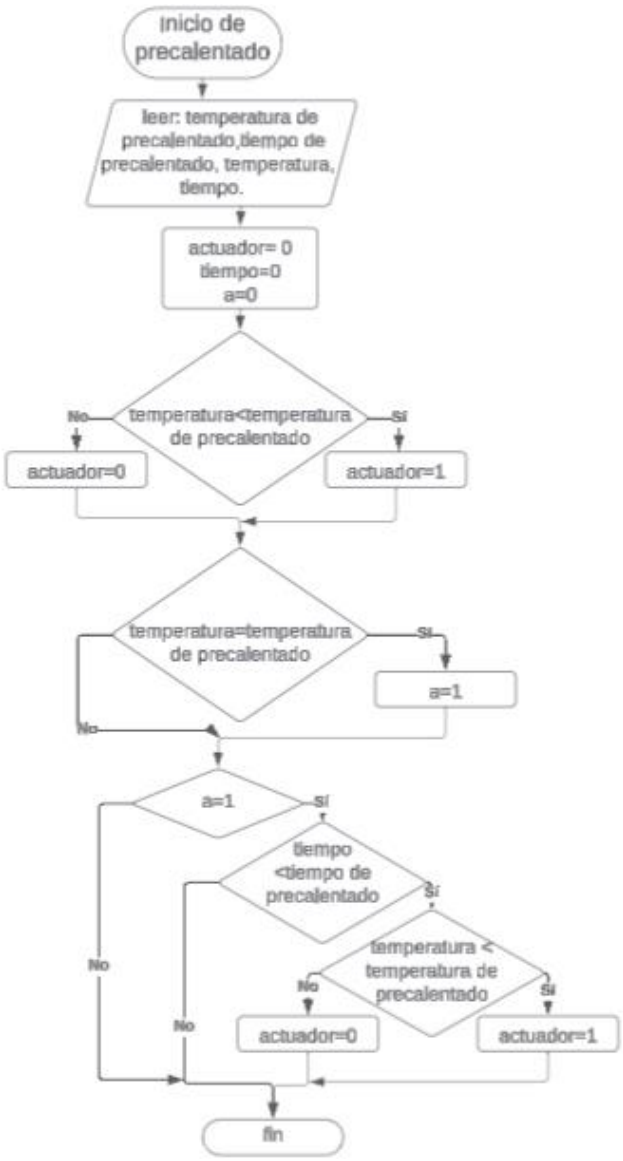
Para el diseño del control se tuvo en cuenta el perfil de temperatura para la cocción de ladrillos, del cual se determinó los límites de temperatura y el tiempo de cocción, ya que de ello depende el producto.

Para controlar el proceso de cocción de ladrillos, la parte importante del proceso son el tiempo y la temperatura.

El diagrama de flujo figura 68 es la representación gráfica del proceso de precalentado de los ladrillos donde el ladrillo crudo eliminan micropartículas de agua.

Figura 68

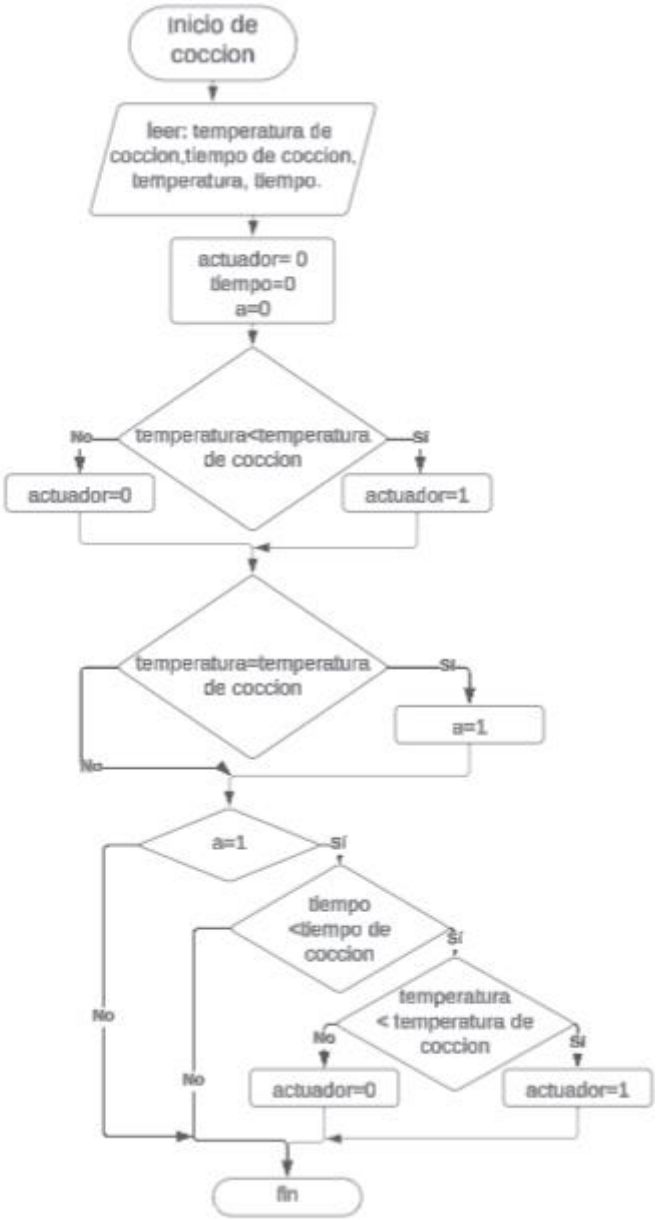
Diagrama de flujo del proceso de precalentado



La figura 69 es la representación gráfica del proceso de cocción donde los ladrillos obtiene las propiedades deseadas como la dureza.

Figura 69

Diagrama de flujo del proceso de cocción.

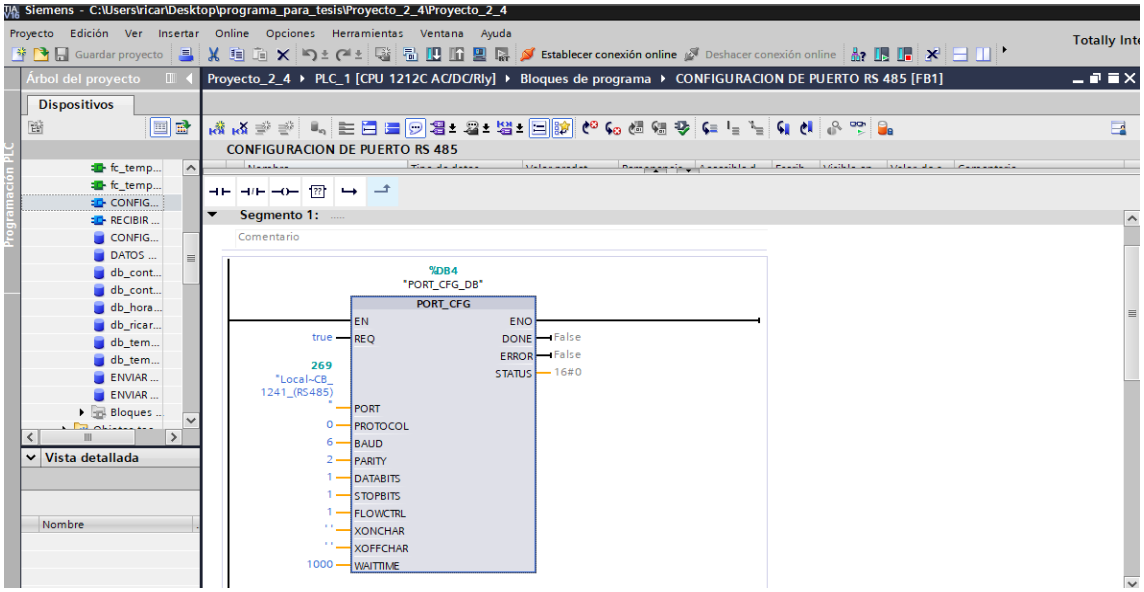


3.3.2. Configuración de Dispositivos de Proyecto

La configuración del puerto RS485 Figura 70, de la tarjeta de comunicación CB 1241 RS485 Modelo:6ES7241-1CH30-1XB0".

Figura 70

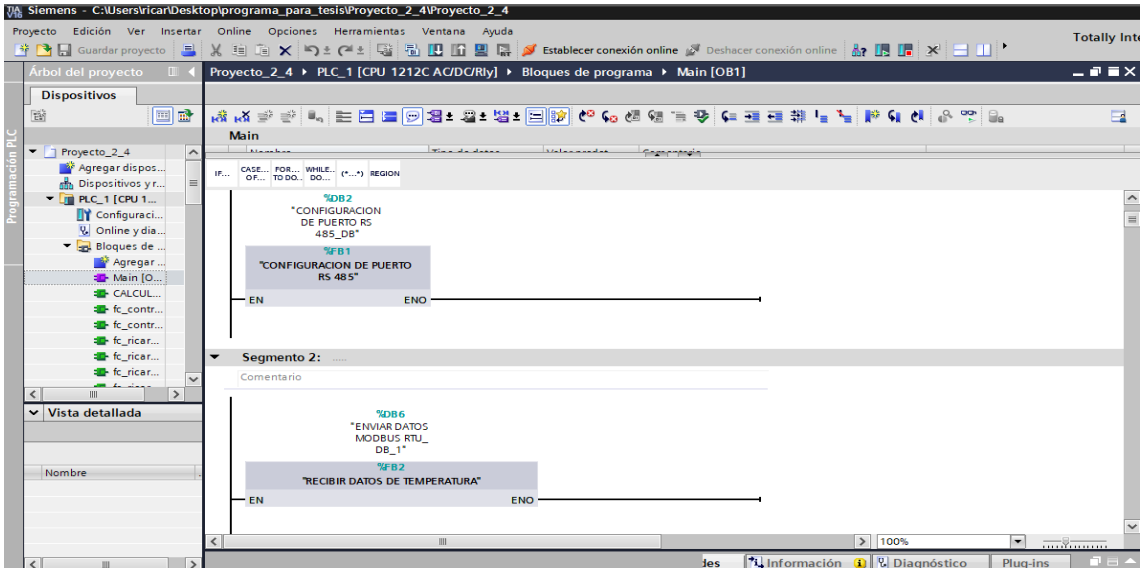
Configuración del puerto RS485.



En la Figura 71, la configuración de las tramas de del protocolo de comunicación Modbus RTU.

Figura 71

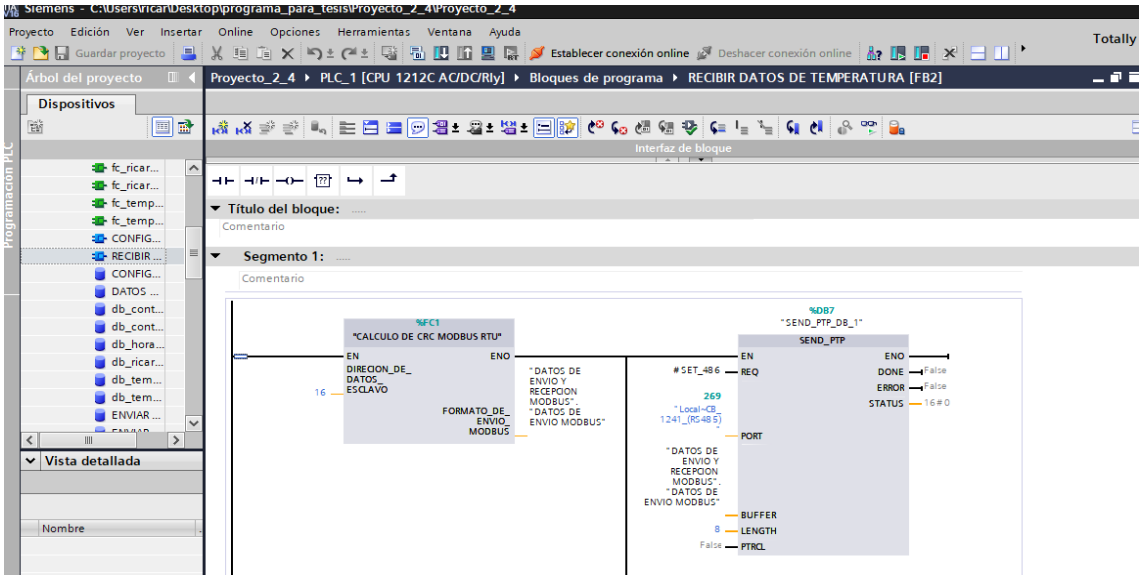
Configuración de Modbus RTU.



En la Figura 72, se observa los bloques del emisor y recepción de las tramas del protocolo de comunicación Modbus RTU.

Figura 72

Configuración de Modbus RTU envió y recepción.



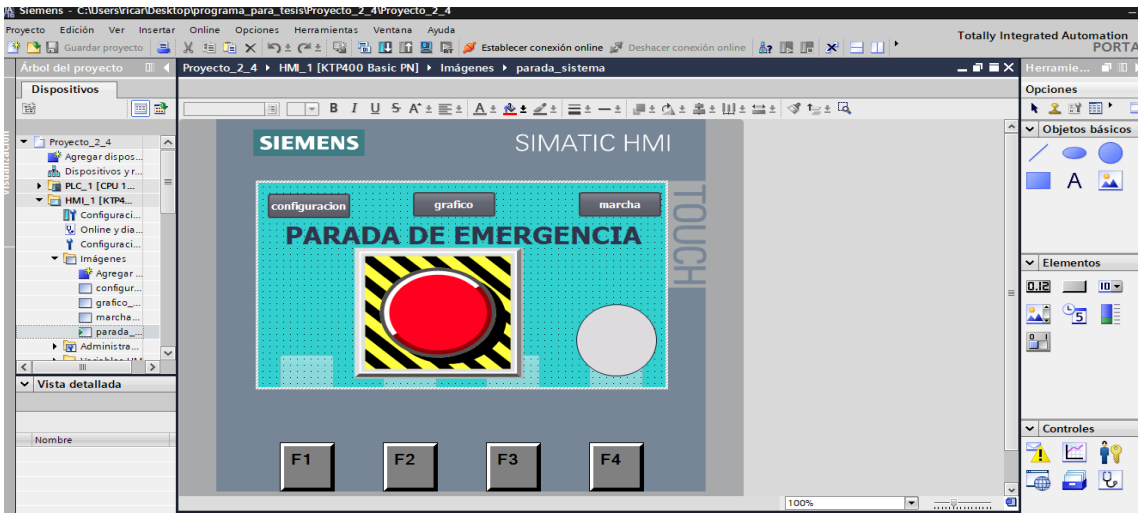
3.3.3. La Configuración del HMI para el Proyecto

Las imágenes que muestra en la pantalla del HMI del proyecto son:

En la Figura 73, se puede observar el botón de emergencia es el botón que detiene todo el proceso de cocción, este botón sirve para evitar y prevenir situaciones peligrosas al personal y daños a la maquinaría, también se puede observar un indicador de la parada de emergencia y botones del menú de imágenes del HMI.

Figura 73

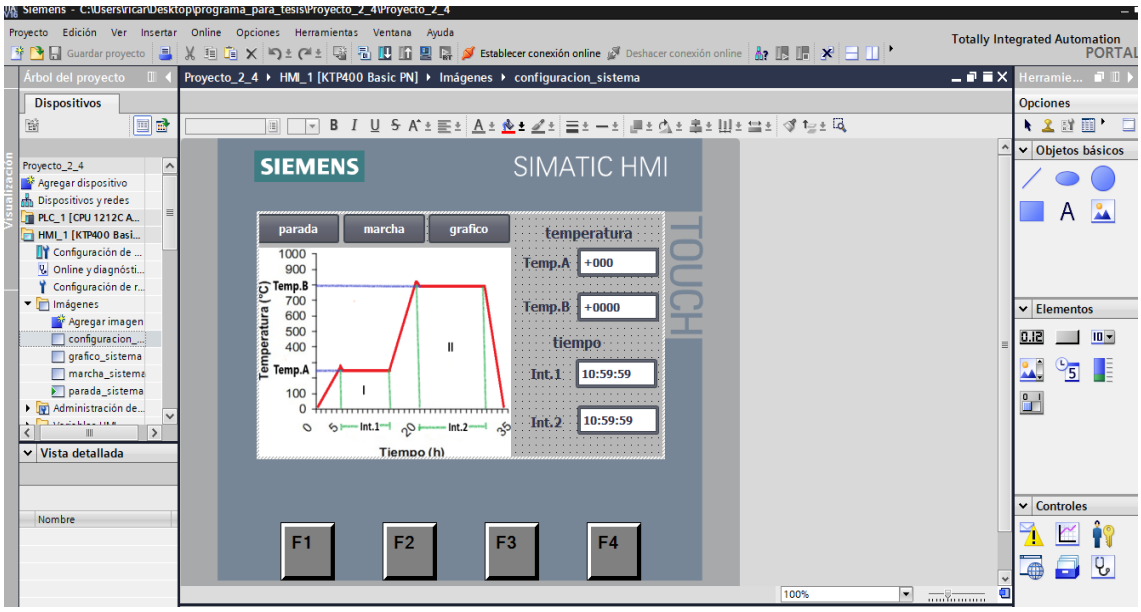
Botón de emergencia e indicador de emergencia (imagen raíz).



En la Figura 74, se puede observar la curva que representa el perfil de temperatura del proceso de cocción (rodriguez , R. Z. , Diego N.F, Martinez A.C, Memdez L.L,Aguilar L. M., 2004), el cual es guía para el operario para configurar la temperatura de precalentado, temperatura de cocido, intervalo de tiempo de precalentado, intervalo de tiempo de cocido para el proceso de cocido y los botones del menú de imágenes.

Figura 74

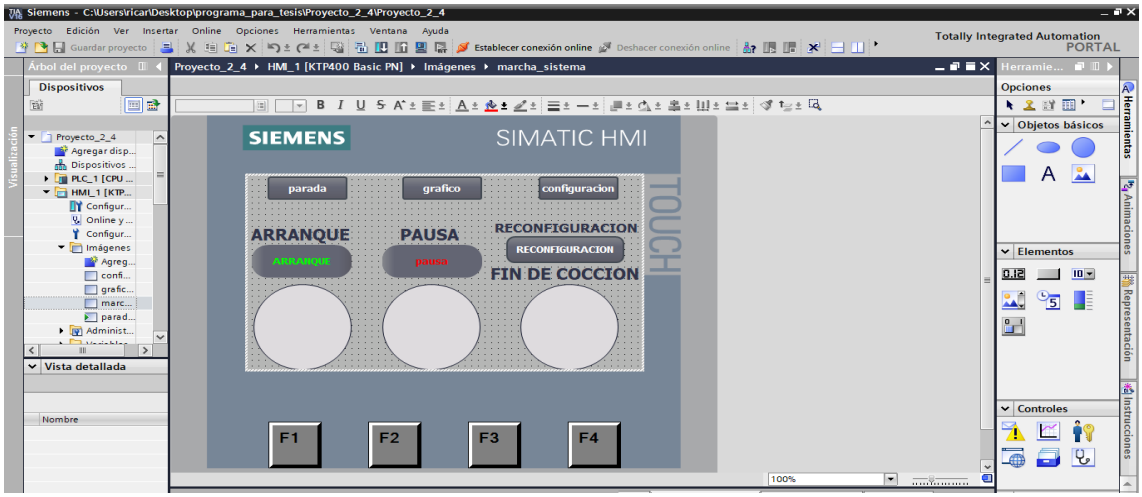
Configuración de temperatura y tiempo de quemado.



En la Figura 75, se puede observar los botones de marcha, pausa, reconfiguración, botones de menú de imagen, indicadores de marcha, pausa y fin de la cocción.

Figura 75

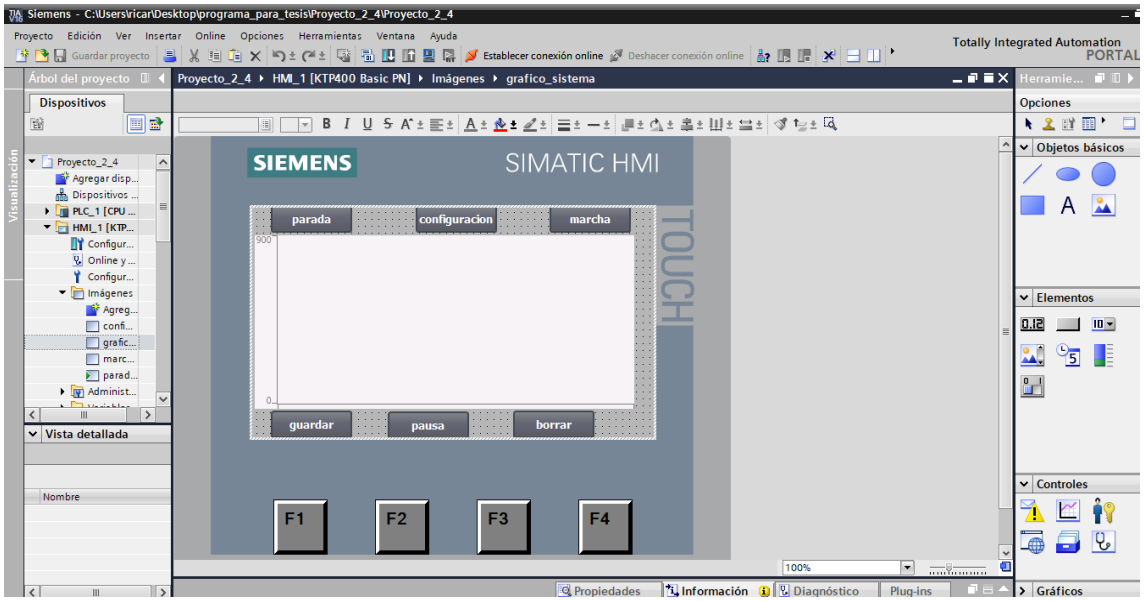
Botón de inicio, pausa e indicador del fin del proceso de cocción.



En la Figura 76, se observa botones de menú de imágenes, espacio donde se grafica la evolución del proceso de cocción del ladrillo, botón de guardar, botón de pausar y botón de borrado de la memoria USB.

Figura 76

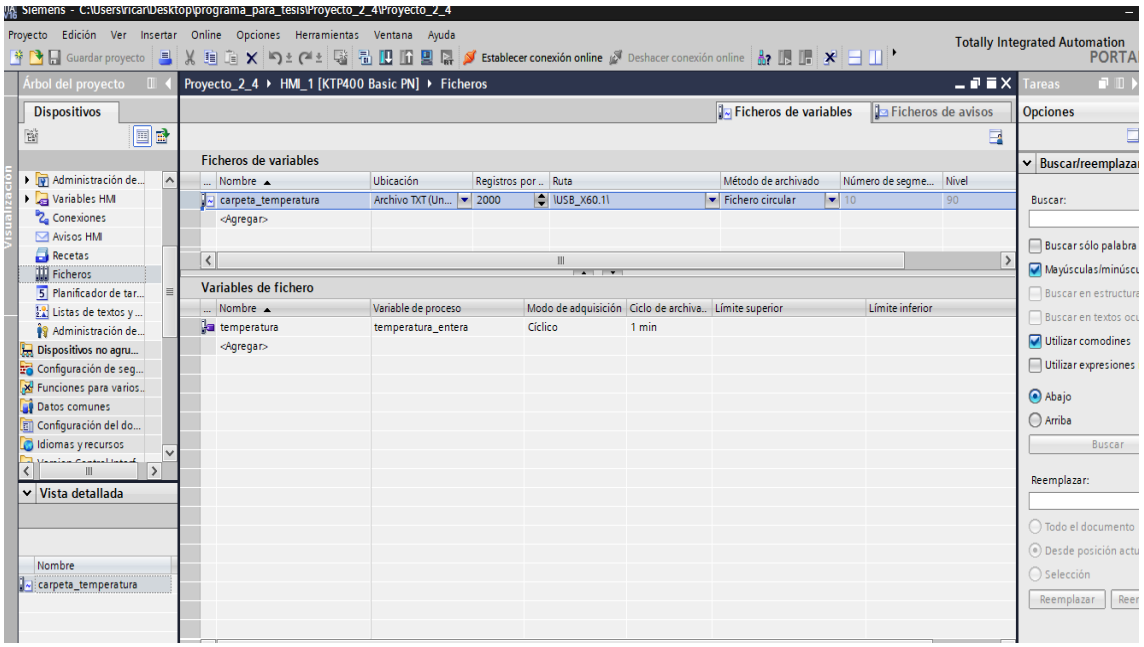
Grafica la evolución del proceso.



En la Figura 77, se observa la configuración del formato del fichero para guarda en el USB.

Figura 77

Configuración de ficheros para guardar en USB los datos de proceso.

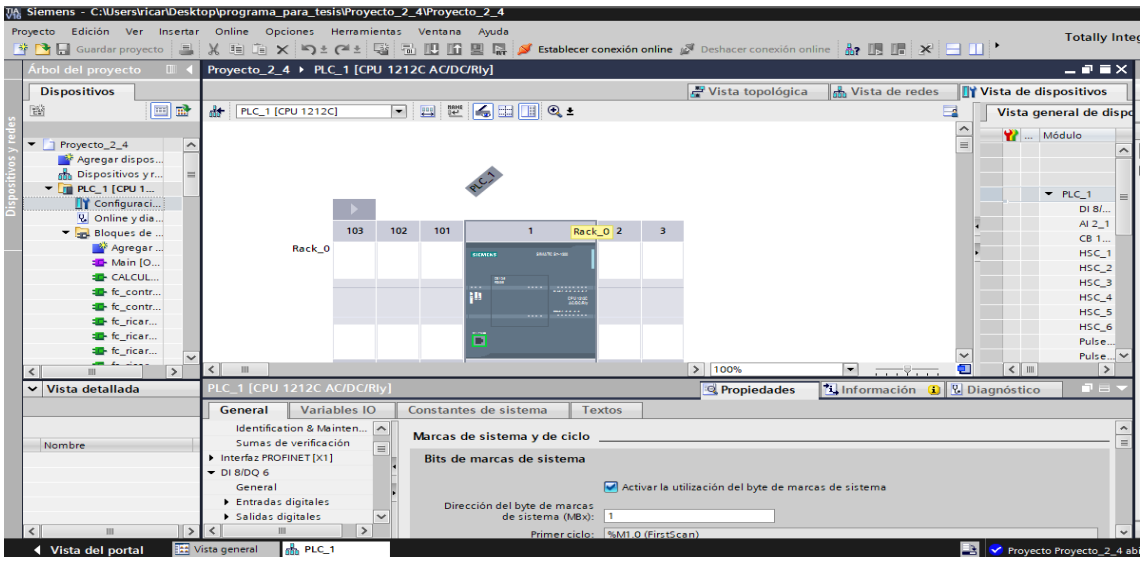


3.3.4. Configuración de Dispositivo PLC

En la Figura 78, se observa la configuración del PLC con la cual habilitamos los relojes internos, los cuales nos sirven para controlar funciones del PLC.

Figura 78

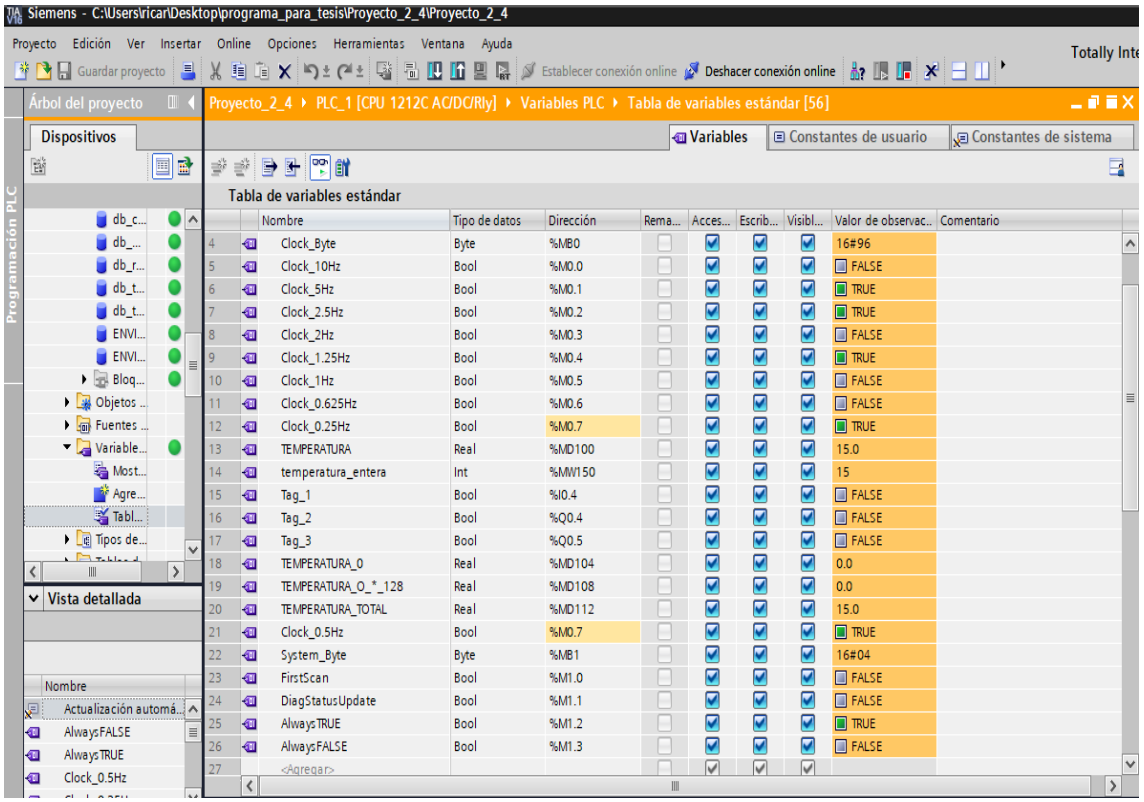
Configuración del PLC siemens.



En la Figura 79, se observa espacios de memoria donde se guardan información de tipo bool, int, real, Word, etc.

Figura 79

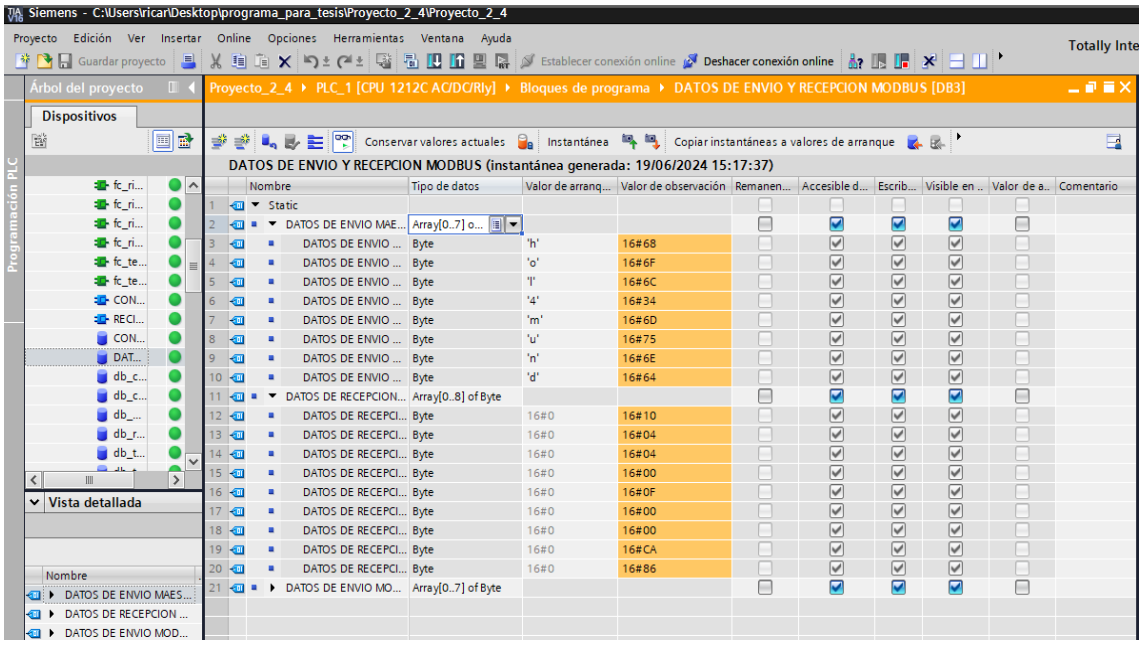
Variable del PLC.



En la Figura 80, se observa Bloque de datos, son espacio de memoria donde se guarda datos del protocolo de comunicación Modbus RTU.

Figura 80

Variables del DB.



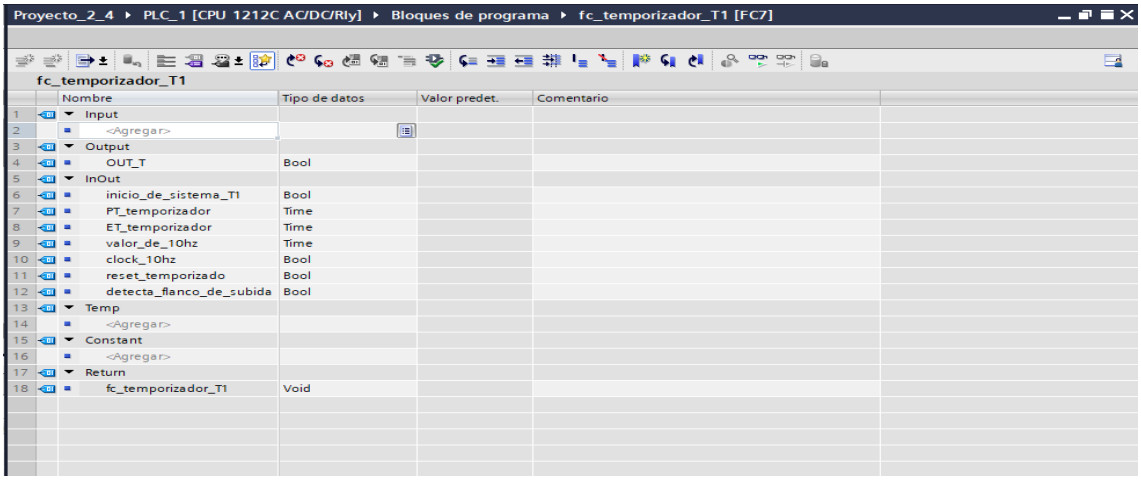
3.3.5. Diseño del Temporizador

Este temporizador tiene la característica de ser modificable, debido a que las dimensiones de los ladrillos son variables.

En la Figura 81, se observa las variables del temporizador.

Figura 81

Variable del temporizador.



El código del temporizador, el cual tiene las características de inicio del temporizador, tiempo de conexión y reset de las memorias del temporizador.

```
IF #inicio_de_sistema_T1 = TRUE THEN
        IF #reset_temporizado = FALSE THEN

           IF #PT_temporizador > #ET_temporizador THEN
              "R_TRIG_DB_1"(CLK:=#clock_10hz,
                            Q=>#detecta_flanco_de_subida);
              IF #detecta_flanco_de_subida=TRUE THEN
                 #ET_temporizador := #ET_temporizador + #valor_de_10hz;

              END_IF;
              #OUT_T := TRUE;
           ELSE
              #OUT_T := FALSE;
           END_IF;
        ELSE
           #ET_temporizador := t#0MS;
           #OUT_T := FALSE;

         END_IF;
      ELSE
         #OUT_T := FALSE;

       END_IF;
```

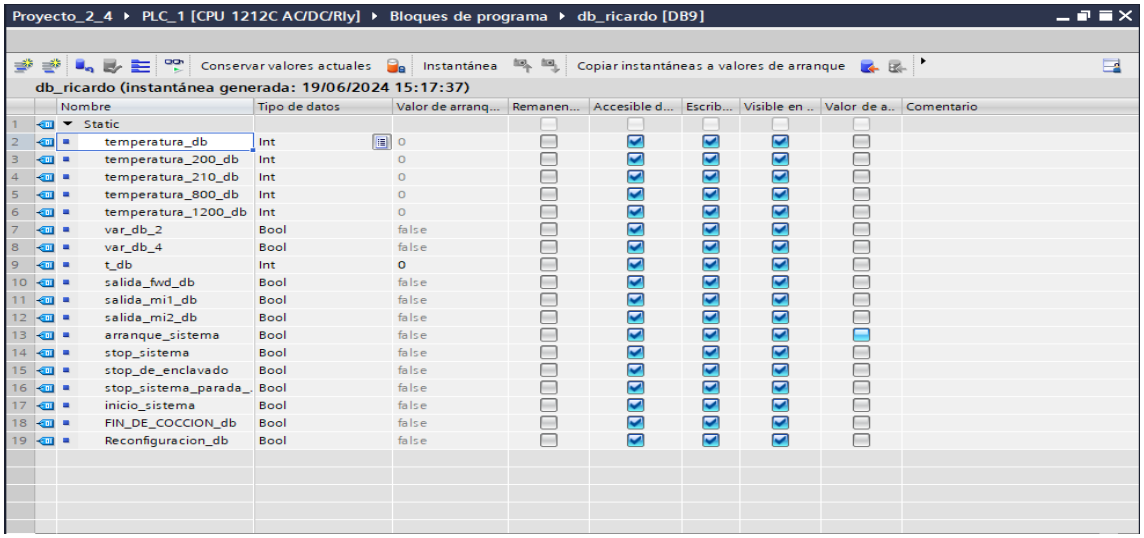
3.3.5. Memorias que Utilizara la Codificación del Algoritmo

Para poder codificar el algoritmo, necesitamos asignar espacios de memoria como la variable de PLC y bloques DB los cuales son necesarios para implementar y ejecutar el algoritmo.

En la Figura 82, se muestra las variables en el bloque DB.

Figura 82

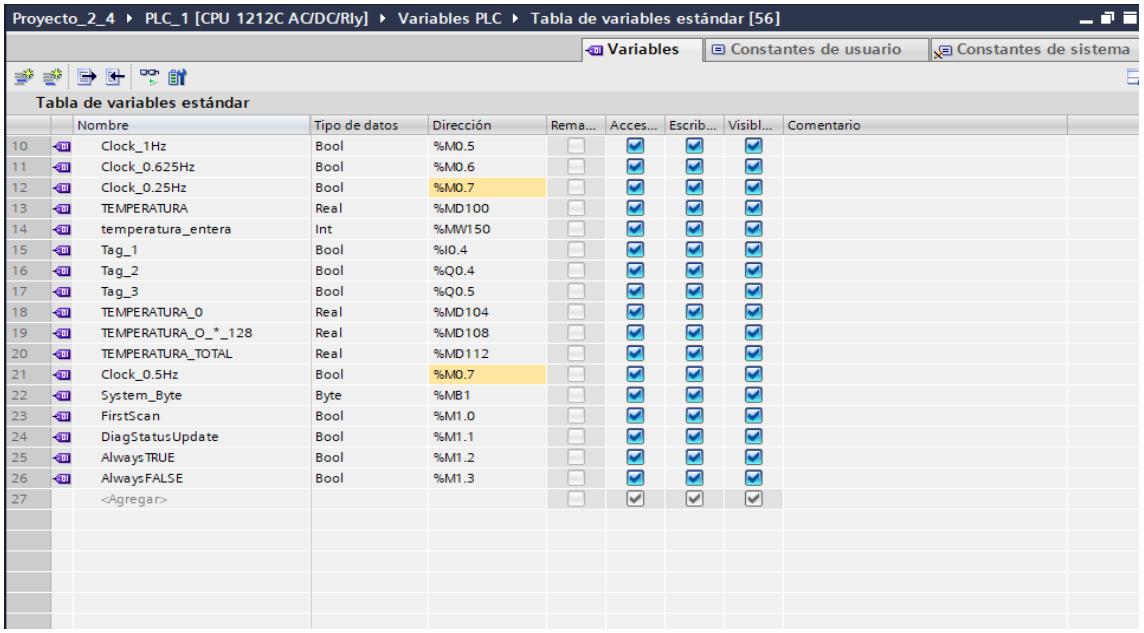
Variables en el bloque DB.



En la Figura 83, se observa las variables del PLC.

Figura 83

Variable de temperaturas para el PLC.

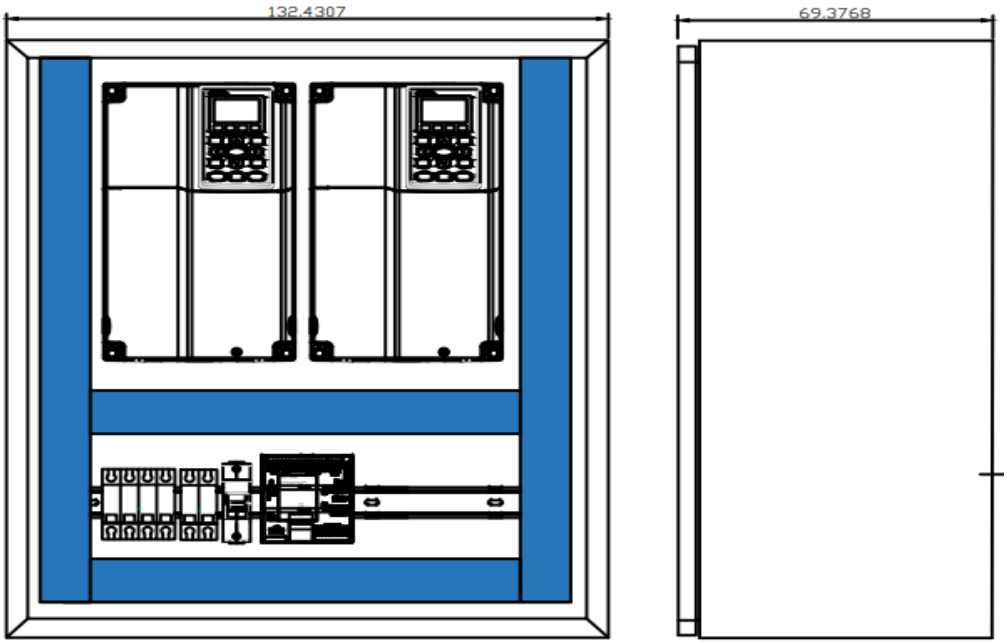


3.4 Implementación del Tablero de Control

Para poder determinar el tamaño del gabinete se debe conocer las dimensiones de los dispositivos y la distribución de ellos Figura 84, las dimensiones del dispositivo nos proporcionan el fabricante en su hoja de datos.

Figura 84

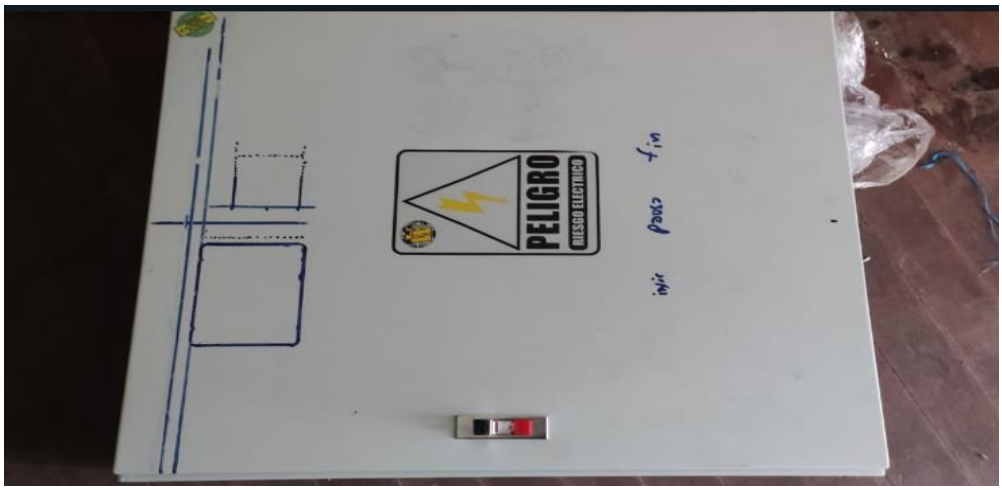
Distribución de los componentes del tablero.



En la Figura 85, se observa el gabinete en físico.

Figura 85

Tablero del proyecto.

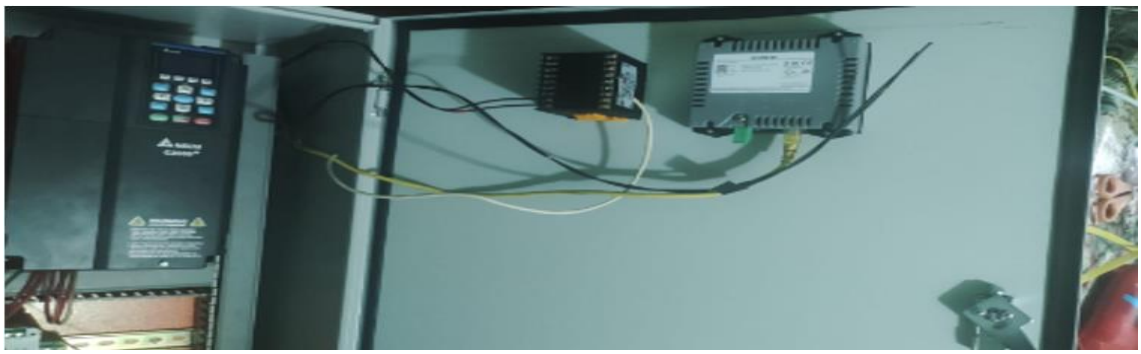


En la Figura 86, se observa el montado de los equipos en el tablero.

Figura 86
Tablero implementado.

En la Figura 87, se observa el cableado del HMI y el transmisor de temperatura.

Figura 87
Conexiones 1.



En la Figura 88, se observa el cableado de los variadores, interruptores termomagnéticos, porta fusible, PLC, fuente DC y la tarjeta de comunicación.

Figura 88
Conexiones 2.

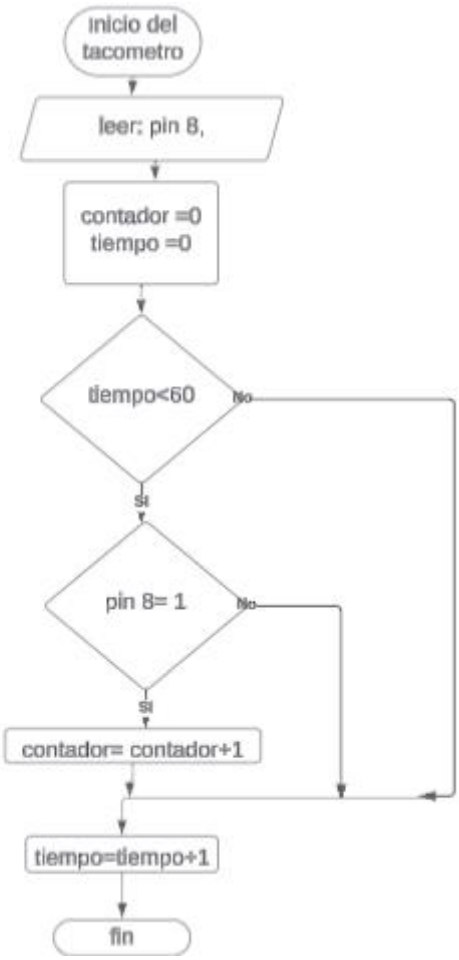
3.5 Tacómetro

Para determinar la velocidad de giro en revoluciones por minuto (RPM) de los motores del dosificador y del ventilador se utilizó, el tacómetro que se ha diseñado.

El diagrama de flujo del tacómetro en la Figura 89.

Figura 89

Diagrama de Flujo del tacómetro.

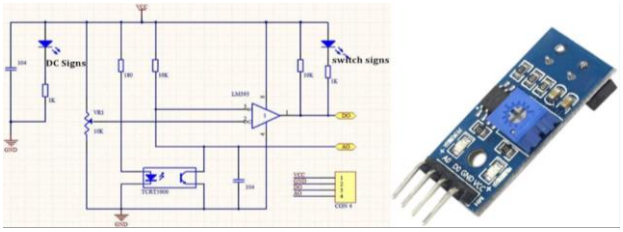


El tacómetro es constituido por el sensor TCRT5000(sensor óptico reflectivo), una pantalla LCD, un módulo SD, una placa Arduino.

3.5.1. Los Dispositivos del Tacómetro

3.5.1.1. El sensor TCRT5000.- Es el sensor que se muestra en la Figura 90. Principalmente este sensor está constituido por un emisor de luz infrarroja y el receptor un fototransistor. El receptor detecta a la luz infrarroja cuando esta rebota de la superficie donde incide esta, caso contrario no detecta la luz infrarroja.

Figura 90
Sensor TCRT5000.



3.5.1.2. La pantalla LCD. – son pantallas de cristal líquido (LCD), se muestra en la Figura 91. Son dispositivos que nos sirve para visualizar las variables del proceso.

Figura 91
Pantalla LCD.

3.5.1.3. Placa de Arduino. – es una placa de circuito impreso (PCB) se muestra en la Figura 92. La cual esta constituido de un circuito adaptable al microcontrolador y tiene el software de código abierto.

Figura 92
Placa Arduino.

3.5.1.4. Modulo SD. – Este módulo se muestra en la Figura 93. Trae socket de memorias SD donde se introduce la memoria SD, en la cual guarda valores de las variables.

Figura 93
Modulo SD.

3.5.2. El Tacómetro Implementado

El tacómetro implementado se muestra en la Figura 94. El código del tacómetro, el esquema eléctrico del tacómetro y los datos guardados en la memoria SD se encuentra en el Anexo 9.

Figura 94
Tacómetro

CAPITULO 4: PRUEBAS DE VALIDACION

El funcionamiento del dosificador y ventilador es de la siguiente forma:

El dosificador transporta combustible sólido (aserrín) hacia el canal del ventilador, éste introduce el aserrín hacia el interior de la cámara de combustión del horno ladrillero.

4.1 Prueba del Sistema Automático

En la Figura 95, se observa el sistema automático instalado en el horno ladrillero.

Figura 95
Sistema instalado en el horno.

En la Figura 96, se observa la termocupla instalada en el interior del horno ladrillero.

Figura 96
Sensor en el horno.

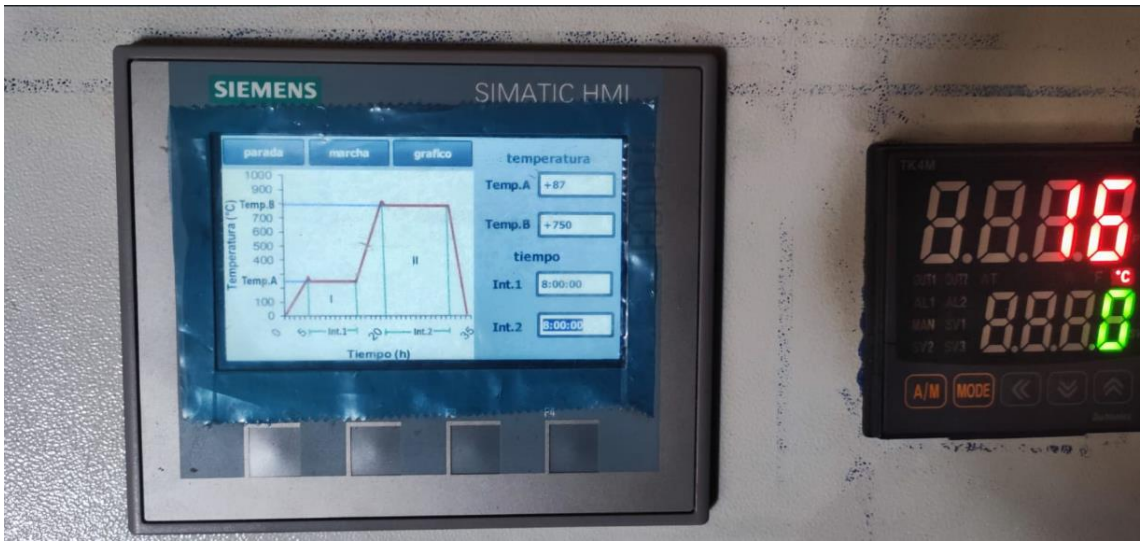
En la Figura 97, se observa el encendido del horno ladrillero.

Figura 97
Encendido de un horno ladrillero.

En la Figura 98, se observa la curva que representa al perfil de temperatura de cocción de ladrillos, el cual sirve cómo guía al operario para configurar, el sistema automático para el proceso de cocción de ladrillo.

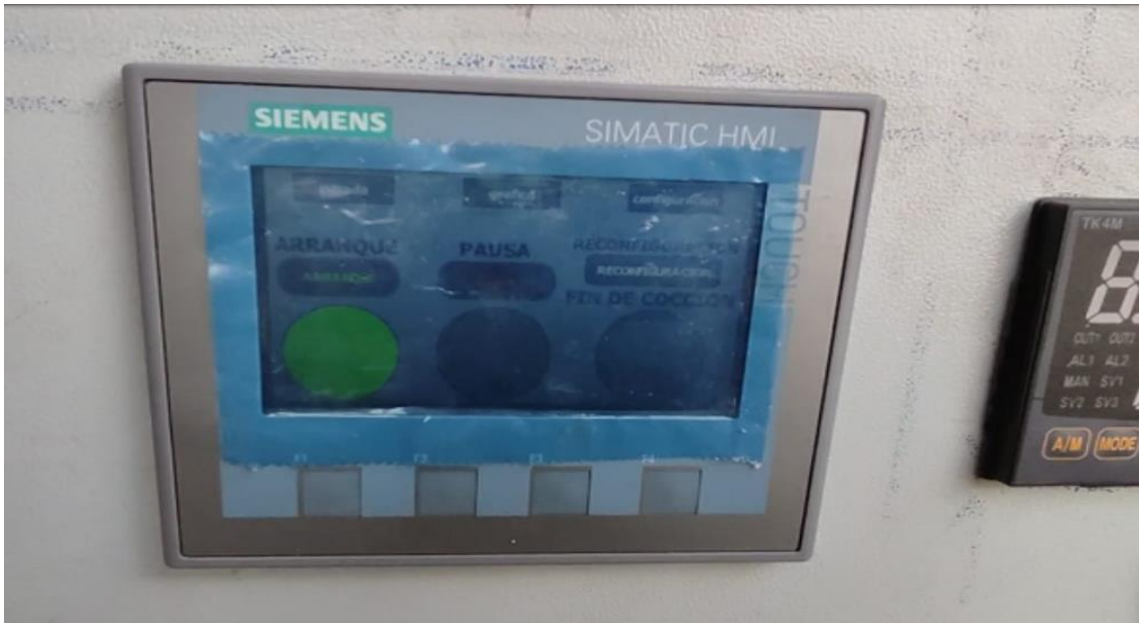
- La temperatura de precalentado es de 87°C con una duración de 8 horas.
- La temperatura de cocción es de 750°C con una duración de 8 horas.

Figura 98
Configuración de los parámetros para la cocción.



En la Figura 99, se observa el arranque del sistema automático del proceso de cocción.

Figura 99
Arranque del sistema automático.



En la Figura 100, se observa el proceso del precalentado del horno ladrillero a la temperatura de 87°C.

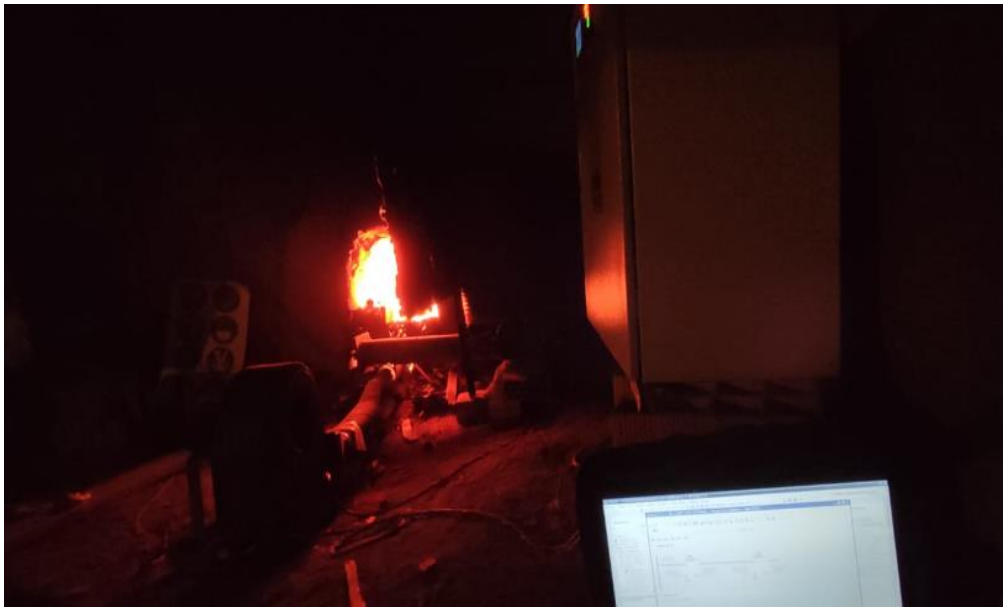
Figura 100
Proceso de precalentado del horno ladrillero.

En la Figura 101, se observa el proceso de cocción de ladrillos a la temperatura de 750°C.

Figura 101
Proceso de cocción.

En la Figura 102, se observa el monitoreo del proceso de cocción.

Figura 102
Monitoreo del sistema automático.

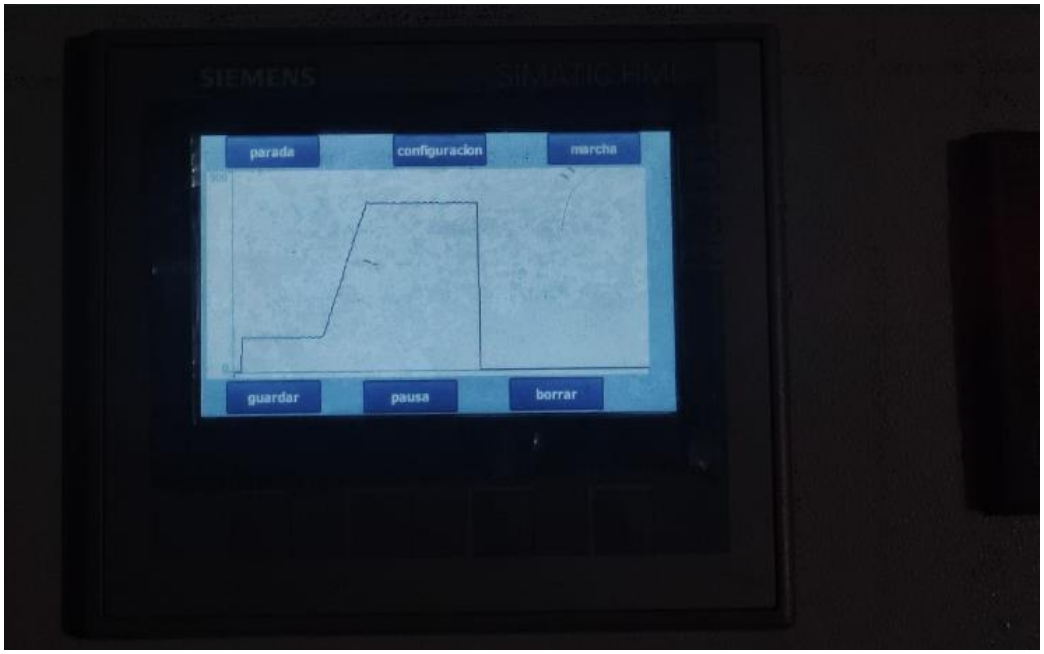


En la Figura 103, se observa el fin del proceso de cocción de ladrillos.

Figura 103
Fin del proceso de cocción.

En la Figura 104, se observa la gráfica del perfil de temperatura en el HMI.

Figura 104
Grafica del perfil de temperatura en el HMI.



En la Figura 105, se observa el monitoreo del sistema automático del proceso de cocción.

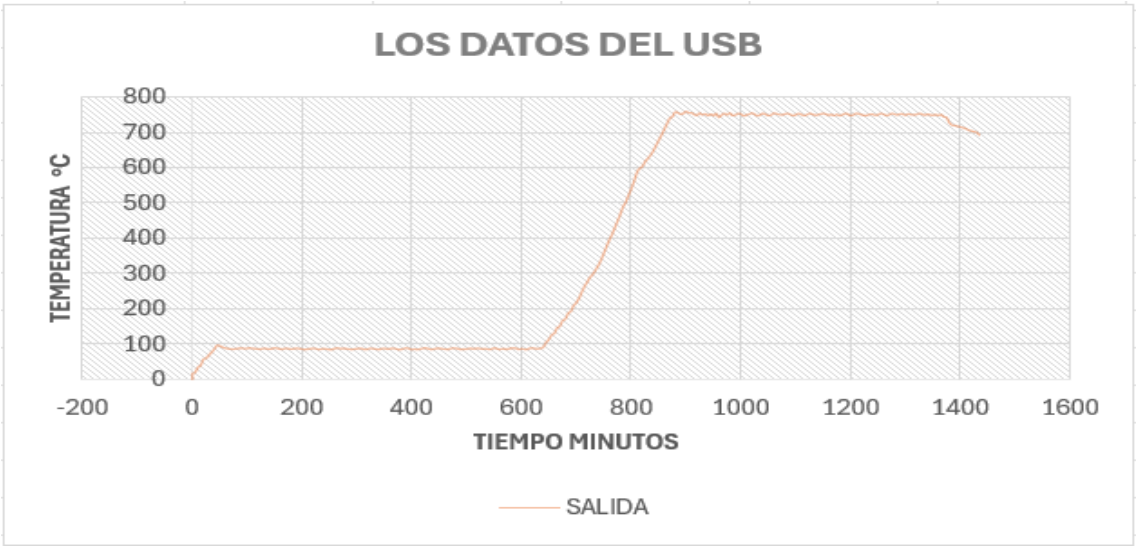
Figura 105
Monitoreando el proceso.

4.2 Los Datos Obtenidos y Guardados en el USB que tiene el HMI

Los datos que guarda el HMI en el archivo “temperatura_entera” en la memoria USB Figura 106, estos datos se encuentran en el anexo 2, podemos observar el comportamiento del algoritmo implementado Figura 107, la configuración se realizó con temperatura de precalentado de 87°C y temperatura de cocción fue de 750°C con intervalos de tiempo de 8 horas cada uno.

Figura 106
HMI guardando datos en el USB.

Figura 107
Los datos del USB.



4.3 Resultados Respecto a los Objetivos Específicos

- El sensor que tiene rango necesario para la cocción de ladrillos es la termocupla tipo “k”, el rango de la termocupla es de -200°C a 1250°C.
- El actuador para el suministro de combustible sólido es el dosificador de 8 pulgadas de diámetro.
- El actuador para el suministro de aire es el ventilador de un diámetro de 5 pulgadas de diámetro de salida.
- Si se pudo automatizar el proceso de cocción de ladrillos crudos, con la cual y se validó al controlador on-off con histéresis.

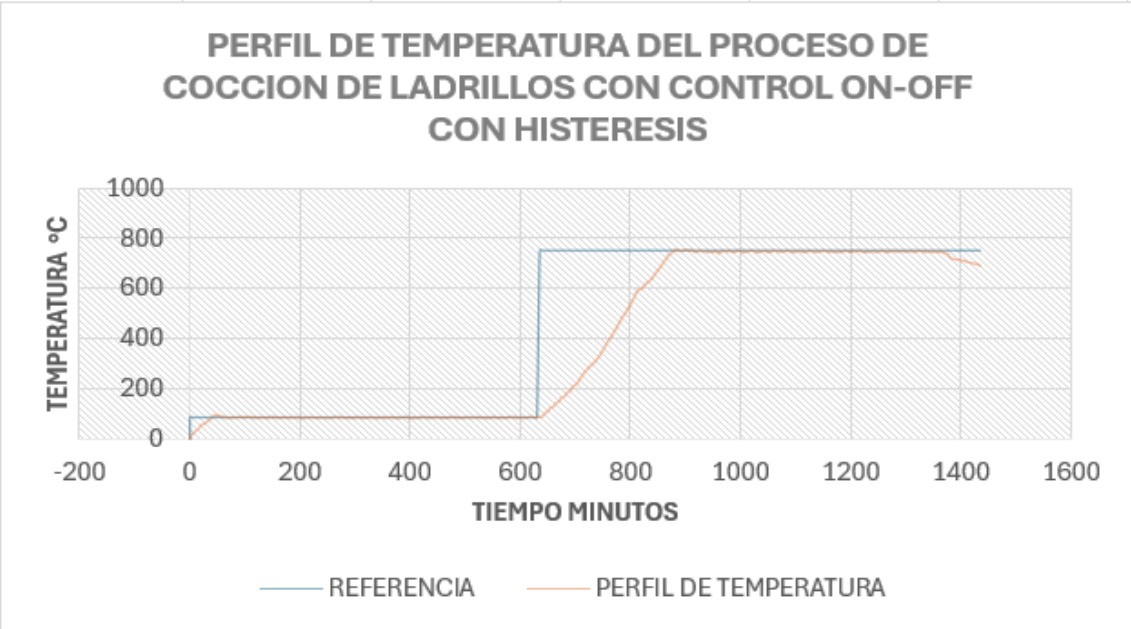
4.4 Resultados Respecto a los Objetivos Generales

Se pudo implementar el controlador de temperatura on-off con histéresis para el horno ladrillero, con los actuadores ventilador y dosificador, utilizando combustible sólido (aserrín), los ladrillos obtuvieron las propiedades deseadas.

En la Figura 108, se observaba el perfil de temperatura de cocción del ladrillo el cual garantiza que todos los ladrillos obtuvieron las propiedades deseadas, también se observa el comportamiento del control on-off con histéresis, el cual sigue las referencias para el proceso de cocción de ladrillos.

Figura 108

Perfil de temperatura del proceso de cocción ladrillos con control on-off con histéresis.

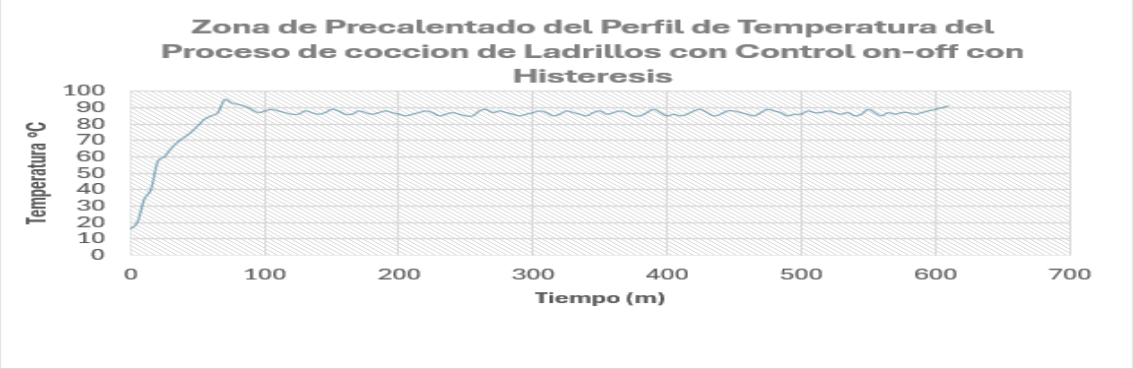


Analizando el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos Figura 108.

- Analizando el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, la zona de precalentado Figura 109, en esta zona los ladrillos eliminan las micropartículas de agua contenidas en los ladrillos crudos.

Figura 109

Zona de precalentado del proceso de cocción de ladrillos con control on-off con histéresis.



- Tiempo de crecimiento: 1hora.
- Valor de la temperatura de referencia: 87°C.
- Valor pico: 93 °C.
- Tiempo muerto: 5minutos.
- Periodo de la oscilación: 20minutos.
- Ancho de sobre impulso: 1.7°C.
- El valor de la histéresis es $H = 88.71 - 86.18 = 2.53°C$.
- El intervalo de tiempo es: 8 horas.
- El error del proceso de precalentado.

a.- La temperatura promedio superior es= 88.71°C.

$$\%error = \frac{|88.71 - 87|}{87} 100\% = 1.9\%$$

El porcentaje de error en estado estable es 1.9% en el proceso de precalentado.

b.- La temperatura promedio inferior es= 86.18°C.

$$\%error = \frac{|86.18 - 87|}{87} 100\% = 0.9\%$$

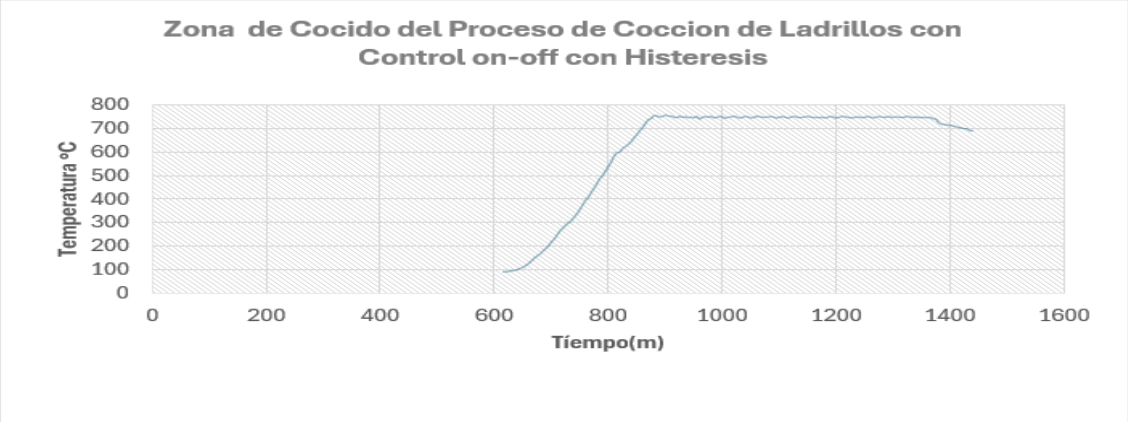
El porcentaje de error en estado estable es ±1.9% en el proceso de precalentado.

Analizando la Figura 109, se observa que este proceso de cocción de ladrillos es lento. Los intervalos de tiempo de 8 horas garantizan que las resistencias térmicas del sistema no afecten al proceso eliminar el agua de los ladrillos.

- Analizando el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, la zona de cocido Figura 110, en esta zona es donde el ladrillo obtiene las propiedades deseadas.

Figura 110

zona de cocido del proceso de cocción de ladrillos con controlador on-off con histéresis.



- Tiempo de crecimiento: 4 horas.
- Valor de la temperatura de referencia: 750°C.
- Valor pico de :751°C.
- Tiempo muerto: 5 minutos.
- Periodo de la oscilación: 20minutos.
- Ancho de sobre impulso: 1.8°C.
- El valor de la histéresis es $H = 751.8 - 749.2 = 2.6$°C.
- El intervalo de tiempo es: 8 horas.
- El error del proceso de cocido.

a.- La temperatura promedio superior es= 751.8°C.

$$\%error = \frac{|751.8 - 750|}{750} 100\% = 0.24\%$$

El porcentaje de error en estado estable es 0.26% en el proceso de cocido.

b.- La temperatura promedio inferior es= 749.2°C.

$$\%error = \frac{|749.2 - 750|}{750} 100\% = 0.11\%$$

El porcentaje de error en estado estable es ± 0.24% en el proceso de cocido.

Analizando la Figura 110, se observa que este proceso de cocción de ladrillos es lento. Los intervalos de tiempo de 8 horas garantizan que las resistencias térmicas del sistema no afecten al proceso de cocción de todos los ladrillos.

4.3 Analizando la Velocidad del Motor del Dosificador y el Ventilador en Revoluciones por Minuto (RPM)

En la Figura 111 nos muestra la frecuencia de suministro de energía eléctrica del variador hacia el motor del dosificador.

Figura 111

Display de variador del dosificador.

Con la hoja de datos del motor (Anexo 2) y la frecuencia de trabajo podemos determinar las revoluciones en rpm y el torque en lb-pie.

- las revoluciones $n = \frac{2f(60)}{p}$, donde f(frecuencia) = 15 Hz, p (número de polos) = 4.

  n= 450 rpm.

- el torque del motor $T = \frac{HP*5252}{n}$ donde HP (potencia del motor en hp) = 7.5, n (revoluciones por minuto) = 450 rpm.

  T= 87.53 lb-pie.

Los rpm del motor del dosificador con el tacómetro figuran 112.

Figura 112

Tacómetro en el Dosificador.

En la Figura 113 nos muestra la frecuencia de suministro de energía eléctrica del variador hacia el motor del ventilador.

Figura 113
Display del variador del ventilador.

Con la hoja de datos del motor (Anexo 2) y la frecuencia de trabajo podemos determinar las revoluciones en rpm y el torque en lb-pie.

- las revoluciones $n = \frac{2f(60)}{p}$, donde f(frecuencia)= 40 Hz, p (número de polos) = 2.

  n= 2400 rpm.

- el torque del motor $T = \frac{HP*5252}{n}$, donde HP (potencia del motor en hp) =7.5, n (revoluciones por minuto) = 2400 rpm.

  T= 16.4125 lb-pie

Los rpm del motor del ventilador con el tacómetro en la figura 114.

Figura 114
Tacómetro en el Ventilador.

CAPITULO 5: DISCUSION

5.1 Descripción de los Hallazgos más Relevantes y Significativos

El horno tipo volcán mejorado, no pierde rápidamente la temperatura, debido a que tiene una tapa, la cual acumula calor dentro del horno aislando del medio.

5.2 Limitaciones del Estudio

Este proyecto es aplicable para hornos tipo volcán mejorado, que utiliza al aserrín cómo combustible para la cocción de ladrillo.

5.3 Comparación Crítica con la Literatura Existente

En la tesis “Diseño del automatismo de control térmico y neumático de un horno túnel” (Antonio, 2013) no especifica los daños que causa los cambios bruscos de temperatura ya que de ello depende el producto.
El perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos tiene la misma forma del proyecto de tesis, la temperatura de precalentado es 98°C y su temperatura de cocido es de 994°C esto es debido a la composición de la materia prima. No específica el controlador que utiliza para controlar la temperatura del horno túnel ladrillero.

En la tesis, “PERFILES DE TEMPERATURA DE UN HORNO LADRILLERO DEL SECTOR DE CHAMBO” (ESCOBAR, 2011) en ella determino el perfil de temperatura de un horno ladrillero, analizando las resistencias térmicas de sistema y recomienda distribuir adecuadamente los ladrillos en el horno, para una cocción exitosa de todos los ladrillos, es verdad que la distribución de ladrillos influye que todos los ladrillos dentro del horno ladrillero obtengan las propiedades deseadas, pero no menciona el controlador utilizado.

En la tesis, “ENERGY UTILISATION IN BRICK KILNS” (MAITHEL, 2003) el perfil de temperatura del cocido de ladrillo, en un horno tipo colmena está distribuido a lo largo del horno, este horno es para un proceso continuo de cocido de ladrillos, temperatura de precalentado es 90°C y la temperatura de cocido es 1000°C, este horno no es conveniente para pequeños productores de ladrillos, debido a que este horno nunca se enfría.

La tesis, “PROPUESTA DE AUTOMATIZACION Y MODERNIZACION DE HORNO PARA COCIDO DE LADRILLO ROJOS” (Serrano, 2016) propuso el control y automatización de un horno ladrillero en la ciudad de México, pero no específica que controlador utilizara para automatizar el proceso de cocción de ladrillos.

En la tesis, “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE COCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y AGREGADOS E. I. R. L.” (Guerrero Coronado, 2020) es un diseño mal realizado, tomo al perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillo, para obtener la función de transferencia de la planta y con ello determino el controlador PID, sin tener en cuenta que el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, es el resultado de aplicar un control manual a la planta. Por ello esta propuesta está mal hecha, ni considero el proceso de precalentado el cual evita que los ladrillos se fragmenten.

Comparando el perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos de la revista “REVISTA MEXICAN DE INGENIERIA QUIMICA” (rodriguez , R. Z. , Diego N.F, Martinez A.C, Memdez L.L,Aguilar L. M., 2004), con el perfil de temperatura que se realizó, tienen la misma forma, pero difiere en escala, eso debido a la ubicación geográfica del horno y a la composición de la arcilla.

En la tesis “Diseño de la automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera El Rubí S.A.S Tunja” (Sanchez Niño, 2020) La mecanización de la producción de ladrillos acelera la producción de ladrillos y ello incrementa la frecuencia de quema de ladrillos e incrementa las ganancias económicas es verdad.

CAPITULO 6: ANALISIS DE COSTOS

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION					
DESCRIPCION		UNID	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1.01	**Sensor tipo K**	**Unid**	**1**	**S/. 114.00**	**S/. 114.00**
1.02	**PLC**	**Unid**	**1**	**S/. 1400.00**	**S/. 1400.00**
1.03	**Ventilador**	**Unid**	**1**	**S/. 5000.00**	**S/. 5000.00**
1.04	**Termómetro**	**Unid**	**1**	**S/. 250.00**	**S/. 250.00**
1.05	**Dosificador con tornillo sin fin**	**Unid**	**1**	**S/. 5000.00**	**S/. 5000.00**
1.06	**Variador de velocidad**	**Unid**	**2**	**S/. 2500.00**	**S/. 5000.00**
1.07	**Gabinete**	**Unid**	**1**	**S/. 380.00**	**S/. 380.00**
1.08	**Canaleta ranurada**	**Unid**	**2**	**S/. 70.00**	**S/. 140.00**
1.09	**Riel din**	**Unid**	**1**	**S/. 50.00**	**S/. 50.00**
1.10	**Cable**	**Unid**	**2**	**S/. 380.00**	**S/. 760.00**
1.11	**Terminales**	**Unid**	**3**	**S/. 15.00**	**S/. 45.00**
1.12	**Porta fusible**	**Unid**	**1**	**S/. 15.00**	**S/. 15.00**
1.13	**Fusible**	**Unid**	**1**	**S/. 5.00**	**S/. 5.00**
1.14	**Interruptor Termomagnético**	**Unid**	**1**	**S/. 215.00**	**S/. 215.00**
1.15	**Fuente DC**	**Unid**	**1**	**S/. 205.00**	**S/. 205.00**
1.16	**Controlador de Temperatura Digital**	**Unid**	**1**	**S/. 350.00**	**S/. 350.00**
1.17	**HMI**	**Unid**	**1**	**S/. 1300.00**	**S/. 1300.00**
TOTAL(S/)					**S/. 20,229.00**

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó el sistema que automatiza el proceso de cocción de ladrillos, con el controlador *on-off* con histéresis para los actuadores ventilador y dosificador que suministran aire y aserrín a la cámara de combustión del horno. En el proceso de precalentado el tiempo de subida fue de 1 hora con una temperatura pico de 93 °C y con una temperatura en estado estable de 87 °C durante un intervalo de tiempo de 8 horas, así mismo el error en estado estable fue de ±1.7 °C. En el proceso de cocción el tiempo de subida fue de 4 horas, la temperatura pico fue de 751 °C y la temperatura en estado estable de 750 °C durante un intervalo de 8 horas con un error en estado estable de ±1.8 °C.
- Se determinó como sensor de temperatura apropiado para el horno ladrillero la termocupla tipo k, con rango de temperatura de -200 °C a 1250 °C, considerando que el rango de temperatura necesario para la cocción de ladrillos es de 0 °C a 750 °C.
- El dosificador es una maquina mecánica con tornillo sin fin de 8 pulgadas de diámetro, de longitud de 2 metros, con un motor eléctrico de 7.5 hp trifásico de 380 voltios ac, que es manejado por un variador de frecuencia de 10 hp de la marca Delta. El ventilador es una maquina mecánica constituido por una turbina de 12 pulgadas de diámetro y un motor eléctrico de 7.5 hp trifásico de 380 voltios ac, que es manejado por otro variador de frecuencia de 10 hp de la marca Delta.
- El sistema automático del proceso de cocción alcanza la temperatura de precalentado, luego alcanza la temperatura de cocción y con dichos datos se grafica el perfil de temperatura la cual se asemeja a los perfiles de los

antecedentes las cuales garantizan que los ladrillos obtuvieron las propiedades deseadas.

- Este sistema de automatización de cocción de ladrillos es configurable, por ello al horno se le puede cargar también ladrillos pasteleros, otros ladrillos de diferente espesor y tamaño, utensilios de arcilla y otros objetos; considerando que estos objetos tienen diferentes tiempos y temperaturas de cocción.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere que el horno ladrillero se un horno tipo volcán mejorado con tapa para concentrar mejor el calor dentro del horno.
- Los hornos deben tener colectores de humo, los cuales canalizan el humo hacia un filtro que se encarga de retener partículas del humo.
- Se recomienda aumentando la capacidad del depósito de aserrín del dosificador.
- Para evitar la fragmentación del ladrillo en el proceso de cocción, se debe cargar al horno ladrillos crudos lo más seco posible, ya que la humedad agrieta al ladrillo en el precalentado.
- Para evitar que los ladrillos se deformen en el proceso de cocción no se debe superar la temperatura de fusión 800 °C de la materia prima.
- Al implementar este sistema de automatización tener en cuenta el punto de ebullición del agua en la ciudad Cusco 87 °C, para la configuración de la temperatura de precalentado.

BIBLIOGRAFIA

Antonio, C. S. (2013). *Diseño del automatismo de control termico y neumatico de un horno tunel.* Universidad Politecnica de Catalunya. Barcelona , España: universitat Politecnica de Catalunya.

EELA. (2014). *PROYECTO EELA. Emisiones reducidas y producciones mejoradas en las ladrilleras de america latina.* America latina(Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Mexico, Peru): EELA.

ESCOBAR, M. I. (2011). *PERFILES DE TEMPERATURA DE UN HORNO LADRILLERO DEL SECTOR DE CHAMBO.* Riobamba – Ecuador : ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Gallegos, L. O. (2013). *informe de yacimiento de minerales.* puno: Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

Gómez, G. G. (2016). *Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales.* Ocaña, Colombia: Tecnura.

Guerrero Coronado, M. D. (2020). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE COCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y AGREGADOS E. I. R. L.* CHICLAYO - PERU: Universidad Catolica de Santo Torivio de Mogrovejo.

Luján Guzmán, M. D. (2015). *Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales.* Cochabamba, Bolivia: RevActaNova. v.7 n.2 Cochabamba set. 2015.

MAITHEL, S. (2003). *ENERGY UTILISATION IN BRICK KILNS.* INDIAN - BONBAY : INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY.

MONTESO, J. (1990). *TRATAMIENTO PRACTICO DE CERAMICA.* BUENOS AIRES - ARGENTINA: BARCELONA ESCUELA PIAS.

OCEANO. (2020). *OCEANO UN COLOR DICCIONARIO ENCICLOPEDICO .* Barcelona , España: OCEANO.

PINEDA ALMARAZ, A. F. (2021). *ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE COCCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA LADRILLERA.* TACNA - PERU: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.

Robert hernandez sampieri, carlos fernandez,Maria del pilar. (2015). *Metodologia de la investigacion.* Mexico: McGrawHill.

Rodriguez , R. Z. , Diego N.F, Martinez A.C, Memdez L.L,Aguilar L. M. (2004). *REVISTA MEXICANA DE INGENIERIA QUIMICA.* MEXICO: Lara Mireles.

Rodríguez-Ramírez, J. (2004). *PERFILES DE TEMPERATURA EN UN HORNO LADRILLERO.* MEXICO: REVISTA MEXICANA DE QUIMICA AMIDIQ.

Sanchez Niño, J. (2020). *Diseño de la automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera El Rubí S.A.S*

Tunja. Tunja - Colombia: Universidad de Santo Tomas.

Sanchez, M. B. (2018). *Ingenieria de instrumentacion de plantas de proceso.* españa: Diaz de Santos.

Serrano, L. E. (2016). *PROPUESTA DE AUTOMATIZACION Y MODERNIZACION DE HORNO PARA COCIDO DE LADRILLO ROJO.* MEXICO: Instituto Politecnico Nacional de Mexico.

SIEMENS. (2014). *SIEMENS SIMATIC S7 CONTROLADOR PROGRAMABLE S7 1200.* NÜRNBERG, ALEMANIA: SIEMENS AG.

SIEMENS. (2018). *Documentación didáctica/para cursos de formación Siemens Automation Cooperates with Education .* NÜRNBERG, ALEMANIA: SIEMENS.

sole, a. c. (1999). *control de procesos industriales.* españa: Alfaomega.

ANEXO 1. Instrumento para la Recolección de Datos

Para la recolección de datos por primera vez se utilizó un termómetro y un reloj. El instrumento utilizado es un termómetro robusto, ya que el ruido no interfiere en la lectura de la temperatura, estos instrumentos se recomiendan en la industria.

TERMOMETRO

Para obtener las muestras de temperatura del proceso de cocción de ladrillos a control manual se utilizó un termómetro tipo pistola Figura 115, es un instrumento robusto, el cual funciona tomando muestras de radiación infrarroja que emite el objeto y con ello determinar la temperatura del objeto.

Figura 115
Termómetro tipo pistola.

Validez y Confiabilidad del Instrumento

El instrumento utilizado es de la marca fluke 572-1, tiene certificación ISO9001, con la cual garantiza que el termómetro esta calibrado, cumplen los requisitos de la unión europeo y tiene certificación de instrumentos chino Figura 116.

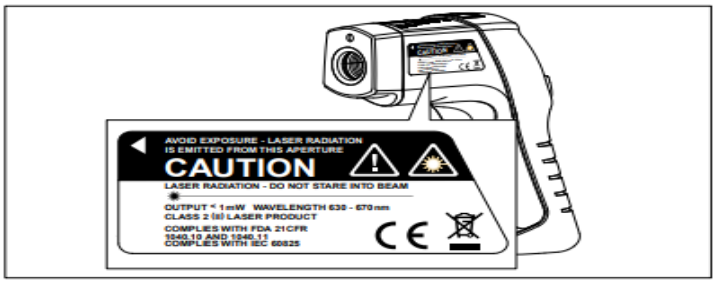
Figura 116
Advertencias y certificaciones del termómetro.

Símbolo	Explicación
	Peligro. Información importante. Consulte el manual.
	Voltaje peligroso. Riesgo de descarga eléctrica.
	Advertencia. Láser.
CE	Cumple con los requisitos de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA).
	No deseche este producto como residuo municipal no clasificado. Vaya al sitio web de Fluke para obtener información de reciclaje.
	Batería
MC 沪制01120009号	Marca de certificación metrológica china para instrumentos de medición fabricados en la República Popular de China (PRC).

Nota. Adaptado de fluke 572-1.

En la Figura 117, nos muestra las advertencias de termómetro.

Figura 117
Etiqueta del termómetro.



Nota. Adaptado de fluke 572-1.

Muestras a Control Manual del Proceso de Cocción de Ladrillos

Las muestras se obtuvieron del proceso de cocción de ladrillos con control manual Tabla 11, para obtener la temperatura se utilizó un termómetro tipo pistola y un reloj, estas muestras nos sirve para determinar el perfil de temperatura del proceso de cocción con el cual determinamos los límites de la temperatura de precalentado, temperatura de cocción e intervalos de tiempo.

Tabla 11

Muestras de Temperatura en la Cocción de Ladrillos.

Tiempo (h)	*Temperatura (°C)*
05:00	*17*
06:00	*75*
07:00	*86*
08:00	*87*
09:00	*88*
11:00	*86*
12:00	*88*
13:00	*86*
14:00	*90*
15:00	*150*
16:00	*350*
17:00	*560*
18:00	*743*
19:00	*750*
20:00	*753*
21:00	*750*
22:00	*752*
23:00	*749*
00:00	*750*
01:00	*749*
02:00	*753*
03:00	*750*
04:00	*710*

Nota. Elaboración propia.

ANEXO 2. Hoja de Datos del Motor Eléctrico

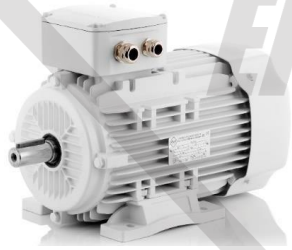
- **HOJA DE DATOS DEL MOTOR DEL VENTILADOR**

VYBO Electric a.s.

Data Sheet	No.
Three Phase Induction Motor	Drawing No.
Customer	
Client reference	
Type	3AL-132S 1-2 5,5KW 400/690V 50HZ
Brand	VYBO Electric

Identification

Type:		3AL-132S 1-2		Frame:	132				mm
Power:		5,5	kW	Poles:	2				P
Rated Current:	400 V	10,1	A	Rated Voltage:	400	/	690		V
Speed:		3500	rpm	Connection:	△/Y				
Frequency:		60	Hz	Insulation Class:	F				
Direct on line starting torque ratio (LRT/RLT):		2		Temperature Rise:					
Direct on line pull out torque ratio (BDT/RLT):		2,3		Service Factor:	1,0				
Direct on line starting current ratio (LRA/RLA):		8,3		Duty:	S1, S2, S3, S4-S9				
Efficiency:		89,2	%	Ambient Temperature:	-35～40°C				
Power factor:		0,88		Altitude:	1000m				
Noise level:		79	dB(A)	Protection Degree:	IP55				
				Cooling:	IC411				
				Mounting:	IM B (On request)				
				Vibration:	2.8 mm/s				
				Direction of Rotation:	Both				
				Starting Method:	DOL or VFD				
				Coupling:	DIRECT				
				Load Type:	Parabolic or linear curve				
				Terminal box:	2-M35X1.5				



Bearing Information

	DE	NDE
Bearing:	6308-2RZ	6308-2RZ
Regreasing int.(h):		
Grease amount(g):		
Grease:		

Notes / Accessories	Deviation Sheet	
	VYBO Electric	Customer

Standards

Specification:	IEC60034-1 / GB755
Test:	IEC60034-2 / GB/T1032
Noise:	IEC60034-9 / GB10069.3
Vibration:	IEC60034-14 / GB10068

- **HOJA DE DATOS DEL MOTOR DEL DOSIFICADOR**

VYBO Electric a.s.

Data Sheet	No.
Three Phase Induction Motor	Drawing No.
Customer	
Client reference	
Type	3AL-132S-4 5,5KW 400/690V 50HZ
Brand	VYBO Electric

Identification

Type:		3AL-132S-4		Frame:	132				mm
Power:		5,5	kW	Poles:	4				P
Rated Current:	400 V	10,65	A	Rated Voltage:	400	/	690		V
Speed:		1440	rpm	Connection:	△/Y				
Frequency:		50	Hz	Insulation Class:	F				
Direct on line starting torque ratio (LRT/RLT):		2		Temperature Rise:					
Direct on line pull out torque ratio (BDT/RLT):		2,3		Service Factor:	1,0				
Direct on line starting current ratio (LRA/RLA):		7		Duty:	S1, S2, S3, S4-S9				
Efficiency:		85,7	%	Ambient Temperature:	-35～40°C				
Power factor:		0,83		Altitude:	1000m				
Noise level:		71	dB(A)	Protection Degree:	IP55				
				Cooling:	IC411				
				Mounting:	IM B (On request)				
				Vibration:	2.8 mm/s				
				Direction of Rotation:	Both				
				Starting Method:	DOL or VFD				
				Coupling:	DIRECT				
				Load Type:	Parabolic or linear curve				
				Terminal box:	2-M35X1.5				

Bearing Information

	DE	NDE
Bearing:	6308-2RZ	6308-2RZ
Regreasing int.(h):		
Grease amount(g):		
Grease:		

Notes / Accessories

Deviation Sheet

VYBO Electric	Customer

Standards

Specification:	IEC60034-1 / GB755
Test:	IEC60034-2 / GB/T1032
Noise:	IEC60034-9 / GB10069.3
Vibration:	IEC60034-14 / GB10068

ANEXO 3. Resumen del Algoritmo para el control del sistema automático

Del perfil de temperatura del proceso de cocción de ladrillos, se obtiene el algoritmo en pseudocódigo y diagrama de flujo.

El Pseudocódigo

```
Algoritmo control_coccion_del_ladrillo
        variable_control <- 0
        Leer arranque
        Leer pausa
        Leer emergencia
        Leer temperatura
        Leer temperatura_precalentado
        Leer temperatuta_coccion
        Leer tiempo_de_precalentado
        Leer tiempo_de_coccion
        hora_1 <- tiempo_de_precalentado
        hora_2 <- tiempo_de_coccion
        actuador <- 0
Si emergencia=0 Entonces
        si arranque=1 Entonces
                Si pausa=1 Entonces
                        actuador <-0
                SiNo
                si variable_control=0 Entonces
                        si temperatura >= temperatura_precalentado Entonces
                                variable_control<-1+variable_control
                        FinSi
                FinSi
                si variable_control=1 Entonces
                        si temperatura >= temperatura_precalentado Entonces
                                si hora_1<=0 Entonces
                                        variable_control<-1+ variable_control
                                FinSi
        FinSi
                FinSi
                si variable_control=2 Entonces
                        si temperatura >= temperatuta_coccion Entonces
                                        variable_control<-1+ variable_control
                        FinSi
                FinSi
                si variable_control=3 Entonces
```

```
                si temperatura >= temperatuta_coccion Entonces
                        si hora_2<=0 Entonces
                                variable_control<-1+ variable_control
                        FinSi
                FinSi
        FinSi
        Si variable_control=0 Entonces
                        actuador<-1
        FinSi
        Si variable_control=1 Entonces
            Si hora_1>=0 Entonces
                        hora_1 <- hora_1-0.001
                Si temperatura<temperatura_precalentado Entonces
                                actuador<-1
                        SiNo
                                actuador <-0
                        FinSi
             FinSi
        Si temperatura<temperatura_precalentado*0.6 Entonces
                        hora_1 <- tiempo_de_precalentado
        FinSi
        FinSi
        Si variable_control=2 Entonces
                Si temperatura<temperatuta_coccion Entonces
                        actuador<-1
                FinSi
        FinSi
        Si variable_control=3 Entonces
                Si hora_2>0 Entonces
                        hora_2 <- hora_2-0.001
                        Si temperatura<temperatuta_coccion Entonces
                                actuador<-1
                        SiNo
                                actuador<-0
                        FinSi
                FinSi
                Si temperatura<temperatuta_coccion*0.6 Entonces
                        hora_2 <- tiempo_de_coccion
                FinSi
        FinSi
    FinSi
Si emergencia=1 Entonces
          actuador<-0
    FinSi
```

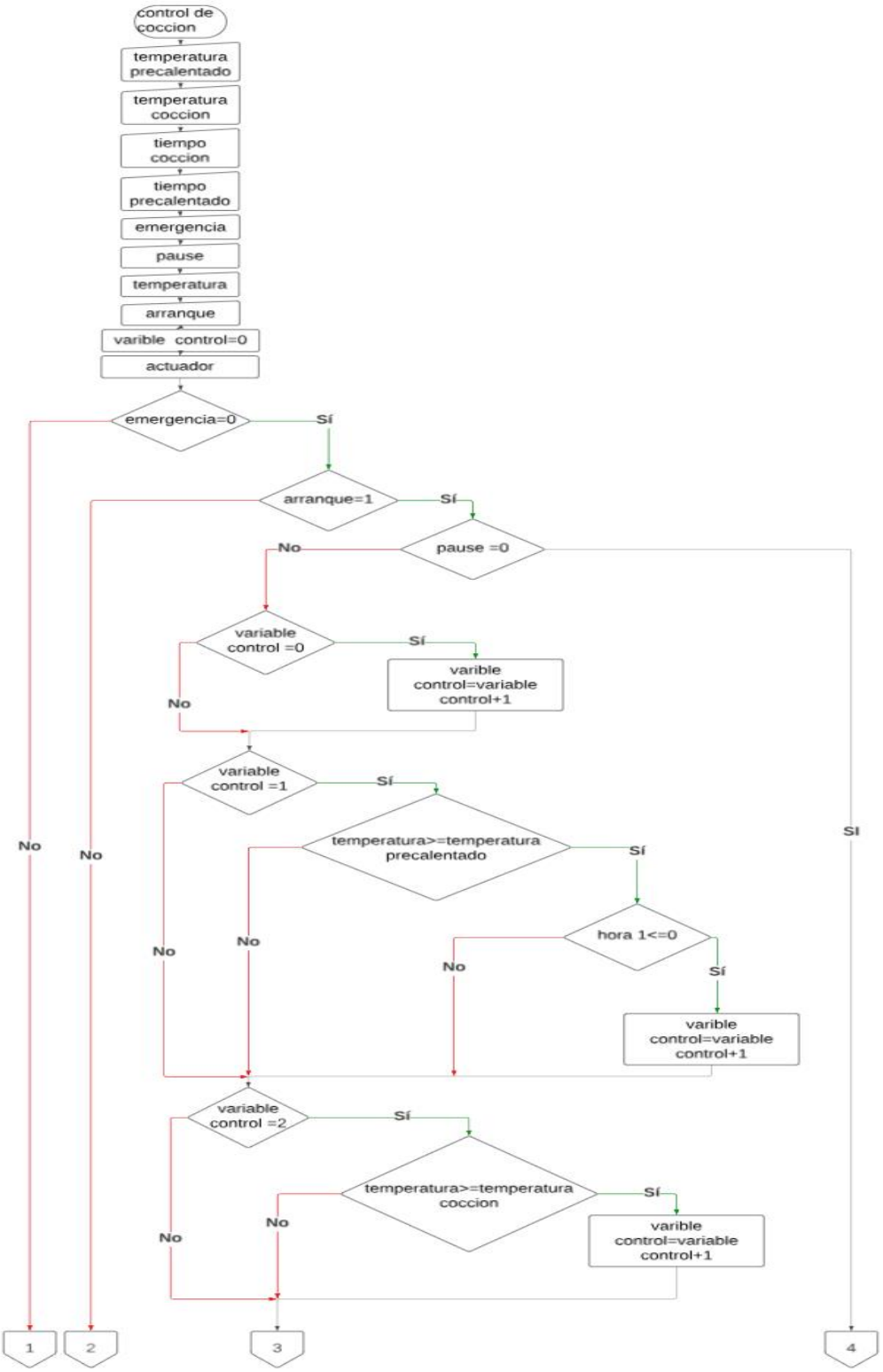
```
    FinSi
        FinSi
FinAlgoritmo
```

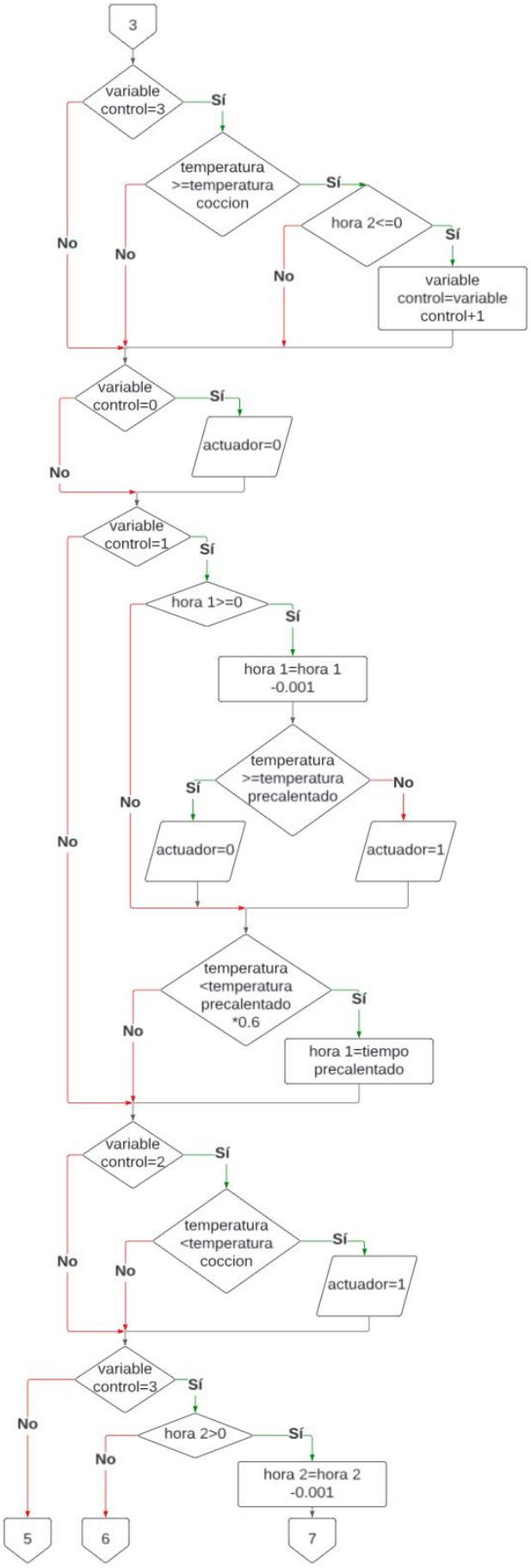
Diagrama de Flujo

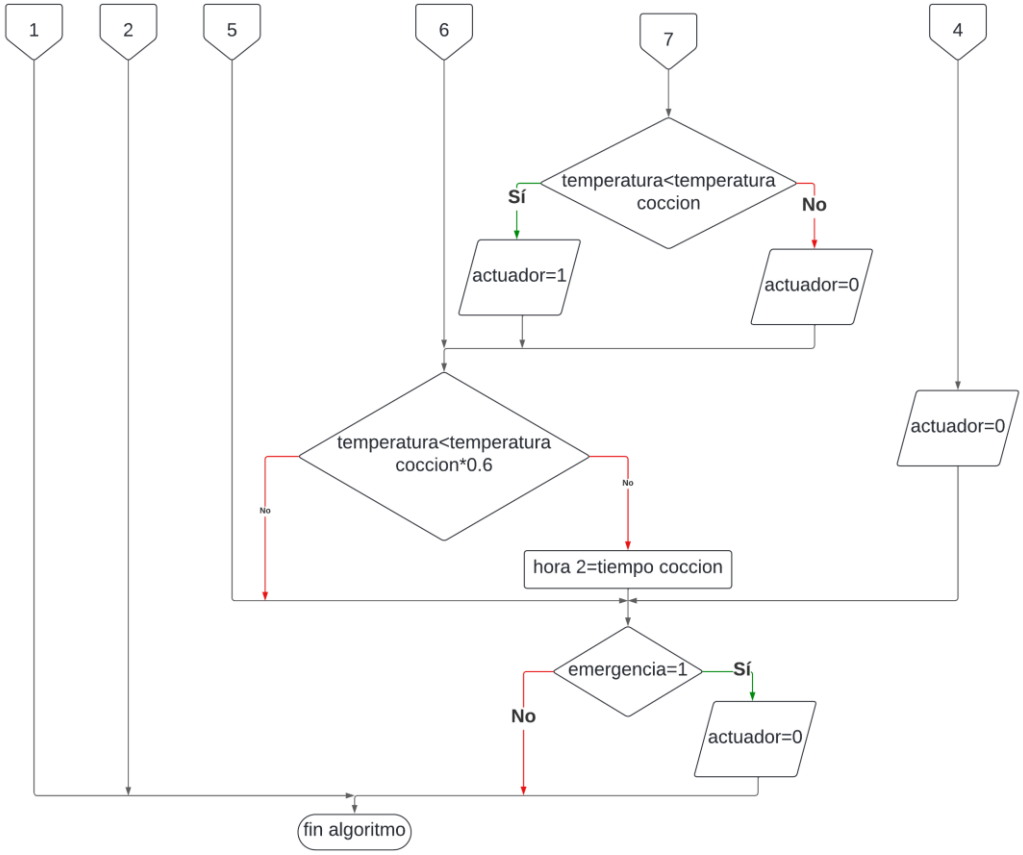
Es una representación gráfica del código Figura 118, el cual nos representa gráficamente el comportamiento del sistema automático en el proceso de cocción de ladrillos.

Figura 118

Diagrama de flujo.




3
variable control=3
Sí
No
temperatura >=temperatura coccion
Sí
No
hora 2<=0
Sí
No
variable control=variable control+1
variable control=0
Sí
No
actuador=0
variable control=1
Sí
No
hora 1>=0
Sí
No
hora 1=hora 1 -0.001
temperatura >=temperatura precalentado
Sí
No
actuador=0
actuador=1
temperatura <temperatura precalentado *0.6
Sí
No
hora 1=tiempo precalentado
variable control=2
Sí
No
temperatura <temperatura coccion
Sí
No
actuador=1
variable control=3
Sí
No
hora 2>0
Sí
No
hora 2=hora 2 -0.001
5
6
7


1
2
5
6
7
4
temperatura<temperatura coccion
Sí
No
actuador=1
actuador=0
temperatura<temperatura coccion*0.6
No
No
actuador=0
hora 2=tiempo coccion
emergencia=1
Sí
No
actuador=0
fin algoritmo

ANEXO 4. Los Datos Acumulados en el USB

"VarName"	"TimeString"	"VarValue"	"Validity"
"RT_OFF"	"2024-05-10 05:02:46"	0	2
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:05:52"	16	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:10:52"	20	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:15:52"	34	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:20:52"	40	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:25:52"	57	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:30:52"	60	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:35:52"	65	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:40:52"	69	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:45:52"	72	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:50:52"	75	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 05:55:52"	79	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:00:52"	81	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:05:52"	83	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:10:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:15:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:20:52"	94	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:25:52"	92	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:30:52"	91	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:35:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:40:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:45:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:50:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 06:55:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:00:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:05:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:10:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:15:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:20:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:25:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:30:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:35:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:40:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:45:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:50:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 07:55:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:00:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:05:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:10:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:15:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:20:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:25:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:30:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:35:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:40:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:45:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:50:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:55:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:00:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:05:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:10:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:15:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:20:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:25:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:30:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:35:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:40:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:45:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:50:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 08:55:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:00:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:05:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:10:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:15:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:20:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:25:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:30:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:35:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:40:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:45:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:50:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 09:55:52"	88	1

"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:00:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:05:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:10:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:15:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:20:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:25:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:30:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:35:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:40:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:45:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:50:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 10:55:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:00:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:05:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:10:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:15:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:20:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:25:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:30:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:35:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:40:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:45:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:50:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 11:55:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:00:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:05:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:10:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:15:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:20:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:25:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:30:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:35:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:40:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:45:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:50:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 12:55:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:00:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:05:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:10:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:15:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:20:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:25:52"	85	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:30:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:35:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:40:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:45:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:50:52"	86	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 13:55:52"	87	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:00:52"	88	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:05:52"	89	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:10:52"	90	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:15:52"	91	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:20:52"	93	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:25:52"	95	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:30:52"	96	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:35:52"	97	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:40:52"	99	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:45:52"	101	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:50:52"	105	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 14:55:52"	108	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:00:52"	116	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:05:52"	125	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:10:52"	136	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:15:52"	148	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:20:52"	157	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:25:52"	166	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:30:52"	178	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:35:52"	189	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:40:52"	201	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:45:52"	217	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:50:52"	230	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 15:55:52"	248	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:00:52"	264	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:05:52"	276	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:10:52"	289	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:15:52"	298	1

"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:20:52"	309	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:25:52"	323	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:30:52"	338	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:35:52"	357	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:40:52"	376	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:45:52"	395	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:50:52"	410	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:55:52"	429	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 16:00:52"	448	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:05:52"	467	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:10:52"	488	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:15:52"	502	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:20:52"	521	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:25:52"	539	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:30:52"	560	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:35:52"	584	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:40:52"	597	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:45:52"	602	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:50:52"	616	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 17:55:52"	625	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:00:52"	634	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:05:52"	646	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:10:52"	662	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:15:52"	676	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:20:52"	691	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:25:52"	707	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:30:52"	723	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:35:52"	739	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:40:52"	744	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:45:52"	757	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:50:52"	755	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 18:55:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:00:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:05:52"	759	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:10:52"	754	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:15:52"	755	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:20:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:25:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:30:52"	754	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:35:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:40:52"	752	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:45:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:50:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 19:55:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:00:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:05:52"	742	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:10:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:15:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:20:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:25:52"	754	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:30:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:35:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:40:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:45:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:50:52"	746	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 20:55:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:00:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:05:52"	754	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:10:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:15:52"	746	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:20:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:25:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:30:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:35:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:40:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:45:52"	754	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:50:52"	752	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 21:55:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:00:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:05:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:10:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:15:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:20:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:25:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:30:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:35:52"	750	1

"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:40:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:45:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:50:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 22:55:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:00:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:05:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:10:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:15:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:20:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:25:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:30:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:35:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:40:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:45:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:50:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 23:55:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:00:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:05:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:10:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:15:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:20:52"	752	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:25:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:30:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:35:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:40:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:45:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:50:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-10 24:55:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:00:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:05:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:10:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:15:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:20:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:25:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:30:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:35:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:40:52"	752	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:45:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:50:52"	752	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 01:55:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:00:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:05:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:10:52"	753	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:15:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:20:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:25:52"	751	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:30:52"	749	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:35:52"	748	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:40:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:45:52"	747	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:50:52"	750	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 02:55:52"	743	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:00:52"	742	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:05:52"	727	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:10:52"	720	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:15:52"	719	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:20:52"	717	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:25:52"	715	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:30:52"	713	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:35:52"	710	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:40:52"	706	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:45:52"	704	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:50:52"	701	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 03:55:52"	700	1
"temperatura_entera"	"2024-05-11 04:00:52"	692	1

ANEXO 5. Datos para Determinar el Error en Estado Estable

- PARA EL PROCESO DEL PRECALENTADO

TIEMPO	REFERENCIA	SALIDA	DIFERENCIA
75	87	92	-5
80	87	91	-4
85	87	89	-2
90	87	87	0
95	87	88	-1
100	87	89	-2
105	87	88	-1
110	87	87	0
115	87	86	1
120	87	86	1
125	87	88	-1
130	87	87	0
135	87	87	0
140	87	86	1
145	87	87	0
150	87	89	-2
155	87	88	-1
160	87	86	1
165	87	86	1
170	87	88	-1
175	87	87	0
180	87	86	1
185	87	87	0
190	87	88	-1
195	87	87	0
200	87	86	1
205	87	85	2
210	87	86	1
215	87	87	0
220	87	88	-1
225	87	87	0
230	87	85	2
235	87	86	1
240	87	87	0
245	87	86	1
250	87	85	2
255	87	85	2
260	87	88	-1
265	87	89	-2
270	87	87	0
275	87	88	-1
280	87	87	0

285	87	86	1
290	87	85	2
295	87	86	1
300	87	87	0
305	87	88	-1
310	87	87	0
315	87	85	2
320	87	86	1
325	87	88	-1
330	87	87	0
335	87	86	1
340	87	85	2
345	87	87	0
350	87	88	-1
355	87	86	1
360	87	87	0
365	87	88	-1
370	87	87	0
375	87	85	2
380	87	85	2
385	87	87	0
390	87	89	-2
395	87	87	0
400	87	85	2
405	87	86	1
410	87	85	2
415	87	86	1
420	87	88	-1
425	87	89	-2
430	87	87	0
435	87	85	2
440	87	86	1
445	87	88	-1
450	87	88	-1
455	87	87	0
460	87	86	1
465	87	85	2
470	87	87	0
475	87	89	-2
480	87	88	-1
485	87	87	0
490	87	85	2
495	87	86	1
500	87	86	1
505	87	88	-1
510	87	87	0

515	87	87	0
520	87	88	-1
525	87	87	0
530	87	86	1
535	87	87	0
540	87	85	2
545	87	86	1
550	87	89	-2
555	87	87	0
560	87	85	2
565	87	87	0
570	87	86	1
575	87	86	1
580	87	88	-1
585	87	89	-2
590	87	88	-1
595	87	85	2
600	87	87	0
605	87	86	1
610	87	85	2
615	87	88	-1
620	87	89	-2
625	87	87	0
630	87	87	0

- PARA EL PROCESOS DE COCCION

TIEMPO	REFERNCIA	TEMPERRATURA	DIFERNCIA
880	750	757	7
885	750	755	5
890	750	751	1
895	750	753	3
900	750	759	9
905	750	754	4
910	750	755	5
915	750	750	0
920	750	748	-2
925	750	754	4
930	750	749	-1
935	750	752	2
940	750	747	-3
945	750	751	1
950	750	747	-3
955	750	753	3

960	750	742	-8
965	750	749	-1
970	750	753	3
975	750	749	-1
980	750	754	4
985	750	747	-3
990	750	749	-1
995	750	753	3
1000	750	751	1
1005	750	746	-4
1010	750	749	-1
1015	750	751	1
1020	750	754	4
1025	750	751	1
1030	750	746	-4
1035	750	749	-1
1040	750	753	3
1045	750	751	1
1050	750	747	-3
1055	750	748	-2
1060	750	754	4
1065	750	752	2
1070	750	750	0
1075	750	749	-1
1080	750	751	1
1085	750	753	3
1090	750	750	0
1095	750	747	-3
1100	750	749	-1
1105	750	753	3
1110	750	750	0
1115	750	747	-3
1120	750	749	-1
1125	750	753	3
1130	750	751	1
1135	750	748	-2
1140	750	749	-1
1145	750	751	1
1150	750	753	3
1155	750	751	1
1160	750	748	-2
1165	750	750	0
1170	750	747	-3
1175	750	750	0
1180	750	747	-3
1185	750	749	-1

1190	750	753	3
1195	750	751	1
1200	750	747	-3
1205	750	749	-1
1210	750	753	3
1215	750	752	2
1220	750	750	0
1225	750	747	-3
1230	750	748	-2
1235	750	750	0
1240	750	751	1
1245	750	748	-2
1250	750	749	-1
1255	750	753	3
1260	750	751	1
1265	750	747	-3
1270	750	749	-1
1275	750	753	3
1280	750	751	1
1285	750	749	-1
1290	750	751	1
1295	750	752	2
1300	750	748	-2
1305	750	752	2
1310	750	750	0
1315	750	749	-1
1320	750	750	0
1325	750	753	3
1330	750	751	1
1335	750	748	-2
1340	750	751	1
1345	750	749	-1
1350	750	748	-2
1355	750	750	0
1360	750	747	-3
1365	750	750	0

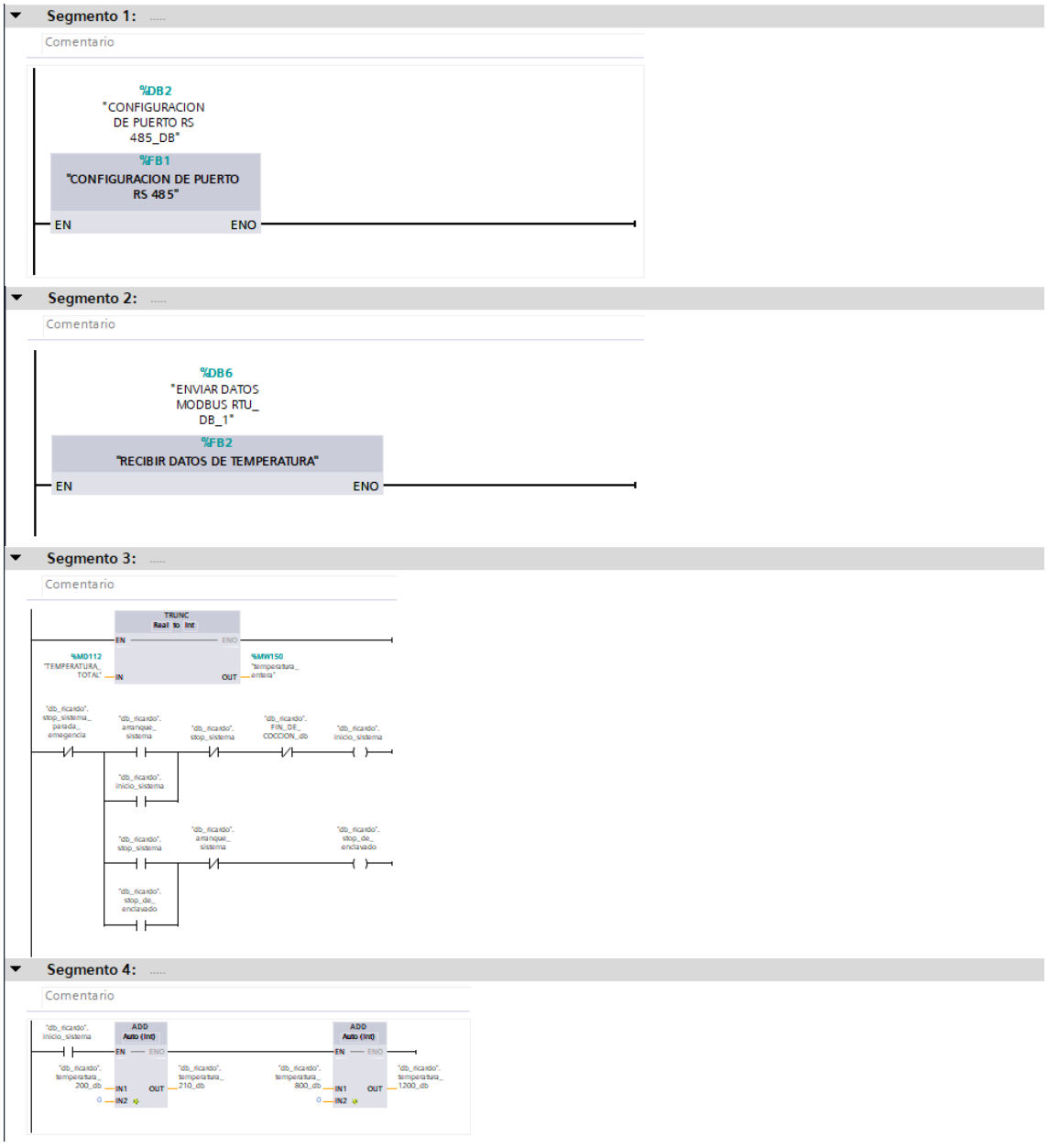
ANEXO 6. Cálculo de CRC para Modbus RTU

Este cálculo nos sirve para la comunicación Modbus RTU, el cual sirve para comprobar los errores de la comunicación.

```
#CRC_L := 0;
#CRC_H := 0;
#CRC :=  65535;
(*
#LONGITUD :=0;
#DIRECION_H := 0;
#DIRECION_L := 0;
#DIRECCION_ESCLAVO := #DIRECION_DE_DATOS_ESCLAVO;
WHILE #DIRECCION_ESCLAVO >= 256 DO

   #DIRECCION_ESCLAVO := #DIRECCION_ESCLAVO - 256;
   #DIRECION_H := (#DIRECION_H + 1);

END_WHILE;

#DIRECION_L := #DIRECCION_ESCLAVO;
*)

//*****************************************************/


#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[0] := #DIRECION_DE_DATOS_ESCLAVO;
#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[1] := 4;
#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[2] := 03;
#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[3] := 232;
#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[4] := 0;
#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[5] := 2;

(*
FOR #i := 0 TO 50 BY 1 DO
   IF #DATO[#i] = 0 THEN
      IF #DATO[#i + 1] = 0 THEN
         IF #DATO[#i + 2] = 0 THEN
            IF #DATO[#i + 3] = 0 THEN
               EXIT;

            END_IF;

         END_IF;
      END_IF;
   ELSE
      #LONGITUD := #LONGITUD + 1;
   END_IF;
END_FOR;
*)
FOR #i := 0 TO 5 BY 1 DO

   #xr := #FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[#i];
   #CRC := #CRC XOR #xr;
```

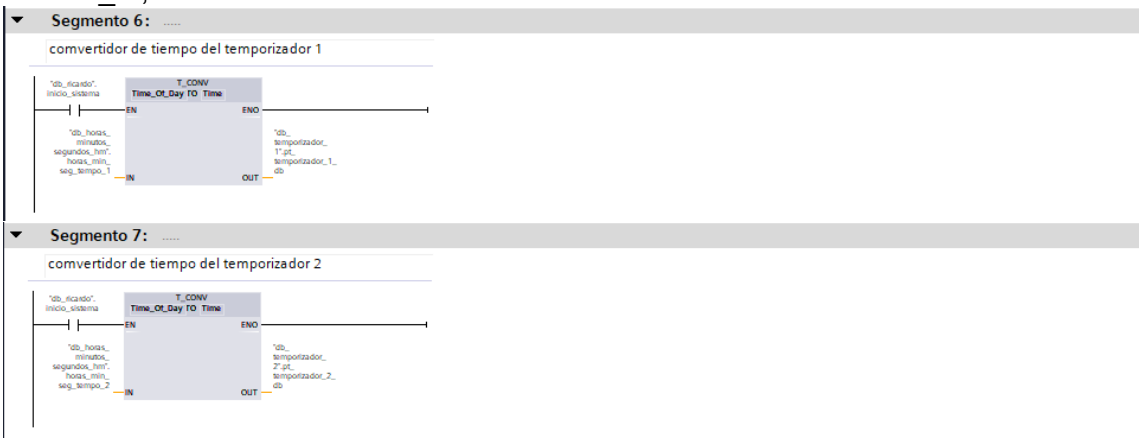
```
   FOR #J := 1 TO 8 BY 1 DO


      IF (#CRC AND 1) = 1 THEN

         #CRC := SHR(IN := #CRC, N := 1);
         #CRC := #CRC XOR 40961;
      ELSE

         #CRC := SHR(IN := #CRC, N := 1);

      END_IF;

   END_FOR;
END_FOR;
//*****************************************************/

WHILE #CRC >= 256 DO

   #CRC := #CRC - 256;
   #CRC_H :=( #CRC_H + 1);

END_WHILE;

#CRC_L := #CRC;
//*****************************************************/
(*
FOR #i := 0 TO #LONGITUD-1 BY 1 DO

   #FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[#i + 2] := #DATO[#i];

END_FOR;
*)

#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[6] := #CRC_L;
#FORMATO_DE_ENVIO_MODBUS[7] := #CRC_H;
```

ANEXO 7. El Algoritmo Implementado con “TIA Porta V16”



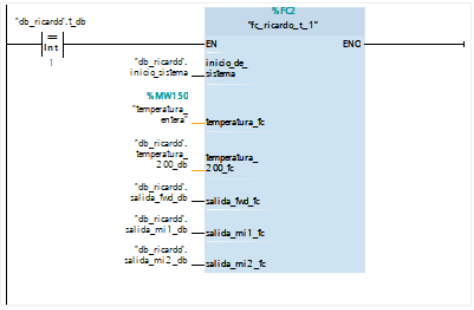

```
IF2 "db_ricardo".inicio_sistema=TRUE  THEN
   IF "temperatura_entera" < "db_ricardo".temperatura_200_db THEN
      IF "db_ricardo".t_db=0 THEN
         "db_ricardo".t_db := "db_ricardo".t_db + 1;     ///estado_1

      END_IF;
   END_IF;


   IF "temperatura_entera">="db_ricardo".temperatura_210_db THEN
      IF  "db_ricardo".t_db=1   THEN
         "db_ricardo".t_db := "db_ricardo".t_db + 1;  ////estado_2

      END_IF;
```

```
    END_IF;

    ////////////IF "temperatura_entera" >="db_ricardo".temperatura_800_db THEN////<
        IF "db_ricardo".t_db=2 THEN
            IF "db_temporizador_1".et_temporizador_1_db >=
"db_temporizador_1".pt_temporizador_1_db THEN
                "db_ricardo".t_db := "db_ricardo".t_db + 1;    ////estado_3
            END_IF;
        END_IF;


    ////////////END_IF;
    IF "temperatura_entera" >= "db_ricardo".temperatura_1200_db THEN
        IF "db_ricardo".t_db = 3 THEN
            "db_ricardo".t_db := "db_ricardo".t_db +1 ; /////estado_4
        END_IF;

    END_IF;
    IF "db_ricardo".t_db = 4 THEN
        IF "db_temporizador_2".et_temporizador_2_db >=
"db_temporizador_2".pt_temporizador_2_db THEN
            "db_ricardo".FIN_DE_COCCION_db := TRUE;
        END_IF;
    END_IF;
END_IF;


IF "db_ricardo".Reconfiguracion_db = TRUE THEN
        "db_ricardo".FIN_DE_COCCION_db := FALSE;
        "db_ricardo".t_db := 0;
        "db_temporizador_1".et_temporizador_1_db := T#0ms;
        "db_temporizador_2".et_temporizador_2_db := T#0ms;
        "db_ricardo".Reconfiguracion_db := FALSE;
    END_IF;
```



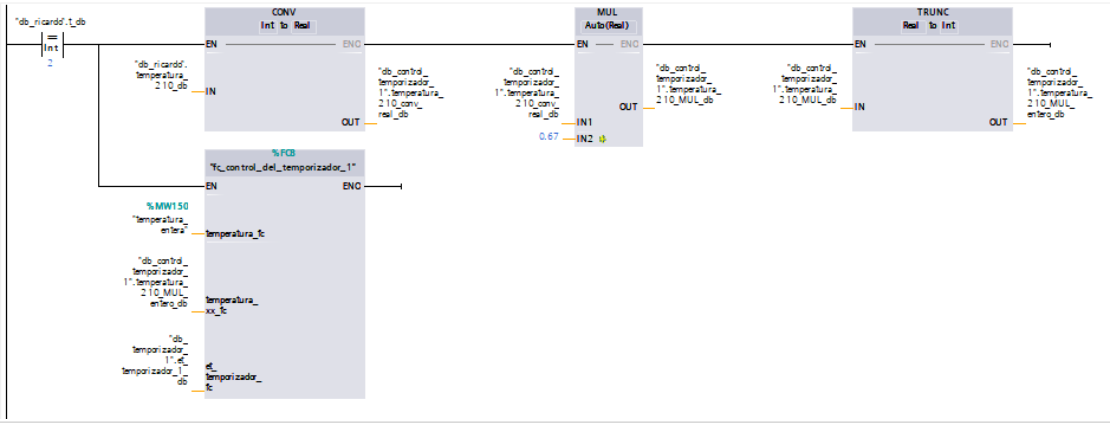
Segmento 8: .....

Comentario



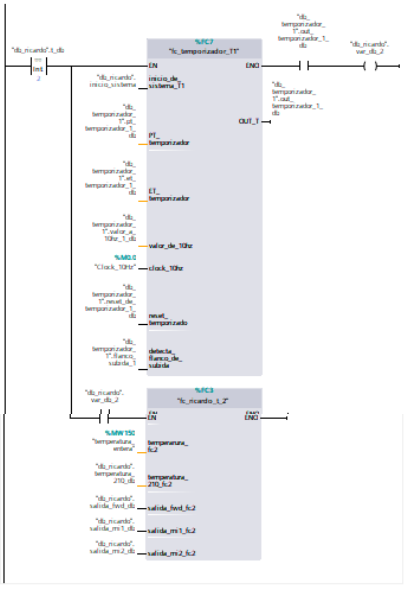
Segmento 9: .....

control_de_temporizador 1



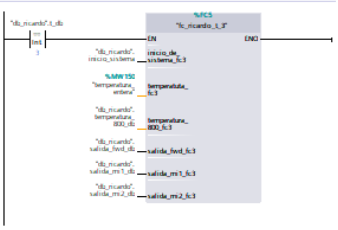
Segmento 10: .....

Comentario



Segmento 11: .....

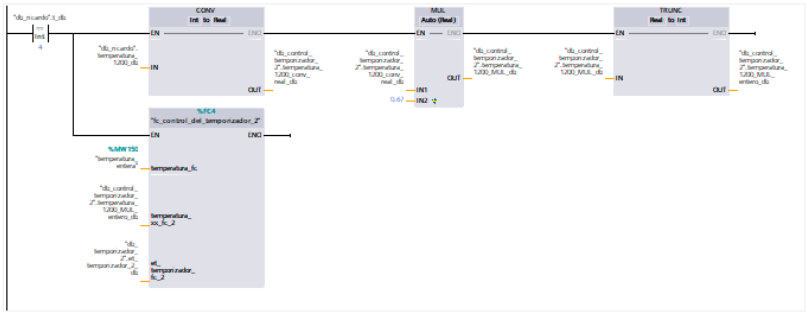
Comentario



<

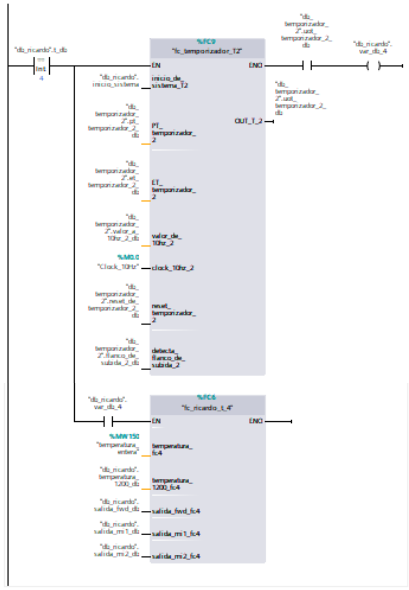
Segmento 12:

controlador del temporizador 2



Segmento 13:

Comentario



ANEXO 8. Efectos en el Ladrillo Debido a los Cambios Bruscos de Temperatura

En la Figura 119, Debido a un agujero en la calamina en la zona de secado, insidio la luz solar directamente al ladrillo crudo y ello agrieto al ladrillo, por ello se debe evitar cambios bruscos de temperatura en los ladrillos crudos.

Figura 119
Agrietado de ladrillo crudo.

En la Figura 120, debido cambio brusco de temperatura en el precalentado los ladrillos se fragmenta, exceso de calor en el proceso de cocción del ladrillo este se comienza a deformar y cambia de color a negro, como se observa la arcilla se comporta como la cera a altas temperaturas.

El informe de la escuela de ingeniería geológica de la universidad nacional del Altiplano-Puno informa que cambios bruscos de temperatura agrietan al ladrillo. (Gallegos, 2013)

Figura 120
Deformación del ladrillo debido al exceso de calor

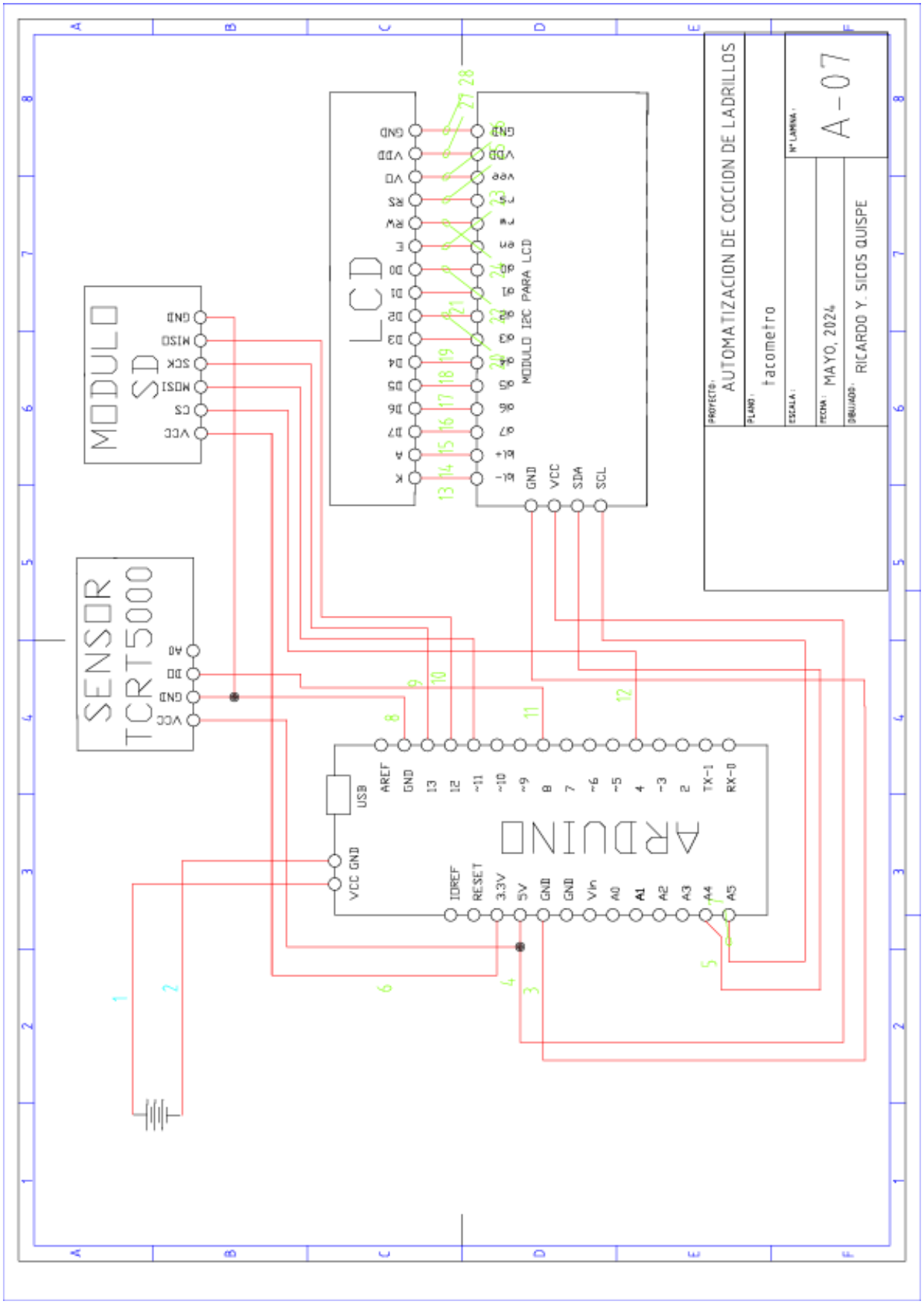
ANEXO 9. Tacómetro

Código del tacómetro

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SD.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
int infrarojo= 8;
int a=0;
int valor=0;
int contador=0;
float temporizador=0;
int valor_display=0;
  File ArchivoCSV;
  float segundos=0;
  int segundos_1=0;
  int minutos=0;
  int horas=0;
  int dia=0;
void setup() {
  pinMode(infrarojo, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  if (!SD.begin(4)) {
      return;
    }
}
void loop() {
 if (temporizador <60) {
  valor= digitalRead(infrarojo);
    if(valor== LOW)
     {
    a=1;
   }
 if (valor== HIGH){
 if (a==1)
  {
   contador=contador+1;
  a=0;
    Serial.println("obtaculo detectado");
    Serial.println(contador);
    valor_display=contador*10;
  }
  }
  Serial.println(temporizador);
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("dosificador"); // para el lcd del dosificador
  //lcd.print("ventilador"); // para el lcd del ventilador
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print(valor_display);
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print("RPM");
```

```
 }
  ArchivoCSV = SD.open("registro.txt", FILE_WRITE);
  if (ArchivoCSV) {
       int tempori = temporizador;
       int velocidad_rpm = valor_display ;
       segundos=segundos+0.7;
       if (segundos>=60){
          segundos=segundos-60;
          minutos=minutos+1;
          if(minutos>=60){
               minutos=minutos-60;
               horas=horas+1;
               if(horas>=24){
                    dia=dia+1;
                    horas=horas-24;
                 }
           }
       }
       ArchivoCSV.print("Tiempo = Dia ");
       ArchivoCSV.print(dia);
       ArchivoCSV.print(", ");
       if(horas<10)
       {
        ArchivoCSV.print("0");
        }
       ArchivoCSV.print(horas);
       ArchivoCSV.print(":");
       if(minutos<10)
       {
        ArchivoCSV.print("0");
        }
       ArchivoCSV.print(minutos);
       ArchivoCSV.print(":");
       if(segundos<10)
       {
        ArchivoCSV.print("0");
        }
       segundos_1= floor(segundos);
       ArchivoCSV.print(segundos_1);
       ArchivoCSV.print(" ,velocidad en rpm = ");
       ArchivoCSV.println( velocidad_rpm);
       ArchivoCSV.close();
  }
temporizador=temporizador+0.035;
}
```

Plano Eléctrico del Tacómetro



LOS DATOS GUARDADOS EN LA MEMORIA SD DEL TACOMETRO EN EL DOSIFICADOR

Tiempo = Dia 0, 00:00:00 ,velocidad en rpm = 0
Tiempo = Dia 0, 00:00:00 ,velocidad en rpm = 10
Tiempo = Dia 0, 00:00:01 ,velocidad en rpm = 20
Tiempo = Dia 0, 00:00:02 ,velocidad en rpm = 30
Tiempo = Dia 0, 00:00:02 ,velocidad en rpm = 30
Tiempo = Dia 0, 00:00:03 ,velocidad en rpm = 30
Tiempo = Dia 0, 00:00:04 ,velocidad en rpm = 40
Tiempo = Dia 0, 00:00:04 ,velocidad en rpm = 50
Tiempo = Dia 0, 00:00:05 ,velocidad en rpm = 50
Tiempo = Dia 0, 00:00:06 ,velocidad en rpm = 50
Tiempo = Dia 0, 00:00:06 ,velocidad en rpm = 50
Tiempo = Dia 0, 00:00:07 ,velocidad en rpm = 60
Tiempo = Dia 0, 00:00:08 ,velocidad en rpm = 70
Tiempo = Dia 0, 00:00:08 ,velocidad en rpm = 70
Tiempo = Dia 0, 00:00:09 ,velocidad en rpm = 70
Tiempo = Dia 0, 00:00:10 ,velocidad en rpm = 70
Tiempo = Dia 0, 00:00:11 ,velocidad en rpm = 80
Tiempo = Dia 0, 00:00:11 ,velocidad en rpm = 90
Tiempo = Dia 0, 00:00:12 ,velocidad en rpm = 100
Tiempo = Dia 0, 00:00:13 ,velocidad en rpm = 100
Tiempo = Dia 0, 00:00:13 ,velocidad en rpm = 110
Tiempo = Dia 0, 00:00:14 ,velocidad en rpm = 110
Tiempo = Dia 0, 00:00:15 ,velocidad en rpm = 110
Tiempo = Dia 0, 00:00:15 ,velocidad en rpm = 120
Tiempo = Dia 0, 00:00:16 ,velocidad en rpm = 130
Tiempo = Dia 0, 00:00:17 ,velocidad en rpm = 130
Tiempo = Dia 0, 00:00:17 ,velocidad en rpm = 130
Tiempo = Dia 0, 00:00:18 ,velocidad en rpm = 140
Tiempo = Dia 0, 00:00:19 ,velocidad en rpm = 140
Tiempo = Dia 0, 00:00:20 ,velocidad en rpm = 140
Tiempo = Dia 0, 00:00:20 ,velocidad en rpm = 150
Tiempo = Dia 0, 00:00:21 ,velocidad en rpm = 150
Tiempo = Dia 0, 00:00:22 ,velocidad en rpm = 150
Tiempo = Dia 0, 00:00:22 ,velocidad en rpm = 160
Tiempo = Dia 0, 00:00:23 ,velocidad en rpm = 170
Tiempo = Dia 0, 00:00:24 ,velocidad en rpm = 170
Tiempo = Dia 0, 00:00:24 ,velocidad en rpm = 180
Tiempo = Dia 0, 00:00:25 ,velocidad en rpm = 190
Tiempo = Dia 0, 00:00:26 ,velocidad en rpm = 190
Tiempo = Dia 0, 00:00:26 ,velocidad en rpm = 190
Tiempo = Dia 0, 00:00:27 ,velocidad en rpm = 200
Tiempo = Dia 0, 00:00:28 ,velocidad en rpm = 200
Tiempo = Dia 0, 00:00:28 ,velocidad en rpm = 200
Tiempo = Dia 0, 00:00:29 ,velocidad en rpm = 210
Tiempo = Dia 0, 00:00:30 ,velocidad en rpm = 210
Tiempo = Dia 0, 00:00:31 ,velocidad en rpm = 220
Tiempo = Dia 0, 00:00:31 ,velocidad en rpm = 230
Tiempo = Dia 0, 00:00:32 ,velocidad en rpm = 240
Tiempo = Dia 0, 00:00:33 ,velocidad en rpm = 240
Tiempo = Dia 0, 00:00:33 ,velocidad en rpm = 240
Tiempo = Dia 0, 00:00:34 ,velocidad en rpm = 250
Tiempo = Dia 0, 00:00:35 ,velocidad en rpm = 250

Tiempo = Dia 0, 00:00:36 ,velocidad en rpm = 250
Tiempo = Dia 0, 00:00:37 ,velocidad en rpm = 260
Tiempo = Dia 0, 00:00:37 ,velocidad en rpm = 260
Tiempo = Dia 0, 00:00:38 ,velocidad en rpm = 260
Tiempo = Dia 0, 00:00:39 ,velocidad en rpm = 270
Tiempo = Dia 0, 00:00:40 ,velocidad en rpm = 280
Tiempo = Dia 0, 00:00:40 ,velocidad en rpm = 280
Tiempo = Dia 0, 00:00:41 ,velocidad en rpm = 290
Tiempo = Dia 0, 00:00:42 ,velocidad en rpm = 300
Tiempo = Dia 0, 00:00:42 ,velocidad en rpm = 300
Tiempo = Dia 0, 00:00:43 ,velocidad en rpm = 310
Tiempo = Dia 0, 00:00:44 ,velocidad en rpm = 320
Tiempo = Dia 0, 00:00:44 ,velocidad en rpm = 320
Tiempo = Dia 0, 00:00:45 ,velocidad en rpm = 330
Tiempo = Dia 0, 00:00:46 ,velocidad en rpm = 340
Tiempo = Dia 0, 00:00:46 ,velocidad en rpm = 340
Tiempo = Dia 0, 00:00:47 ,velocidad en rpm = 340
Tiempo = Dia 0, 00:02:48 ,velocidad en rpm = 350
Tiempo = Dia 0, 00:02:49 ,velocidad en rpm = 350
Tiempo = Dia 0, 00:02:51 ,velocidad en rpm = 350
Tiempo = Dia 0, 00:02:51 ,velocidad en rpm = 360
Tiempo = Dia 0, 00:02:52 ,velocidad en rpm = 360
Tiempo = Dia 0, 00:02:53 ,velocidad en rpm = 360
Tiempo = Dia 0, 00:02:53 ,velocidad en rpm = 370
Tiempo = Dia 0, 00:02:54 ,velocidad en rpm = 380
Tiempo = Dia 0, 00:02:55 ,velocidad en rpm = 380
Tiempo = Dia 0, 00:02:55 ,velocidad en rpm = 390
Tiempo = Dia 0, 00:02:56 ,velocidad en rpm = 400
Tiempo = Dia 0, 00:02:57 ,velocidad en rpm = 400
Tiempo = Dia 0, 00:02:57 ,velocidad en rpm = 410
Tiempo = Dia 0, 00:00:58 ,velocidad en rpm = 420
Tiempo = Dia 0, 00:00:58 ,velocidad en rpm = 420
Tiempo = Dia 0, 00:00:59 ,velocidad en rpm = 430
Tiempo = Dia 0, 00:00:59 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:01 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:01 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:02 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:03 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:03 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:04 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:04 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:05 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:06 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:06 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:07 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:08 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:08 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:09 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:10 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:10 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:11 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:11 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:12 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:13 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:13 ,velocidad en rpm = 440

Tiempo = Dia 0, 00:01:14 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:15 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:15 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:16 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:17 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:17 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:18 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:19 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:19 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:20 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:21 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:21 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:22 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:23 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:23 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:24 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:25 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:25 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:26 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:27 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:27 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:28 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:29 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:29 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:30 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:31 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:31 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:32 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:33 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:33 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:34 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:35 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:35 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:36 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:37 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:37 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:38 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:39 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:39 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:40 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:41 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:41 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:42 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:43 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:43 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:44 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:45 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:45 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:46 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:47 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:47 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:48 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:49 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:49 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:50 ,velocidad en rpm = 440

Tiempo = Dia 0, 00:01:51 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:51 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:52 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:53 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:53 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:54 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:55 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:55 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:56 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:57 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:57 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:58 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:59 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:01:59 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:02:01 ,velocidad en rpm = 440
Tiempo = Dia 0, 00:02:02 ,velocidad en rpm = 440

LOS DATOS GUARDADOS EN LA MEMORIA SD DEL TACOMETRO EN EL VENTILADOR

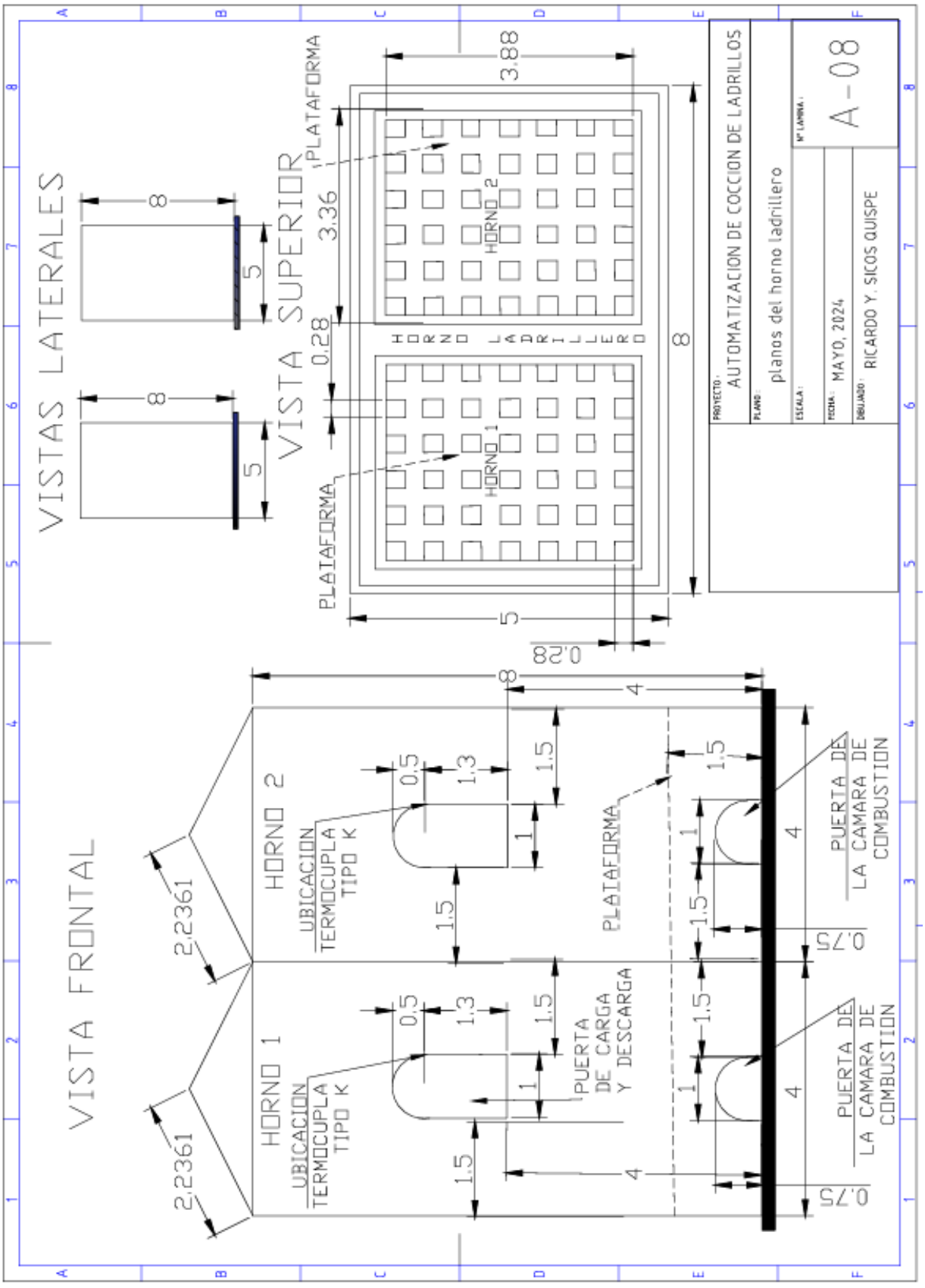
Tiempo = Dia 0, 00:00:00 ,velocidad en rpm = 0
Tiempo = Dia 0, 00:00:00 ,velocidad en rpm = 27
Tiempo = Dia 0, 00:00:01 ,velocidad en rpm = 55
Tiempo = Dia 0, 00:00:02 ,velocidad en rpm = 83
Tiempo = Dia 0, 00:00:02 ,velocidad en rpm = 110
Tiempo = Dia 0, 00:00:03 ,velocidad en rpm = 138
Tiempo = Dia 0, 00:00:04 ,velocidad en rpm = 166
Tiempo = Dia 0, 00:00:04 ,velocidad en rpm = 193
Tiempo = Dia 0, 00:00:05 ,velocidad en rpm = 221
Tiempo = Dia 0, 00:00:06 ,velocidad en rpm = 249
Tiempo = Dia 0, 00:00:06 ,velocidad en rpm = 276
Tiempo = Dia 0, 00:00:07 ,velocidad en rpm = 304
Tiempo = Dia 0, 00:00:08 ,velocidad en rpm = 331
Tiempo = Dia 0, 00:00:08 ,velocidad en rpm = 359
Tiempo = Dia 0, 00:00:09 ,velocidad en rpm = 387
Tiempo = Dia 0, 00:00:10 ,velocidad en rpm = 415
Tiempo = Dia 0, 00:00:11 ,velocidad en rpm = 442
Tiempo = Dia 0, 00:00:11 ,velocidad en rpm = 470
Tiempo = Dia 0, 00:00:12 ,velocidad en rpm = 498
Tiempo = Dia 0, 00:00:13 ,velocidad en rpm = 525
Tiempo = Dia 0, 00:00:13 ,velocidad en rpm = 552
Tiempo = Dia 0, 00:00:14 ,velocidad en rpm = 580
Tiempo = Dia 0, 00:00:15 ,velocidad en rpm = 608
Tiempo = Dia 0, 00:00:15 ,velocidad en rpm = 635
Tiempo = Dia 0, 00:00:16 ,velocidad en rpm = 663
Tiempo = Dia 0, 00:00:17 ,velocidad en rpm = 691
Tiempo = Dia 0, 00:00:17 ,velocidad en rpm = 718
Tiempo = Dia 0, 00:00:18 ,velocidad en rpm = 746
Tiempo = Dia 0, 00:00:19 ,velocidad en rpm = 774
Tiempo = Dia 0, 00:00:20 ,velocidad en rpm = 802
Tiempo = Dia 0, 00:00:20 ,velocidad en rpm = 829
Tiempo = Dia 0, 00:00:21 ,velocidad en rpm = 857
Tiempo = Dia 0, 00:00:22 ,velocidad en rpm = 884
Tiempo = Dia 0, 00:00:22 ,velocidad en rpm = 912
Tiempo = Dia 0, 00:00:23 ,velocidad en rpm = 939
Tiempo = Dia 0, 00:00:24 ,velocidad en rpm = 967
Tiempo = Dia 0, 00:00:24 ,velocidad en rpm = 995
Tiempo = Dia 0, 00:00:25 ,velocidad en rpm = 1023
Tiempo = Dia 0, 00:00:26 ,velocidad en rpm = 1050
Tiempo = Dia 0, 00:00:26 ,velocidad en rpm = 1078
Tiempo = Dia 0, 00:00:27 ,velocidad en rpm = 1106
Tiempo = Dia 0, 00:00:28 ,velocidad en rpm = 1133
Tiempo = Dia 0, 00:00:28 ,velocidad en rpm = 1160
Tiempo = Dia 0, 00:00:29 ,velocidad en rpm = 1188
Tiempo = Dia 0, 00:00:30 ,velocidad en rpm = 1216
Tiempo = Dia 0, 00:00:31 ,velocidad en rpm = 1243
Tiempo = Dia 0, 00:00:31 ,velocidad en rpm = 1271
Tiempo = Dia 0, 00:00:32 ,velocidad en rpm = 1299
Tiempo = Dia 0, 00:00:33 ,velocidad en rpm = 1326
Tiempo = Dia 0, 00:00:33 ,velocidad en rpm = 1354
Tiempo = Dia 0, 00:00:34 ,velocidad en rpm = 1382
Tiempo = Dia 0, 00:00:35 ,velocidad en rpm = 1409

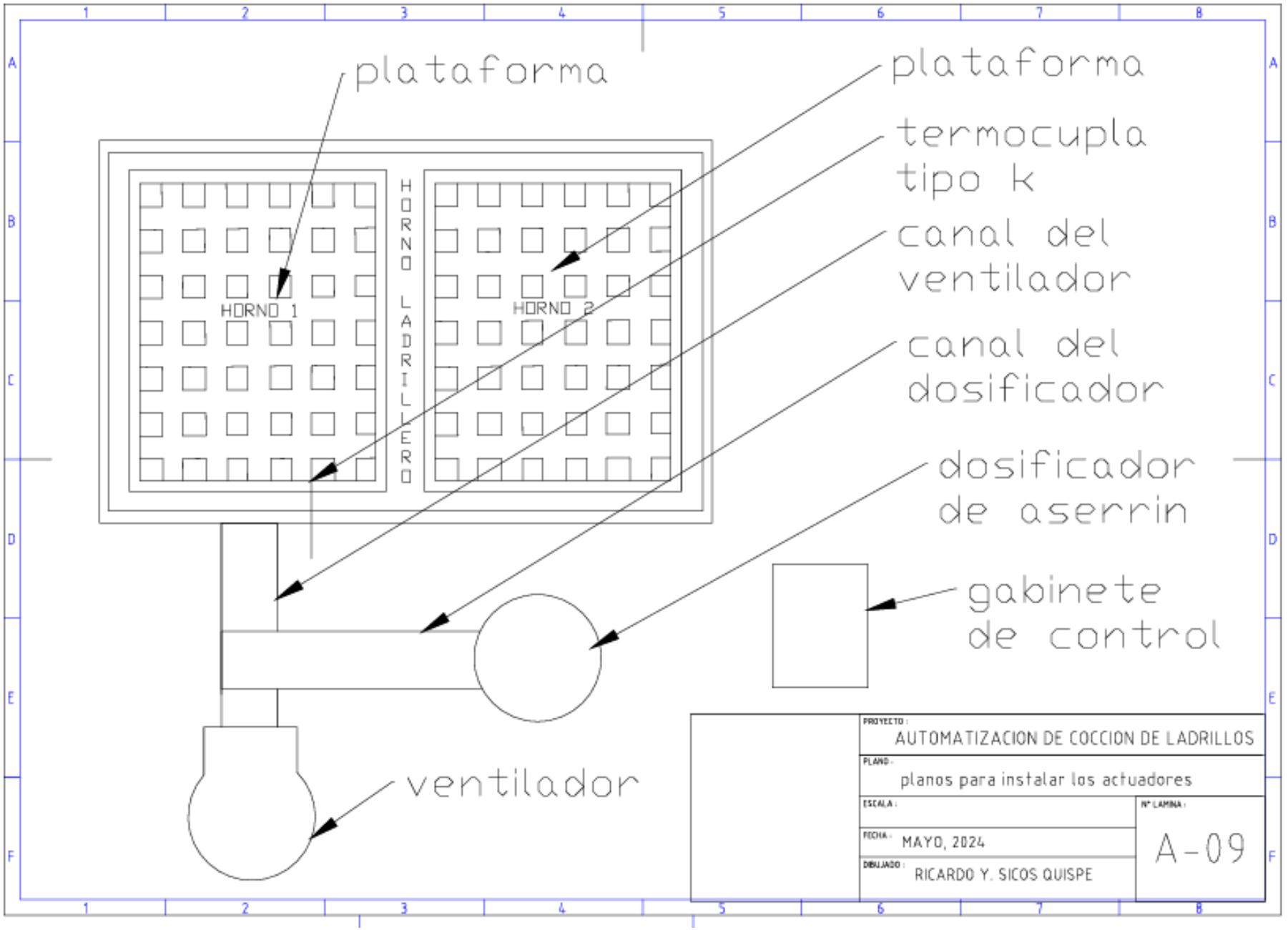
Tiempo = Dia 0, 00:00:36 ,velocidad en rpm = 1437
Tiempo = Dia 0, 00:00:37 ,velocidad en rpm = 1464
Tiempo = Dia 0, 00:00:37 ,velocidad en rpm = 1493
Tiempo = Dia 0, 00:00:38 ,velocidad en rpm = 1520
Tiempo = Dia 0, 00:00:39 ,velocidad en rpm = 1547
Tiempo = Dia 0, 00:00:40 ,velocidad en rpm = 1575
Tiempo = Dia 0, 00:00:40 ,velocidad en rpm = 1603
Tiempo = Dia 0, 00:00:41 ,velocidad en rpm = 1630
Tiempo = Dia 0, 00:00:42 ,velocidad en rpm = 1658
Tiempo = Dia 0, 00:00:42 ,velocidad en rpm = 1686
Tiempo = Dia 0, 00:00:43 ,velocidad en rpm = 1713
Tiempo = Dia 0, 00:00:44 ,velocidad en rpm = 1741
Tiempo = Dia 0, 00:00:44 ,velocidad en rpm = 1768
Tiempo = Dia 0, 00:00:45 ,velocidad en rpm = 1796
Tiempo = Dia 0, 00:00:46 ,velocidad en rpm = 1824
Tiempo = Dia 0, 00:00:46 ,velocidad en rpm = 1851
Tiempo = Dia 0, 00:00:47 ,velocidad en rpm = 1879
Tiempo = Dia 0, 00:02:48 ,velocidad en rpm = 1907
Tiempo = Dia 0, 00:02:49 ,velocidad en rpm = 1934
Tiempo = Dia 0, 00:02:51 ,velocidad en rpm = 1962
Tiempo = Dia 0, 00:02:51 ,velocidad en rpm = 1990
Tiempo = Dia 0, 00:02:52 ,velocidad en rpm = 2017
Tiempo = Dia 0, 00:02:53 ,velocidad en rpm = 2045
Tiempo = Dia 0, 00:02:53 ,velocidad en rpm = 2073
Tiempo = Dia 0, 00:02:54 ,velocidad en rpm = 2100
Tiempo = Dia 0, 00:02:55 ,velocidad en rpm = 2128
Tiempo = Dia 0, 00:02:55 ,velocidad en rpm = 2155
Tiempo = Dia 0, 00:02:56 ,velocidad en rpm = 2184
Tiempo = Dia 0, 00:02:57 ,velocidad en rpm = 2211
Tiempo = Dia 0, 00:02:57 ,velocidad en rpm = 2239
Tiempo = Dia 0, 00:00:58 ,velocidad en rpm = 2267
Tiempo = Dia 0, 00:00:58 ,velocidad en rpm = 2295
Tiempo = Dia 0, 00:00:59 ,velocidad en rpm = 2322
Tiempo = Dia 0, 00:00:59 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:01 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:01 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:02 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:03 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:03 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:04 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:04 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:05 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:06 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:06 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:07 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:08 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:08 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:09 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:10 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:10 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:11 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:11 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:12 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:13 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:13 ,velocidad en rpm = 2350

Tiempo = Dia 0, 00:01:14 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:15 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:15 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:16 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:17 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:17 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:18 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:19 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:19 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:20 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:21 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:21 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:22 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:23 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:23 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:24 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:25 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:25 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:26 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:27 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:27 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:28 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:29 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:29 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:30 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:31 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:31 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:32 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:33 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:33 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:34 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:35 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:35 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:36 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:37 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:37 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:38 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:39 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:39 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:40 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:41 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:41 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:42 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:43 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:43 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:44 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:45 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:45 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:46 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:47 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:47 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:48 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:49 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:49 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:50 ,velocidad en rpm = 2350

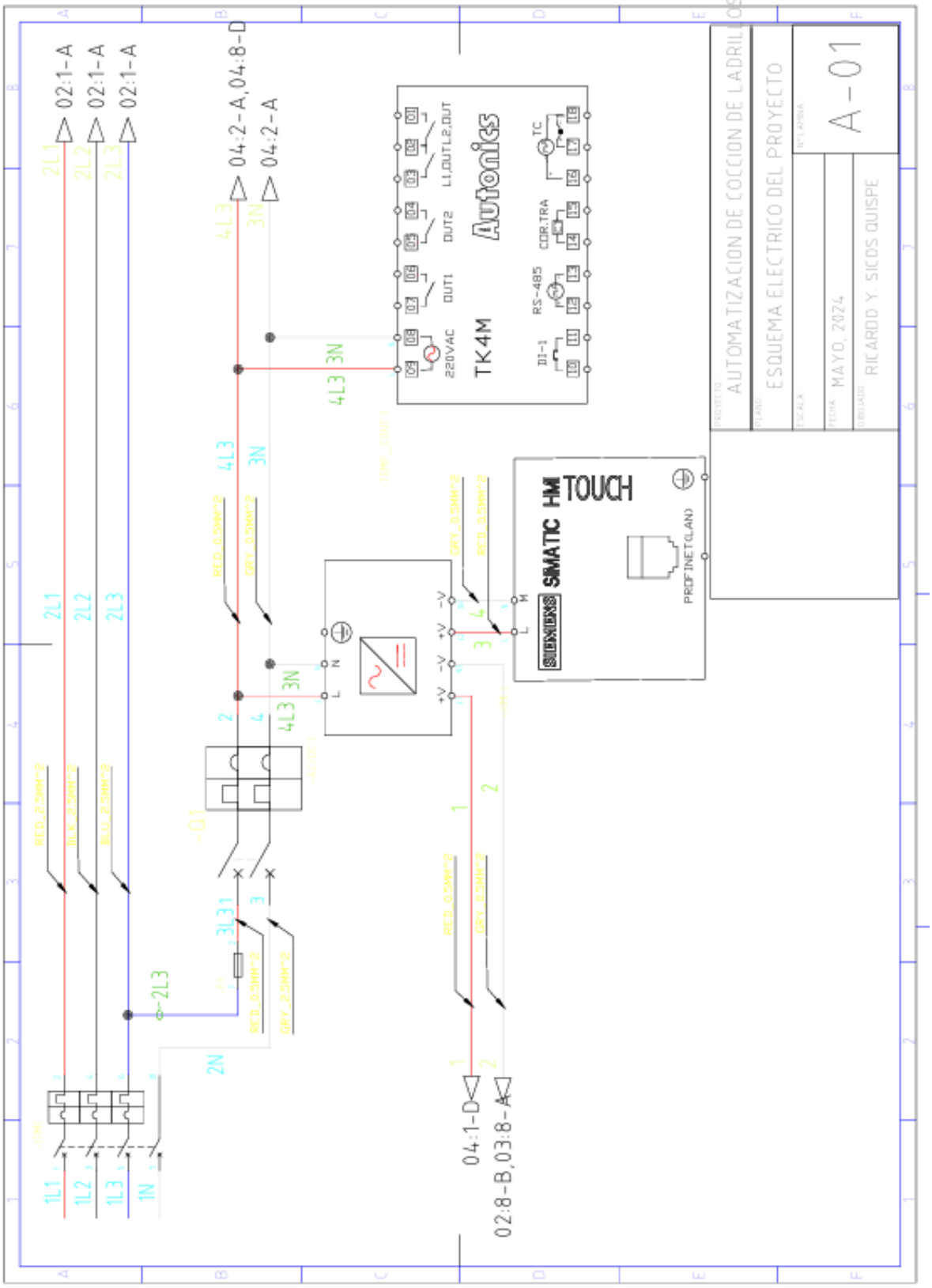
Tiempo = Dia 0, 00:01:51 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:51 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:52 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:53 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:53 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:54 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:55 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:55 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:56 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:57 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:57 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:58 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:59 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:01:59 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:02:01 ,velocidad en rpm = 2350
Tiempo = Dia 0, 00:02:02 ,velocidad en rpm = 2350

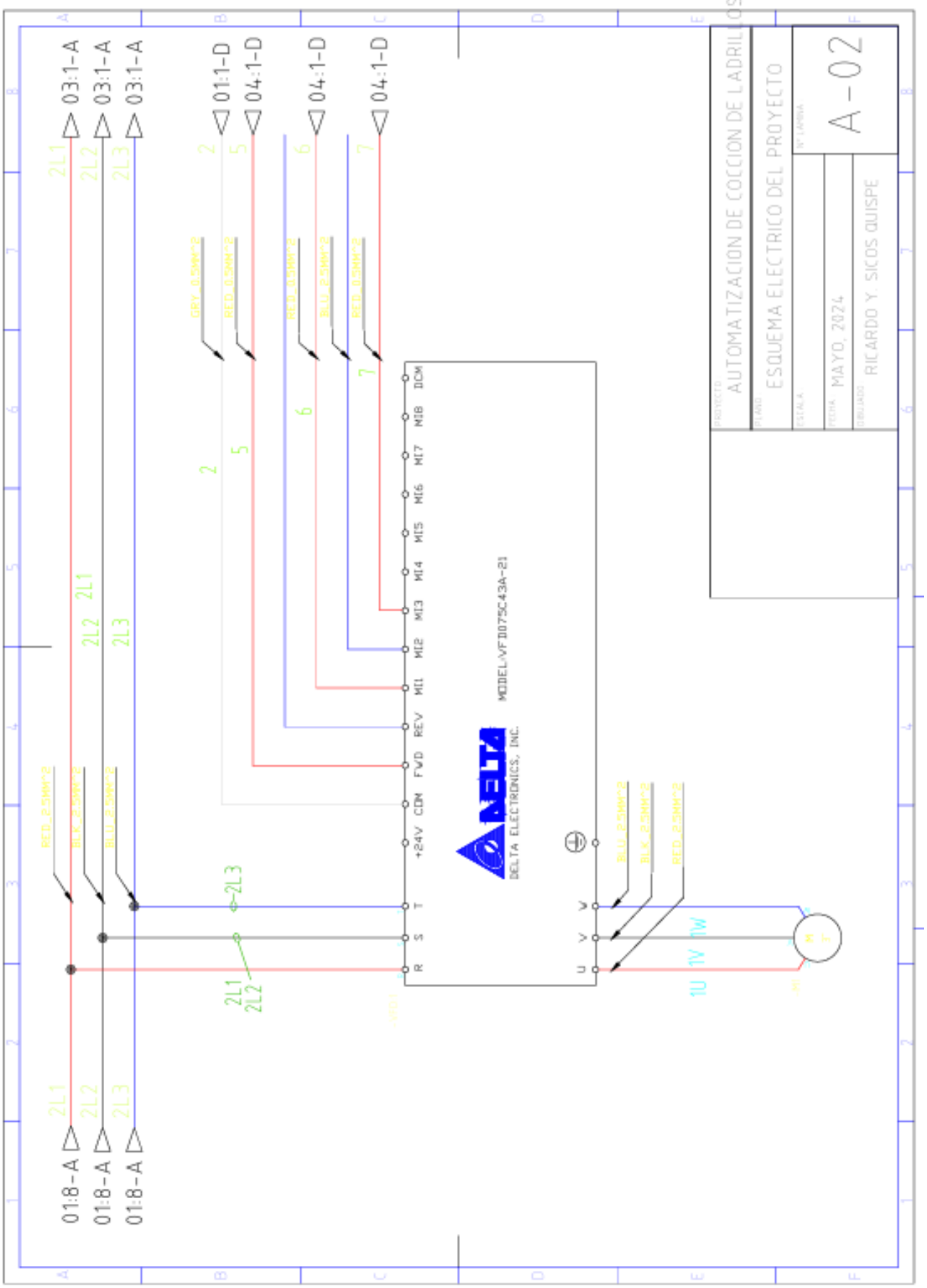
ANEXO 10. Planos del Horno Ladrillero e Instalación de Equipos en el Horno

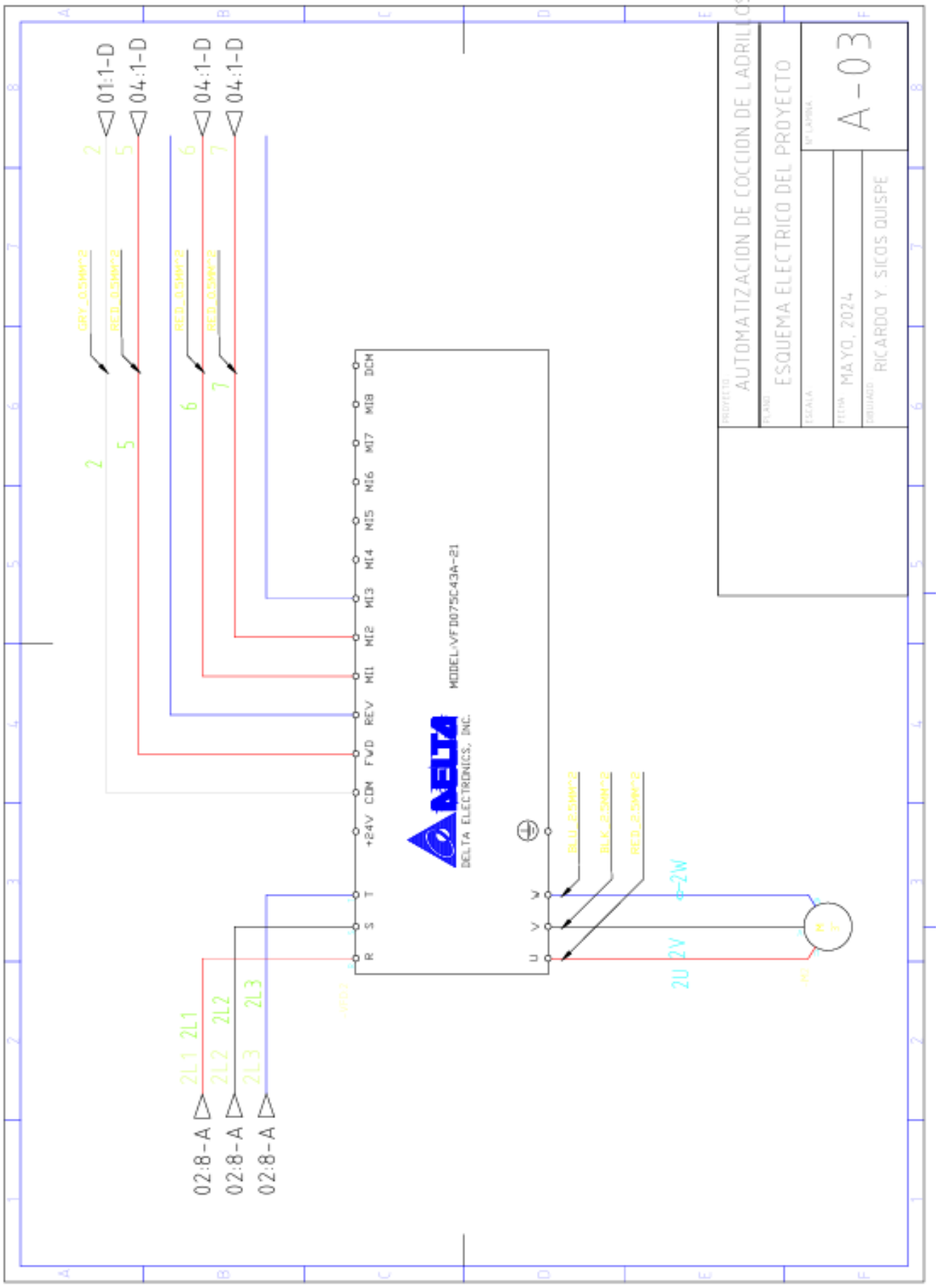


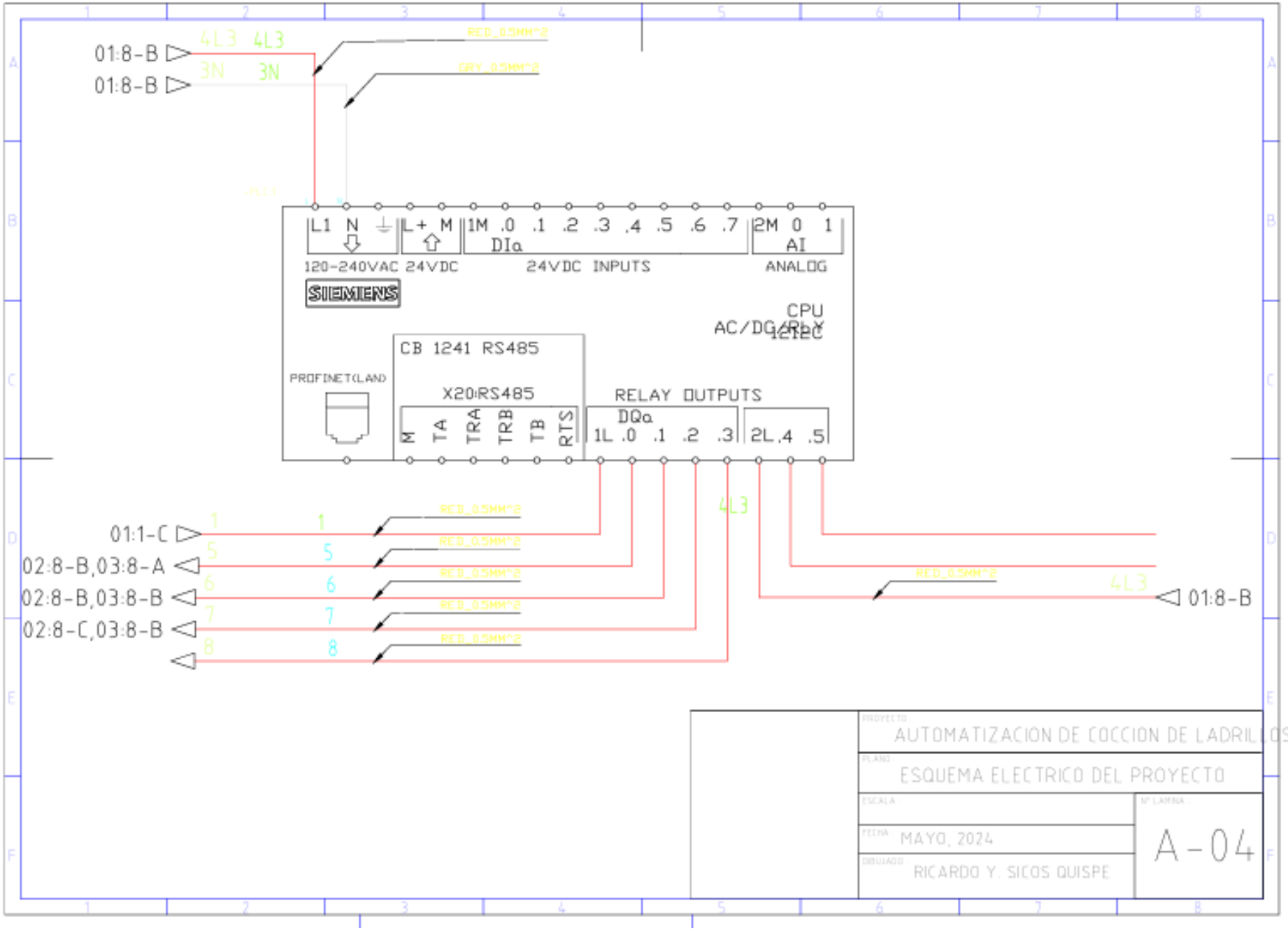

plataforma
plataforma
termocupla tipo k
canal del ventilador
canal del dosificador
dosificador de aserrin
gabinete de control
ventilador
HORNO 1
HORNO 2
HORNO LADRILLERO
PROYECTO : AUTOMATIZACION DE COCCION DE LADRILLOS
PLANO : planos para instalar los actuadores
ESCALA :
N° LAMINA : A-09
FECHA : MAYO, 2024
DIBUJADO : RICARDO Y. SICOS QUISPE

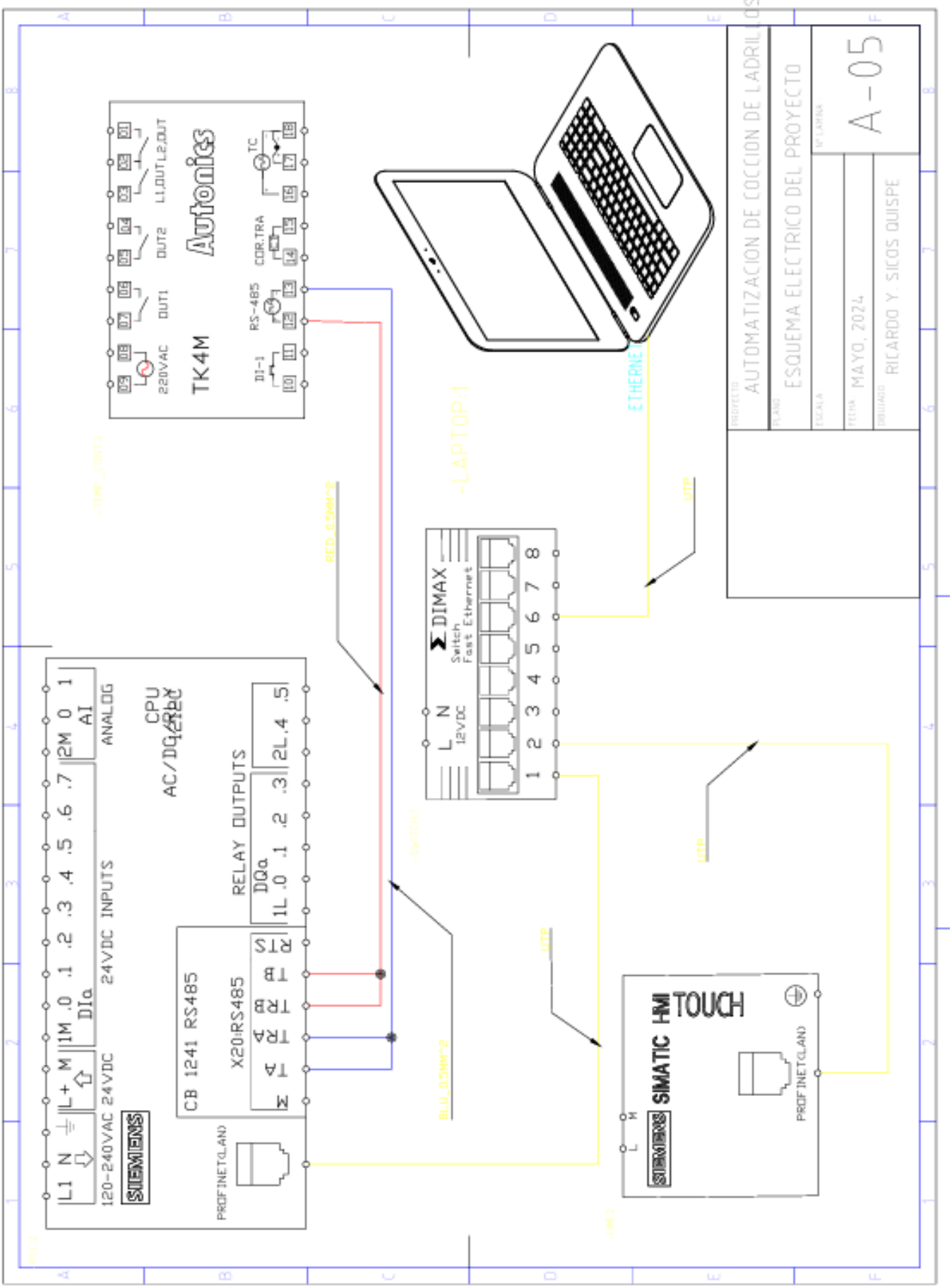
ANEXO 11. Planos Eléctricos y Dimensiones del Tablero de Control

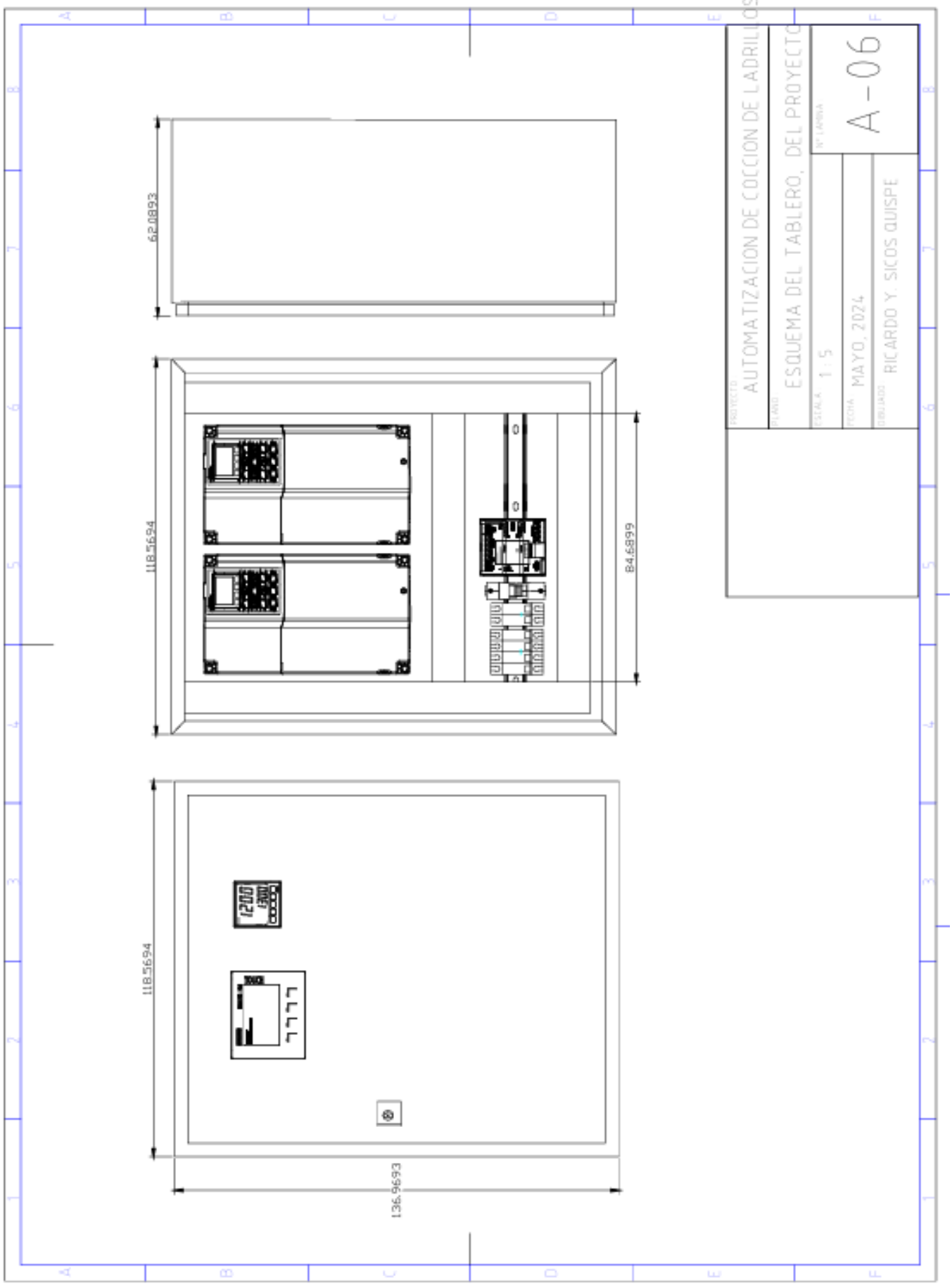



AUTOMATIZACION DE COCCION DE LADRILLOS
ESQUEMA ELECTRICO DEL PROYECTO
A-02
MAYO, 2024
RICARDO Y. SICOS QUISPE
MODEL/VFD075C43A-21
DELTA ELECTRONICS, INC.
R S T +24V COM FWD REV MI1 MI2 MI3 MI4 MI5 MI6 MI7 MI8 DCM
U V W
01:8-A
03:1-A
01:1-D
04:1-D
2L1 2L2 2L3
1U 1V 1W
RED 2.5MM^2
BLK 2.5MM^2
BLU 2.5MM^2
GRY 0.5MM^2
RED 0.5MM^2
BLU 0.5MM^2


AUTOMATIZACION DE COCCION DE LADRILLOS
ESQUEMA ELECTRICO DEL PROYECTO
A-03
MAYO, 2024
RICARDO Y SICOS QUISPE
01:1-D
04:1-D
04:1-D
04:1-D
02:8-A
02:8-A
02:8-A
2L1 2L2 2L3
MODEL:VFD075C43A-21
DELTA ELECTRONICS, INC.
+24V COM FWD REV MI1 MI2 MI3 MI4 MI5 MI6 MI7 MI8 DCM
R S T
U V W
2U 2V 2W
M 3~


01:8-B
01:8-B
4L3
3N
RED_0.5MM^2
GRY_0.5MM^2
L1 N
L+ M
1M .0 .1 .2 .3 .4 .5 .6 .7
2M 0 1
DIa
AI
120-240VAC 24VDC
24VDC INPUTS
ANALOG
SIEMENS
CPU
AC/DC/Relay
1212C
CB 1241 RS485
X20:RS485
M TA TRA TRB TB RTS
PROFINET(LAN)
RELAY OUTPUTS
DQa
1L .0 .1 .2 .3
2L .4 .5
01:1-C
02:8-B,03:8-A
02:8-B,03:8-B
02:8-C,03:8-B
1
5
6
7
8
01:8-B
AUTOMATIZACION DE COCCION DE LADRILLOS
ESQUEMA ELECTRICO DEL PROYECTO
ESCALA
MAYO, 2024
RICARDO Y. SICOS QUISPE
A-04


AUTOMATIZACION DE COCCION DE LADRILLOS
ESQUEMA ELECTRICO DEL PROYECTO
A-05
MAYO, 2024
RICARDO Y. SICOS QUISPE
Autonics
TK4M
220VAC
OUT1
OUT2
L1.OUT L2.OUT
RS-485
CDR.TRA
TC
DI-1
DIMAX
Switch
Fast Ethernet
12VDC
SIEMENS
CPU
AC/DC/RLY
120-240VAC 24VDC
24VDC INPUTS
ANALOG
AI
DIa
RELAY OUTPUTS
DQa
CB 1241 RS485
X20:RS485
PROFINETCLAN)
SIMATIC HMI TOUCH
ETHERNET
UTP
RED_0.5MM^2
BLU_0.5MM^2
-LAPTOP.1


62.0893
118.5694
84.6899
118.5694
136.9693
AUTOMATIZACION DE COCCION DE LADRILLOS
ESQUEMA DEL TABLERO, DEL PROYECTO
ESCALA 1 : 5
FECHA MAYO, 2024
DIBUJADO RICARDO Y. SICOS QUISPE
A-06