



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**“Diseño de un horno industrial para mejorar el secado del bobinado de
motores eléctricos 5 hasta 500 hp en la empresa ANORSAC”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Quiroz Chepe Juan de Dios (ORCID: 0000-0003-2662-9539)

ASESOR:

Mg. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Quiero empezar dedicando esta tesis a Dios quien diariamente guía mis pasos, brindándome salud, amor y la fe, lo cual me ha permitido seguir en pie para lograr mi objetivo y alcanzar mis metas.

A mi familia, por ser el pilar fundamental de mi vida, por brindarme su apoyo incondicional, amor, paciencia, comprensión y me motivo a seguir adelante a pesar de las adversidades y así poder terminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

Quiroz Chepe, Juan de Dios

Agradecimiento

Mi agradecimiento va dirigido a la Universidad “César vallejo”, quien me brindó la oportunidad de formar parte de su familia académica, especialmente a la escuela de Ingeniería Mecánica eléctrica de la Universidad “César vallejo”, y a los Docentes por brindar su conocimiento de alto nivel, haciendo factible las aspiraciones de muchos profesionales a nivel regional y nacional.

Un agradecimiento a los docentes y amigos, que me brindaron su apoyo en la realización de esta investigación.

Y un inmenso agradecimiento a mi familia que con su empuje y coraje me permitieron obtener un buen desempeño académico y sobre todo comprender mis ideales.

Quiroz Chepe, Juan de Dios

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	8
2.1 Tipo y diseño de investigación	8
2.2 Operacionalización de las variables.....	8
2.3 Población y muestra.....	9
2.3.1 Población	9
2.3.2 Muestra	9
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	9
2.4.1 Técnicas	10
2.4.2 Instrumentos	10
2.4.3 Validez y confiabilidad.....	10
2.5 Métodos de análisis de datos	10
2.6 Aspectos éticos	10
III. RESULTADOS.....	11
3.1 Hacer un diagnóstico del proceso actual del secado del bobinado de motores en la empresa azucarera del norte SAC.	11
3.1.1. Área Trapiche	17
3.1.2. Área calderas:	18

3.1.3.	Área Elaboración:	18
3.1.4.	Área Centrifugas.....	18
3.1.5.	Proceso de rebobinado:.....	19
3.1.6.	Desmontaje de motor:.....	19
3.2	Caracterizar los diferentes bobinados de motores para determinar los parámetros de proceso de secado.....	25
3.2.1	Para motores del área de elaboración	25
3.2.2	Para motores del área de trapiche.....	27
3.2.3	Para motores del área calderas.....	28
3.2.4	Para motores del área centrifugas.....	28
	Cuadro 08. Datos de bobinado imbricado de 100 HP.....	28
	Fuente: elaboración propia.....	28
	Cuadro 09 Datos de bobinado concéntrico de 15 HP.....	29
	Fuente: elaboración propia.....	29
3.3	Dimensionar los diferentes equipos electromecánicos del horno industrial.....	32
3.3.1	Cálculo del horno:	32
3.3.2	Cálculos de paredes planas:	33
3.3.3	Cálculo del calor total suministrado por el sistema.....	35
3.3.4	Dimensionamiento de las resistencias:	36
3.3.5	Cálculos del diseño del horno.....	37
3.3.6	Fórmula de temperaturas en paredes planas.....	38
3.3.7	Fórmulas para hallar las resistencias en cada material.....	39
3.2.1	Sumatoria de las resistencias	40
3.2.2	Calor perdido en las paredes.....	41
3.2.3	Cálculo de las temperaturas en cada pared.....	41
3.2.4	Cálculos de volúmenes	44
3.2.5	Cálculo de calor acumulado:	46

3.2.6	Cálculo de calor de carga.....	48
3.2.7	Pérdidas de calor total.....	48
3.2.8	selección de resistencias.	49
3.2.9	Cálculo de intensidad de corriente.....	49
3.2.10	Cálculo resistencia óhmica.	49
3.2.11	Cálculo para resistencia en caliente y fría.	49
3.3	Evaluación económica del horno TIR-VAN.	56
3.3.1	Inversión inicial del proyecto.	56
3.3.2	Tiempo de evaluación de la propuesta.	58
3.3.3	Costos del proyecto.	58
3.3.4	Flujo de Caja proyectado.....	59
3.3.5	Cálculo de las variables económicas.	59
3.3.6	Relación Beneficio Costo (B/C).....	61
IV.	DISCUSIÓN.....	62
V.	CONCLUSIONES.....	63
VI.	RECOMENDACIONES	64
	REFERENCIAS.....	65
	ANEXOS.....	66

Índice de tablas

Tabla 1. operacionalización de la variable	8
Tabla 2. Técnicas e instrumentos	10
Tabla 3. Recolección de datos técnicos de motores	12
Tabla 4. Clases de aislamiento.	24
Tabla 5. Clases de aislamiento.	30

Índice de figuras

Figura 1. Desmontaje de motor.	19
Figura 2. Extracción del bobinado.....	20
Figura 3. Aislamiento de ranuras con papel Nomex.	21
Figura 4. Rebobinado de motores.....	21
Figura 5. Barnizado de bobinado nuevo.....	22
Figura 6. Tamaño de bobinas concéntricas.	29
Figura 7. Módulo PLC.....	50
Figura 8 .fuente de alimentación 220AC – 24 DC.	51
Figura 9. Pantalla HMI.	52

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se basa en la necesidad de contar con un horno de secado de bobinados de motores eléctrico 5 a 500 hp.

Se fundamenta en determinar procedimientos de embobinado de motores mediante ensayos a través del rebobinado, barnizado, secado de motores y la realización de mediciones con la instrumentación de calidad seleccionada. Por ello el objetivo principal de la presente investigación es diseñar un horno eléctrico industrial para el secado del bobinado de los motores de la empresa Azucarera del Norte SAC; para lo cual se realizó el diagnóstico del proceso actual del secado del bobinado de motores, en donde después de observar los debidos procesos de rebobinado se pudo identificar que tanto el ambiente de trabajo , la forma y tiempo de secado no son adecuados , así como tampoco la aplicación del barniz ; del mismo modo se procedió a caracterizar los diferentes bobinados de motores para determinar los parámetros de proceso de secado, seguido a ello se pudo dimensionar los diferentes equipos electromecánicos del horno industrial, Por lo cual en este trabajo de investigación se planteó el siguiente problema

¿Cómo determinar los parámetros de secado y funcionamiento de los motores eléctricos de la empresa Azucarera del Norte, después de su rebobinado y reparación mediante el uso de un horno de secado de motores eléctricos? Para lograr los objetivos del estudio, se acude a técnicas de información con un análisis de documentos, entrevistas y la observación directa, Conocer el grado de problemática del secado del bobinado de los motores eléctricos. Con ello se pretende conocer la problemática de la empresa con los objetivos planteados y en función a ello tomar decisiones que vayan en beneficio de la empresa. Así obtener resultados de investigación sustentadas por las técnicas de investigación.

Palabras clave: Parámetros de secado, motores eléctricos, horno de secado de motores, mediciones.

ABSTRACT

This research project is based on the need to have a 5 to 500 hp electric motor winding drying oven.

It is based on determining motor winding procedures through tests through rewinding, varnishing, drying motors and carrying out measurements with the selected quality instrumentation. Therefore, the main objective of this research is to design an industrial electric furnace for drying the motor windings of the company Azucarera del Norte SAC; For which the diagnosis of the current process of the motor winding drying was carried out, where after observing the due rewinding processes it was possible to identify that both the work environment, the form and drying time are not adequate, as well as the application of the varnish; In the same way, the different motor windings were characterized to determine the drying process parameters, followed by the dimensioning of the different electromechanical equipment of the industrial furnace, for which in this research work the following problem was raised

How to determine the drying and operating parameters of the electric motors of the Azucarera del Norte company, after their rewinding and repair by using an electric motor drying oven? To achieve the objectives of the study, information techniques are used with an analysis of documents, interviews and direct observation, to know the degree of problem of drying the winding of electric motors. This is intended to know the problems of the company with the objectives set and based on this make decisions that benefit the company. Thus, obtain research results supported by research techniques.

Keywords: Drying parameters, electric motors, motor drying oven, measurements.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas industriales para llevar a cabo un proceso, tienen como equipos fundamentales motores eléctricos los cuales convierten la energía eléctrica en mecánica. Los motores eléctricos cuentan con un estator bobinado el cual muchas veces es dañado o quemado por diferentes factores como: sobrecarga, humedad, falta de aislamiento, mantenimiento y tiempo de trabajo. Para ello las empresas ven la necesidad de rebobinar y barnizar los motores eléctricos, para este proceso uno de los principales pasos es el secado del bobinado de los motores.

En las últimas décadas el incremento del consumo eléctrico, costo y medio ambiente permiten que los países desarrollados tales como estado unidos y países europeos, vienen elaborando estudios e investigaciones referente al consumo de la energía. Tomando en cuenta que la energía proporcionada o generada en el mundo, aproximadamente el 70% la utilizan los sectores industriales para el consumo de los motores eléctricos.

Los motores más usados son los asíncronos de jaula de ardilla, diseñados para mejorar la eficiencia energética, en ahorro de energía. Esta idea fue reforzándose cuando se presentó un estudio muy importante de la época, realizado en 1990 por los estados unidos de américa mostrando que para el año 2010 aproximadamente las industrias deberían ahorrar 240 mil millones de KWH, de manera muy simple obteniendo y remplazando motores eléctricos con mayor eficiencia. Teniendo en cuenta que en nuestro país el uso de esta política energética ha demorado en establecerse ya que notablemente el uso de motores eléctricos eficientes es inferior al de los países industrializados, esto es porque gran parte de las compras de motores no son evaluadas en costo real de energía, actualmente comprende entre costo y eficiencia, ¡si compraríamos un motor eficiente demandaría una buena inversión, pero en corto plazo se recuperara lo invertido!, y a la vez tendríamos un motor con mayor eficiencia y una larga vida útil del equipo.

La preocupación de tener una mejor eficiencia de los motores, nos conlleva a buscar alternativas económicas que solventen este problema, sin embargo, cuando hablamos de la reparación de estos motores se encuentra el cuestionamiento si la eficiencia del motor se verá reducida, sin embargo, encuestas realizadas en investigaciones anteriores, tienen como preferencia la reparación de los equipos eléctricos, antes de comprar un motor.

Los talleres que realizan reparaciones y rebobinados deben de contar con equipos que permitan realizar un estudio del estado del motor y puedan detectar posibles fallas y así poder obtener motores con una mejor eficiencia. (Palma.J, Portillo.T, 2017, pág. 17)

Ante la crisis que atraviesa nuestro país en la actualidad debido a la gran demanda de reparaciones y rebobinado de motores las industria de manufactura en el Perú se dedica al diseño y construcción de equipos tecnológicos; en especial se dedican a la construcción de diversos tipos de hornos; tales como : hornos por resistencia, hornos por inducción , hornos de gas y otros tipos sin embargo el diseño que se realice dependerá del cálculo para obtener los materiales adecuados y poder proporcionar garantía en cuanto al secado de los motores . (Burgos y Olivares, 2016, pág. 83)

En la empresa azucarera del Norte SAC, fundada en el año 2002, ubicada actualmente en el Km 12.6 carretera Ferreñafe, se realizan rebobinado de motores eléctricos de capacidades 5 hasta 500 hp.

Actualmente la empresa no cuenta con un horno eléctrico para el secado de los motores eléctricos. Para ejecutar el secado del bobinado de los motores utilizan reflectores incandescentes de 1000 watt, sabiendo que este equipo no cumple con las condiciones de un buen secado para el bobinado de los motores eléctricos. ¿Cómo mejorar el secado de bobinado de motores eléctricos mediante un horno industrial en la empresa azucarera del norte SAC?, Ante esto la investigación se justifica técnicamente, ya que nos permitirá obtener parámetros de secado de los motores eléctricos y a la vez analizar el rendimiento, humedad, aislamiento y eficiencia, de esta manera evitar posibles fallas y pérdidas de producción. Por lo que es necesario contar con el diseño de un horno industrial de secado de bobinados que permitirá obtener mejores resultados en parámetros de rendimiento, humedad, aislamiento y eficiencia en la empresa azucarera del norte. Asimismo, el presente proyecto se justifica económicamente con el diseño de un horno industrial que permite dar una mejor eficiencia, rendimiento, y aislamiento en los motores eléctricos, y prolongar el alargamiento del tiempo de vida de cada uno de estos motores, cabe mencionar que el tiempo es un factor fundamental para la producción de la empresa. El presente proyecto se justifica socialmente puesto que la tecnología hoy en día avanza a gigantescos pasos y las personas no somos ajenas a ello ,sino que estamos inmersos en la tecnología y sus competencia que esta acarrea en diversos ámbitos, es por ello que consideramos que es muy importante el diseño de un horno industrial en la empresa azucarera del norte SAC, ya que este permitirá

el secado de bobinado de motores eléctricos de una forma eficiente , así como también disminuirá el tiempo que utilizan los trabajadores para realizar dicho secado; de esta forma minimizar el riesgo del personal, logrando un mejor resultado del secado del circuito magnético, eléctrico y el sistema de aislamiento del transformador logrando un mayor realce y seguridad a las labores de los trabajadores. La presente investigación se justifica ambientalmente puesto que existen nuevas tecnologías que permiten procesar y eliminar los aceites, grasas y líquidos de limpieza. Con un secado automático eléctrico, mejora las condiciones ambientales; evitando así la contaminación: del aceite y las grasas que es uno de los tipos más visto de contaminación en estos casos; de polvo y suciedad, que provocan procesos abrasivos; así como también de humedad y líquidos; es por eso que el uso de materiales para la limpieza o mantenimiento de bobinados requiere de una disposición final, luego de uso; por tanto, es importante confinar, disponer y enviar a reciclar. Ya que debemos ser responsables del manejo de la reducción, disposición y reciclado, todos desechos y residuos de una manera responsable y amigable con el medio ambiente.

(Nogales.V ,Tapia.F., 2018) En su tesis titulada: “Automatización de un horno eléctrico industrial para el secado y desprendimiento del barniz en bobinados para la empresa Malemec s.a.” concluye: El desarrollo del HMI permite controlar el proceso de temperatura con tiempos predeterminados de secado de esta manera permitirá controlar las variables según temperatura con la finalidad de ejecutar el mejor proceso de secado del barniz aislante del bobinado de motores eléctricos eléctricas. (P.49)

(Benites.E , Llanos.A, 2017) En su tesis titulada: “Diseño e implementación de un secado eléctrico automático de aire forzado para el secado de los bobinados de motores para el taller de rebobinado tauro en la ciudad de Machachi” concluye que: mediante el diseño e implementación de un secado automático eléctrico de aire forzado se mejora las condiciones ambientales y el funcionamiento del proceso asimismo se logra un secado con mejor eficiencia y un nivel de monitoreo adecuado. (P.59)

(Palma.J, Portillo.T, 2017),en su tesis titulada: “Diagnóstico del estado actual del sector reparación y rebobinado de motores” concluye: que se debe tomar en cuenta los siguientes factores para determinar la reparación de los motores eléctricos ya que por el estado que presenten puede ser más económico reemplazarlos por unos nuevos; sin embargo es importante que las empresas lleven el registro de las fallas que se presentan por instalaciones o conexiones lo cual nos permite conocer las causas o daños que se presentan en los motores

eléctricos y de esta forma evitar la reparación de motores o la adquisición de uno nuevo. (P.17)

(Pillajo.B, Romero,F, 2016), en su tesis titulada “diseño y construcción de un horno calentado por resistencias eléctricas que trabaje en un rango de temperaturas de 1000 a 1350 grados centígrados, y controlado por un sistema computarizado” concluye que:

Después de haber diseñado y construido un horno eléctrico, para tratamientos térmicos con una potencia de 12 kW, y con una temperatura de 1350° permitirá trabajar y tratar los aceros ya existentes en el mercado. (P.23)

(Flores.L,Portillo,R, 2013) En su tesis titulada “Propuesta nacional estándar para la reparación y rebobinado de motores eléctricos” concluye que: el rebobinado de motores permite normalizar parámetros de eficiencia en los motores es de vital importancia las pruebas que se realizan para determinar el estado y la garantía de la reparación. (P.149)

A nivel nacional, García (2008-Lima) en su informe titulado “Diseño de un horno eléctrico para el secado de bobinado de motores eléctricos” argumenta que lograr un adecuado procedimiento del diseño de un horno eléctrico de secado por convección natural va permitir extraer la humedad existente dentro del motor, especialmente en el bobinado de rotor y estator; esto ayudara aumentar la resistencia del aislamiento del motor. (P.82)

, Garate (2005-Lima) en su informe titulado “Diseño de un horno eléctrico para el secado de transformadores de potencia” comenta que el diseño de un horno eléctrico va minimizar el riesgo del personal, además se logra un mejor resultado del secado del circuito magnético, eléctrico y el sistema de aislamiento del transformador. (P.132)

- **Hornos:**

Según suministros ingeniería y soluciones S.A.C. (2017-Colombia) Los hornos industriales son equipos diseñados para calentar, secar, fundir, piezas o elementos colocados a una temperatura superior a la del medio ambiente, realizando el calentamiento uniforme de forma directa por medio del calor de otros elementos.

Clasificación:

Según los hornos eléctricos se clasifican en:

- **Hornos de resistencia**
- **Hornos de inducción**

El horno de acero en la actualidad es el de mayor utilización, por lo siguiente los hornos de inducción y resistencia utilizados para el calentamiento de metales.

Hornos de resistencia:

Estos equipos que utilizan el calor disipado producido por el efecto de Joule en una resistencia óhmica, pueden estar constituida debido la carga misma al ser calentada por resistencias adecuadas e independientes de la carga.

Hornos de inducción:

Son diseñados específicamente para la fusión y función de metales y se dividen en

Hornos de canal: diseñados para su utilización perfectamente para el mantenimiento de la temperatura de un baño de metal líquido.

Hornos de crisol: este diseño no necesita requieren núcleo ni mucho menos canal con metal fundido, siendo así que la bobina tubular primaria, sea refrigerada y enrollada alrededor del crisol.

Secado en el Horno:

Los hornos para su utilización en máquinas eléctricas industriales, debe de contar con una buena circulación de aire y extracción de gases esto permitirá que el secado y curado del bobinado de motores, proporcione mayor resistencia, rendimiento y tiempo de trabajo. (motortico, 2014)

Diseño y Ubicación del horno:

Teoría de diseño: el diseño del horno para el secado del proceso del bobinado de motores eléctricos requerirá de la construcción, instalación, conexión y equipos de configuración de dispositivos de control, instrumentación y visualización, esto permitirá obtener un lazo cerrado de comunicación de los dispositivos de una manera automática, para el proceso de utilización.

Ubicación: Antes poder ejecutar cualquier tipo de trabajo es muy fundamental; la ubicación que se le da al horno eléctrico, así como los diferentes factores que se presentan como las corrientes de aire. Además, se debe evitar el transporte del motor, ya que podría reducir los costos de transporte.

Transferencia de Calor:

Según (Cengel, 2007) Argumenta “la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas es debido a una diferencia de temperatura”; es muy importante diseñar un horno eléctrico que nos permite transformar energía eléctrica en energía calorífica la cual es la fuente fundamental para el secado y desprendimiento del barniz. Existen tres mecanismos de transferencia de calor: (P.132)

Transferencia de calor por Conducción:

Según (cengel, 2007) “La conducción es el único mecanismo de transmisión de calor posible en los medios sólidos opacos”; Es un mecanismo que permite transferir el calor desde un punto específico hasta el último punto de la región, dándose así la conducción de transferencia de calor (P.06)

Transferencia de calor por Convención:

Según (García, 1987), “Es un proceso de transporte de energía que se lleva a cabo por consecuencia del movimiento de un fluido (líquido o gas), y está íntimamente relacionado con el movimiento de este”; este proceso de transferencia de calor permite que por movimientos ya sea en líquidos o gaseosos transfiera mayor cantidad de calor, la cual es una de las fuentes más importantes para el horno eléctrico.

Transferencia de calor por Radiación:

Este mecanismo permite transferir ondas electromagnéticas (o fotones) de una forma muy rápida a la velocidad de la luz.

Motores eléctricos

En la actualidad existen muchos tipos de motores eléctricos. Siendo la tecnología el avance para seguir cambiando el diseño y tipo de motores.

Componentes de los motores eléctricos

Características de un motor

- La carcasa: es parte exterior solidad que mantiene las partes eléctricas del motor.
- El estator: llamado inductor cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un conjunto de chapas magnéticas que forman ranuras y que sobre ellas se

encuentra enrollado el alambre aislante formando bobinas estator, esta es una parte fija y va unida a la carcasa.

- El rotor: llamado inducido cuando hablamos de motores de corriente alterna. Consta de un conjunto de chapas magnéticas y sobre ellas se encuentra las barras de cobre formando un bobinado rotórico, es parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

Bobinado de motores

Es la parte donde las maquinas los cuales que incluyen los alambres magnetos encargados de generar campos magnéticos, los cuales permitirá la operación de la maquina sea un motor, o un generador de corriente alterna; están conformados por distintos materiales que a la su vez forman un sistema magnético con características propias. Los principales materiales con los siguientes: conductores: cobre, aluminio, aislantes y núcleos magnéticos de hierro. (motortico, 2014, pág. 3)

Proceso de Mantenimiento del Bobinado

1. Realizar un ensayo de resistencia de aislamiento. Anotar temperatura de carcasa.
2. Desmontar el motor, evitando los golpes o impactos en el bobinado con partes metálicas.
3. Revisar el interior del estator para ver si hay presencia de elemento de corrosión en las partes metálicas.
4. Si hay alguna corrosión limpiar, solventar y con ayuda de un cepillo retiran todo tipo de corrosión.
5. Si hay suciedad acumulada es posible utilizar un líquido dieléctrico, o solventes desengrasantes.
6. En caso de suciedad con grasas o aceites, es posible aplicar el vapor a presión para eliminarlo.
7. Luego de la limpieza hornear a una temperatura superior a los 100 grados para eliminar humedad y líquidos presentes.
8. Si la limpieza se está realizando en el mismo sitio de la máquina, es posible secar el bobinado con la ayuda de un flujo de aire caliente sobre este o también a través proporcionado por una maquina soldadora.
9. Dejar enfriar
10. Realizar un ensayo de resistencia.

11. Comparar resultados con el punto 1 (motortico, 2014, pág. 3)

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación de tipo aplicada, porque empleara teorías relacionadas y establecidas para el entendimiento en situaciones problemáticas y a la vez planteando soluciones en problemas específicos.

Este diseño es descriptiva - explicativa, ya que la empresa “ANORSAC.” No cuenta con horno para optimizar el secado del bobinado de motores, siendo la manera tradicional en que estos se secan, sin embargo, no solamente se procederá a la descripción de la problemática. También se intenta descubrir las causas y fenómenos que intervienen en el mismo. Esto se sustenta en lo afirmado por Sampieri R (2006).

2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 1. operacionalización de la variable

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición	Instrumento
Diseño de un horno eléctrico	Es el resultado final de un proceso, que como objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática	Permitirá el secado a una temperatura 250 grados	Potencia Eléctrica	Razón	Software de modelamiento mecánico

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición	Instrumento
Secado de bobinado de motores eléctricos de 5 a 500 HP.	Está conformada por alambres aislantes magnetos encargados de producir campos magnéticos, necesarios para movimiento u operación de la máquina, sea motor o generador.	Determinar la resistencia del aislamiento	Resistencia a ohmios, etc.	Razón	Ficha de control de secado según megado.

Fuente: elaboración propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Está representada por todos los motores eléctricos de la empresa industrial denominada “Azucarera del norte S.A.C”-ANORSAC la cual se dedica a la elaboración de azúcar y está ubicada Carretera a Ferreñafe Km 12.6 – Chiclayo, departamento de Lambayeque.

2.3.2 Muestra

Está representada por todos los motores eléctricos de la planta.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 2. Técnicas e instrumentos

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Observación	- Cuantificar, registrar los parámetros de humedad, aislamiento, potencia, dimensión de estator y peso.	Ficha de registro de megado

Fuente: elaboración propia

2.4.1 Técnicas

Observación: Esta técnica permitirá observar para posteriormente cuantificar y registrar los parámetros de humedad, aislamiento, potencia, dimensión de estator y peso.

2.4.2 Instrumentos

Ficha de Observación: en esta ficha se anotarán los registros de megado, parámetros de humedad, aislamiento y datos del motor.

2.4.3 Validez y confiabilidad

Las tablas e instrumentos que se ha utilizado están correctamente normadas, por lo que la investigación es confiable.

2.5 Métodos de análisis de datos

El presente trabajo se encuentra dentro del tipo de investigación aplicada. “La investigación aplicada porque busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar”, según Zorrilla (2010).

Se aplica este tipo de investigación ya que busca aplicar y diseñar un horno industrial para optimizar el secado del bobinado de motores eléctricos 5 a 500 hp en la empresa “ANORSAC.”

2.6 Aspectos éticos

La información brindada por la empresa ANORSAC; ha sido exclusivamente para fines de la presente investigación y cuidada cautelosamente.

III. RESULTADOS

3.1 Hacer un diagnóstico del proceso actual del secado del bobinado de motores en la empresa azucarera del norte SAC.

La empresa azucarera del norte SAC, fue creada el 01 de noviembre del 2001, se encuentra ubicada en el km 12.6 carretera Ferreñafe y cuenta con aproximadamente 80 trabajadores en diversas áreas.

La empresa para realizar el proceso industrial de fabricación de azúcar emplea varios procesos que transforman el jugo de caña, en cristales y depurarlos de manera natural de impurezas que pudieran resultar dañinas para el consumo humano.

Misión: ofrecer servicios y productos de calidad nuestros clientes comprometidos con la seguridad y bienestar de nuestros trabajadores y con la protección del medio ambiente, mediante la innovación de nuestros procesos.

Visión: ser una empresa innovadora y rentable orientada al crecimiento y al mejoramiento constante comprometido con el proceso de nuestra comunidad.

Para realizar el diagnóstico del proceso actual del secado del bobinado de motores se procedió a elaborar una tabla de recolección de datos técnicos de motores que a continuación detallamos:

Tabla 3. Recolección de datos técnicos de motores

FICHA										
										Fecha
RECOLECCIÓN DE DATOS TÉCNICOS DE MOTORES										
ÁREA	MÁQUINA	Potencia HP	Intensidad Nomina	Voltaje (V)	Frecuencia (F)	Megado # 1 rebobinado megado	Megado #2 barnizado	% de humedad	Tamaño de estator	Peso
TRAPICHE	Descargador de caña	75	93	440	60					
	Jalador de plancha	3	3.7 5	440	60					
	Motor bomba presión hidráulica – garra	25	32	440	60					
	Motor Izaje de la garra	25	32	440	60					
	Motor de traslación longitudinal N.º 1	5	6	440	60					
	Motor de traslación longitudinal N.º 2	5	6	440	60					
	Motor de traslación transversal	2	3.8	440	60					
	Machetero	200	240	440	60					
	Desfibrador	400	48 0	440	60					
	Molino N.º 1	200	24 5	440	60					
	Molino N.º 2	220	30 0	440	60					

	Molino N.º 3(6 Polos)	200	24 0	440	60					
	Molino N.º 4	220	26 0	440	60					
	Molino N.º 5	250	30 0	440	60					
	Mesa alimentadora	25	32	440	60					
	Donnelly N.º 1	12	15	440	60					
	Donnelly N.º 2	12	15	440	60					
	Donnelly N.º 3	12	15	440	60					
	Donnelly N.º 4	12	15	440	60					
	Conductor de caña desfibrada	15	18	440	60					
	Bomba de jugo mezclado N.º 1	15	18	440	60					
	Bomba de jugo mezclado N.º 2	15	18	440	60					
	Bomba de jugo limpio N°1	18	22	440	60					
	Bomba de jugo limpio N°2	18	22	440	60					
	Bomba de jugo imbibición N°1	15	18	440	60					
	Bomba de jugo imbibiciónN°2	15	18	440	60					
	Bomba de jugo imbibición N°3	15	18	440	60					
	Bomba de presión hidráulica	7.5	9	440	60					
	Nivelador de caña desfibrada	10	12	440	60					
	Filtro Trómel	2.4	2.9	440	60					
	Nivelador N.º 1 de Mesa	15	18	440	60					
	Conductor de caña picada	18	21. 6	440	60					
ELABORACIÓN	Bomba de jugo encalado N°1	24	28. 8	440	60					
	Bomba de jugo encalado N°2	25	30	440	60					
	Bomba de cal N°1	4.8	6	440	60					
	Bomba de cal N°2	5	6	440	60					
	Bomba de jugo filtrado N°1	6	6	440	60					

Bomba de jugo filtrado N°2	5	7.2	440	60					
Bomba de cachaza N°1	7.5	9	440	60					
Bomba de cachaza N°2	7.5	9	440	60					
Bomba de jugo clarificado N°1	30	36	440	60					
Bomba de jugo clarificado N°2	40	48	440	60					
Motorreductor de jugo encalado	5	6	440	60					
Motorreductor lechado de cal N°1	3.6	4.3	440	60					
Motorreductor lechado de cal N°2	3.6	4.3	440	60					
Sinfín cachaza	1.5	1.8	440	60					
Rotación tina Oliver	1.5	1.8	440	60					
Agitador tina Oliver	0.5	0.6	440	60					
Mezclador de bagacillo	3	3.6	440	60					
Agitador de jugo clarificado	5	6	440	60					
Bomba de vacío filtro Oliver	25	30	440	60					
Molino de bolas	3	3.6	440	60					
Motorreductor de faja transportadora de cachaza	2.3	2.8	440	60					
Bomba de vacío Evaporadores (NAHS)	75	90	440	60					
	12.		440	60					
Bomba de jarabe N°1	5	15							
		21.	440	60					
Bomba de jarabe N°2	18	6							
		7.9	440	60					
Condensado a evaporador N°1	6.6	2							
Condensado a evaporador N°2	7.5	9	440	60					
Condensado a fabrica N°1	7.5	9	440	60					
Condensado a fabrica N°2	7.5	9	440	60					
Motorreductor agitador del semillero	5	6	440	60					
Bomba de vacío Evaporadores	50	60	440	60					
Cristalizador N.º 1	5	6	440	60					
Cristalizador N.º 2	5	6	440	60					

	Cristalizador N.º 3	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 4	56	6	440	60					
	Cristalizador N.º 5	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 6	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 7	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 8	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 9	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 10	5	6	440	60					
	Cristalizador N.º 11	9	10. 8	440	60					
	Cristalizador N.º 12	12	14. 4	440	60					
	Cristalizador N.º 13	12	14	440	60					
	Cristalizador N.º 14	5	6	440	60					
CENTRIFUGAS	Lubricación de aceite de centrifugas continuas	1	1.2	440	60					
	Agitador magmero	7.5	9	440	60					
	Bomba melaza N°1	7.5	9	440	60					
	Bomba melaza N°2	7.5	9	440	60					
	Bomba magma	12. 5	15	440	60					
	centrifuga continua N.º 1	50	60	440	60					
	centrifuga continua N.º 2	35	42	440	60					
	Motor agitador de masa de tercera	5	6	440	60					
	Sinfín de azúcar	5	6	440	60					
	Bomba de lubricación aceite centrifuga comercial	5	6	440	60					
	Batea de alimentación (lancha)	5	6	440	60					
	Bomba miel C-1760 rpm	12	15	440	60					
	Bomba miel C-1740 rpm	10	12	440	60					
	Comprensora	15	18	440	60					

	Secado de rotación	7.5	9	440	60						
	ventilador de secado	6.6	7.9	440	60						
	Motor elevado de cangilones Azúcar Húmeda	7	8.4	440	60						
	Motor elevado de cangilones Azúcar Seca	5	6	440	60						
	Centrifuga comercial N°1	100	120	440	60						
	Centrifuga comercial N°2	100	120	440	60						
	Centrifuga automática	100	120	440	60						
CALDEROS	Conductor principal	25	30	440	60						
	conductor auxiliar	15	18	440	60						
	Esparcidor N.º 1 I FASE 41.6 G.M	60	72	440	60						
	Esparcidor N.º 2 I FASE 17.34	50	60	440	60						
	Transportador de bagacillo a filtro	10	12	440	60						
	Bomba a toberas filtro de cachaza	10	12	440	60						
	Ventilador de tiro Forzado N.º 1 GM	50	60	440	60						
	Ventilador de tiro Forzado N.º 2 GM	40	48	440	60						
	Bomba de alimentación a caldero N.º 1	30	36	440	60						
	Bomba de alimentación a caldero N.º 2	30	36	440	60						
	Agua condensada caldera N.º 1	7.5	9	440	60						
	Agua condensada caldera N.º 2	7.5	9	440	60						
	Des aireador N.º 1	6.6	7.9	440	60						
	Des aireador N.º 2	15	18	440	60						
	Ventilador de tiro inducido N.º 1	125	150	440	60						
	Ventilador de tiro inducido N.º 2	100	120	440	60						
Bomba industrial agua a caldera - Molino N.º 1	25	30	440	60							

Bomba industrial agua a caldera - Molino N.º 2	25	30	440	60					
Ablandador N.º 1	4.8	5.7	6	440	60				
Ablandador N.º 2	4.8	5.7	6	440	60				
Bomba vertical a fabrica N°1 IF=90	130	156	440	60					
Bomba vertical de retorno N°2 IF=90	130	156	440	60					
Bomba pozo Inga	25	30	440	60					
Bomba. Despacho de melaza	20	24	440	60					

Fuente: elaboración propia

Las diversas áreas que conforman el proceso de la elaboración de azúcar emplean motores eléctricos de diferentes potencias, y que a continuación vamos a mencionar:

3.1.1. Área Trapiche

Está conformado por una serie de molinos (la cantidad de molinos varía según la fábrica) compuesto por cuatro rodillos surcados que prensan la caña de azúcar previamente desmenuzada y extraen su jugo. Este jugo es concentrado y cocido hasta obtener la cristalización del azúcar. En esta área intervienen los siguientes motores:

MOTOR	POTENCIA	CANTIDAD
Desfibrador	400 hp	1
Molino	250 hp	5
Machetero	200 hp	1
imbibición y jugos	12.5hp	6

3.1.2. Área calderas:

Se encarga de generar vapor de agua a niveles de temperatura de 120° y a una presión de 40 psi este vapor es enviado a los evaporadores y tachos para el proceso del cocimiento y la cristalización de la azúcar. Los siguientes motores intervienen en el área:

MOTOR	POTENCIA	CANTIDAD
Principal y auxiliar	25 hp	2
Esparcidores	60 hp	2
Forzados	50 hp	2
Inducidos	125 hp	2
Bombas de agua	30 hp	2
Condensados	15 hp	3

3.1.3. Área Elaboración:

Los evaporadores se encargan de eliminar el agua mezclada en jugo obteniendo un brix de 62, para luego convertirlo en jarabe, ya realizado este proceso se envía el jarabe a los tachos ahí se realizará el proceso de la cristalización para y luego ser enviados a los cristalizadores para obtener la temperatura adecuada para el centrifugado. Los siguientes motores intervienen en el área:

MOTOR	POTENCIA	CANTIDAD
Encalados y otros	30 hp	6
Cal, filtrado y otros	5 hp	7
Cachaza y jarabe	15hp	6
Condensados	7hp	6
Cristalizadores	12hp	14
Bombas de vacío	70hp	3

3.1.4. Área Centrifugas

Cuenta con tres centrifugas comerciales cilíndricas que trabajan a velocidades variables de 60rpm a 1060rpm permitiendo separar los cristales de las mieles, dejándolos atrapados los cristales en la olla de las centrifugas, para luego ser descargados y enviados al secado correspondiente.

Ahí se realizará los análisis de control de calidad, ya obtenido los resultados se realizará el envasado correspondiente del azúcar. Los siguientes motores intervienen en el área:

MOTOR	POTENCIA	CANTIDAD
Centrifuga comerciales	100 hp	2
Centrifuga continuas	60 hp	2
Elevadores de azúcar	7.5 hp	2
Rotación secador	5 hp	1
Melaza y mieles	15 hp	4
Sinfín de azúcar y magmero	7hp	2

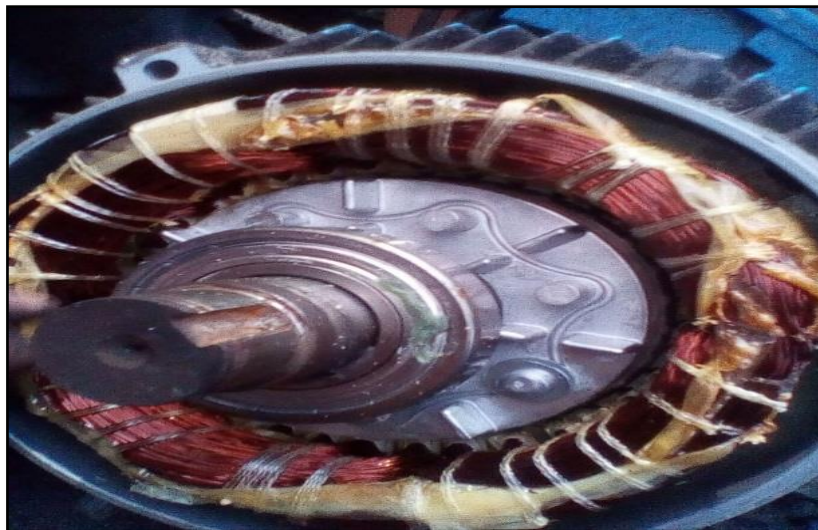
3.1.5. Proceso de rebobinado:

Existen situaciones en las que los motores sufren fallas o daños en su interior (bobinado), y actualmente son reparados o rebobinados en el área de mantenimiento, para ello realizan los siguientes pasos:

3.1.6. Desmontaje de motor:

Para realizar el desmontaje del motor el personal encargado principalmente realiza el bloqueo eléctrico del motor, de inmediato realiza la desconexión eléctrica del motor, para luego llevarlo al área encargada de diagnosticar el estado actual del motor.

Figura 1. Desmontaje de motor.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

3.1.5.1 Extracción del bobinado:

Una vez diagnosticado que el bobinado se encuentra quemado o dañado, los encargados realizan la recolección de datos, esquemas, así como la extracción del bobinado quemado y la limpieza correspondiente de las ranuras del estator. Se realiza también la calibración del conductor aislante para luego realizar el pedido del material nuevo para el rebobinado.

Figura 2. Extracción del bobinado.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

3.1.5.2 Realizar el rebobinado nuevo

Con la ayuda del vernier o (pie de rey) se realiza las mediciones correspondientes de las ranuras del estator, para luego ser dibujadas en el papel aislante ya sea (Nomex, Mailer, Pescado y de medidas 0.15, 0.20, 0.30, 0.35) según la potencia de motor. Este papel aislante que es alojado en las ranuras evita que al momento de colocar las bobinas no sufran cortes, ralladuras y lo más importante que no tenga contactos con la carcasa.

Una vez aisladas todas las ranuras se toma el paso de bobina con la ayuda del cable aislante y se realiza el molde correspondiente para la elaboración de las bobinas nuevas, para luego ejecutar el rebobinado y la conexión según el plano adquirido.

Figura 3. Aislamiento de ranuras con papel Nomex.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

Figura 4. Rebobinado de motores.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

Barnizado de bobinado

Una vez conectado y amarrado el bobinado, el personal encargado del barnizado se coloca como medida de protección guantes y mascarillas, para luego colocar el motor dentro de una bandeja y así realizar el barnizado del bobinado nuevo, es así como se trata de evitar derramamiento de barniz en el ambiente de trabajo.

Ya barnizado se deja escurrir y con ayuda de guaípe o esponja con thinner se realiza la limpieza de ranuras y los alojamientos de las tapas, para luego realizar el secado.

Figura 5. Barnizado de bobinado nuevo.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

3.1.5.3 Proceso de Secado actual de bobinado

En la actualidad el proceso de secado del rebobinado es de una forma natural al medio ambiente y por medio de las actividades que se hará mención permitirá dar a conocer la labor que se realiza.

a) Las Ampollas incandescentes: son utilizadas para el secado y curado del bobinado de motores eléctricos, Utilizan la energía eléctrica para luego transformarla en un 30% de energía luminosa y un 70%de energía calorífica, el consumo de energía eléctrica por cada uno de estos equipos es de 3.5amp, por eso que el personal encargado de realizar el secado utiliza ampollas incandescentes1000 watts que permiten obtener temperaturas de aproximadamente 40a 50 grado.

Estas ampollas son instaladas en ambos lados del estator obteniendo así la mayor temperatura que se pueda aprovechar para este proceso de secado.

Cabe mencionar que para acelerar el proceso de secado se utilizan muchas veces 3 a más ampollas.

b) El Recubrimiento con planchas lisas de 2mm: Son empleadas para cubrir el estator y mantener la mayor temperatura posible, que puedan generar las ampollas durante el tiempo de secado, de esta forma es como se realiza el secado correspondiente de las bobinas y se logra aproximar lo estipulado en el proceso de secado.

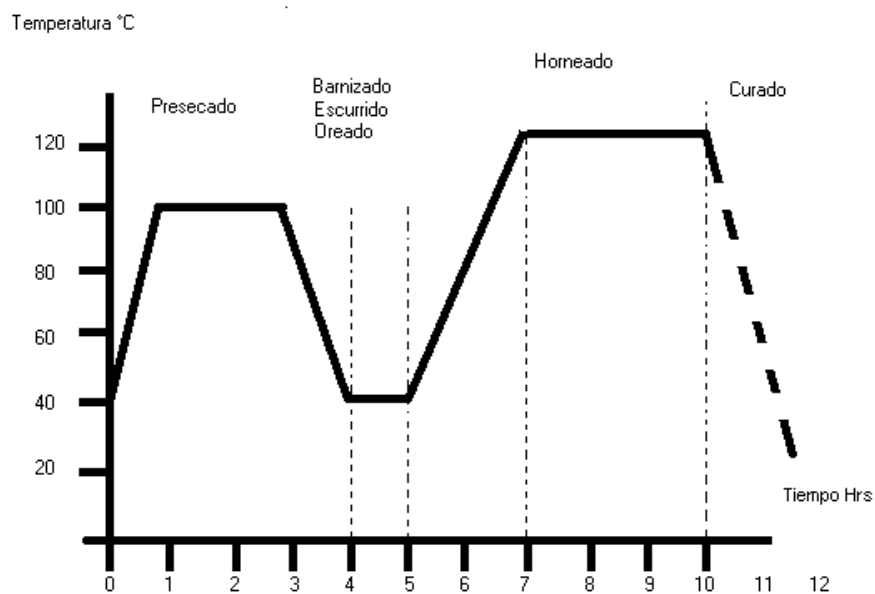
c) En el Monitoreo constante: es necesario que el personal encargado realice la supervisión constante de secado del bobinado y así evitar incidentes que se puedan presentar en el proceso de secado.

Este proceso de secado manual que se ha descrito, presenta los siguientes inconvenientes:

1. En el Ambiente de trabajo, debido que no es el adecuado para realizar este tipo de labor ya que intervienen diversos factores, (humedad, polvo, grasas y algunos otros agentes) que hacen que el rebobinado no sea confiable en su funcionamiento y no cumpla parámetros específicos, como resistencia de aislación con el megometros.

2. La Forma del secado que se realiza no permite promover la reacción química de solidificación del barniz en las bobinas ya que tanto las ampollas como la estructura que lo protege no son las adecuadas para realizar un secado.

Gráfico 01.



Fuente: Elaboración propia.

3. Tiempos de secado para realizar un secado se debe tener en cuenta las condiciones del fabricante de barniz o resina según la clase de aislamiento y temperatura de secado, al realizar un seguimiento constante, determinamos que no se respeta los tiempos establecidos de secado según tipo de barniz.

4 Tipos de barniz aislante según temperatura y clase de aislamiento el barniz que se utiliza según norma NEMA Y IEC describe los materiales aislantes usados, en impregnantes o barniz su aplicación más común es en máquinas eléctricas rotativas (motores y generadores) para proteger el bobinado depende del tamaño, forma de la bobina y condiciones de temperaturas desde 105°, 150° y 180°, en este proceso de secado no se hace diferenciar el tiempo de secado de acuerdo al barniz empleado que tiene rangos diferentes de temperatura y por ende tiempos, según especificado en la tabla

Tabla 4. Clases de aislamiento.

Clase Aislamiento	Material Aislante	Impregnante o Barniz	Aplicaciones
A (105 °C)	Algodón, seda, rayón. Poliamida, acetato de celulosa.	Barnices naturales y sintéticos.	Recubrimiento conductores y ranuras. Tubos flexibles (Spaguetis).
	Esmaltes de resinas de poliéster		Recubrimiento de conductores
B (130 °C)	Tejidos fibra de vidrio y amianto. Mica, sola o con soporte de papel.	Barnices y resinas a base de: Epóxicos, melamina, poliéster reticulado.	Aislamiento de ranuras y bobinas. Separadores de delgas de colectores.
	Esmaltes a base de: Poliuretano y polivinilos. Caucho etileno-propileno. Cintas fibra de vidrio y mica.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.
F (155 °C)	Tejidos fibra de vidrio barnizados. Papeles de mica y amianto. Compuestos a base de poliamida.	Barnices y resinas a base de: Poliéster, poliuretano, epóxicas.	Recubrimiento de conductores y ranuras. Tubos flexibles. Sujeción de armaduras.
	Esmaltes y barnices a base de: Poliéster modificado, polietileno, poliuretano, poliamida. Resinas Epoxi.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.
H (180 °C)	Tejidos de fibra de vidrio, amianto, mica, impregnados con silicona.	Resinas de silicona.	Recubrimiento de conductores y ranuras. Tubos flexibles.
	Fibras de vidrio y caucho silicona. Esmaltes de silicona, poliéster, poliuretano y poliesterimida.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.

Fuente: Elaboración propia.

El personal que realiza de manera constante el seguimiento del proceso de secado, genera diversos retrasos en otras actividades.

3.2 Caracterizar los diferentes bobinados de motores para determinar los parámetros de proceso de secado.

En la empresa azucarera del norte SAC, cuenta con motores eléctricos 5 hp hasta 400 hp, son máquinas eléctricas rotativas de gran importancia en proceso de elaboración de azúcar; En las máquinas se da un proceso natural de envejecimiento en todos los materiales, en unos más que en otros, y que por razones externas se puede acelerar o retrasar, según el trabajo solicitado a la máquina. Los materiales que más sufren este deterioro son los aislantes que conforman el bobinado, y que son sometidos a esfuerzos térmicos, mecánicos, químicos y eléctricos.

Para identificar la clase de aislamiento correcto en las maquinas rotativas (motores y generadores), En la placa de característica los estándares NEMA y IEC indican tipo de aislamiento de la máquina, según lo muestra la figura siguiente, tanto para equipos Construidos según normas NEMA e IEC.

En el siguiente cuadro se muestra los datos necesarios e importantes que son materia de investigación.

3.2.1 Para motores del área de elaboración

Cuadro 01. Datos de bobinado concéntrico de 5-7 HP.

MARCA	HP	CANTIDAD MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO DE BOBINA Y TAMAÑO	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 21	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
Delcrosa	5-7	12	Ancho: 29cm Alto: 30cm Largo: 33cm	P:1-12 /T:29cm P:2-10/ T:26cm P:3- 8/T:23cm	300gr 280gr 260gr	DIN,200 hermético	F	155 C

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 02: Datos de bobinado concéntrico de 12 y 15 HP.

MARCA	HP	CANTIDAD MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO DE BOBINA Y TAMAÑO	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 19	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
Delcrosa	12-15	20	Ancho:3 2cm Alto:32cm Largo:36cm	P:1-12 /T:32cm P:2-10/ T:28cm	350gr 310gr	DIN,200 hermético	F	155 C

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 03. Datos de bobinado concéntrico de 30HP.

MARCA	HP	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO BOBINA Y TAMAÑO	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 21	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
Delcrosa	30	06	Ancho:35cm Alto:36cm Largo:35cm	P:1-18 /T:33cm P:2-16/ T:30cm P:3-14/T:27cm	360gr 240gr 300gr	DIN,200 hermético	F	155 C

Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Para motores del área de trapiche.

Cuadro 04. Datos de bobinado concéntrico de 200-250HP.

MARCA	HP	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO Y TAMAÑO DE BOBINA	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 16	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
WEG	200-250	06	Ancho:60cm Alto:84cm Largo:80cm	P:1-14 /T:76cm P:2-12/ T:72cm P:3-10/T:68cm P:4-08/T:64cm	1.4kg 1.3kg 1.1kg 1kg	DIN,200 hermético	H	180 C

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 05. Datos de bobinado imbricado de 300-400HP.

MARCA	HP	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO Y TAMAÑO DE BOBINA	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 19	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
WEG	300-400	02	Ancho:60cm Alto:1mt Largo:95cm	P:1-16 /T:90cm	8.kg	DIN,200 hermético	H	180 C

Fuente: elaboración propia.

3.2.3 Para motores del área calderas.

Cuadro 06. Datos de bobinado imbricado de 50-60 HP.

MARCA	HP	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO Y TAMAÑO DE BOBINA	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 14	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
Marelli	50-60	06	Ancho:42cm Alto:65cm Largo:45cm	P:1-16 /T:40cm	4Kg	DIN,200 hermético	F	155 C

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 07. Datos de bobinado imbricado de 125 HP.

MARCA	HP	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO Y TAMAÑO DE BOBINA	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO O # 14	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
Delcrosa	125	02	Ancho:52cm Alto:60cm Largo:80cm	P:1-14 /T:29cm	6kg	DIN,200 hermético	H	180 C

Fuente: elaboración propia.

3.2.4 Para motores del área centrifugas.

Cuadro 08. Datos de bobinado imbricado de 100 HP.

MARCA	HP	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO Y TAMAÑO DE BOBINA	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 15	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
ABB	100	03	Ancho:55cm Largo:1mt	P:1-14 /T:50cm	5kg	DIN,200 hermético	F	155 C

Fuente: elaboración propia.

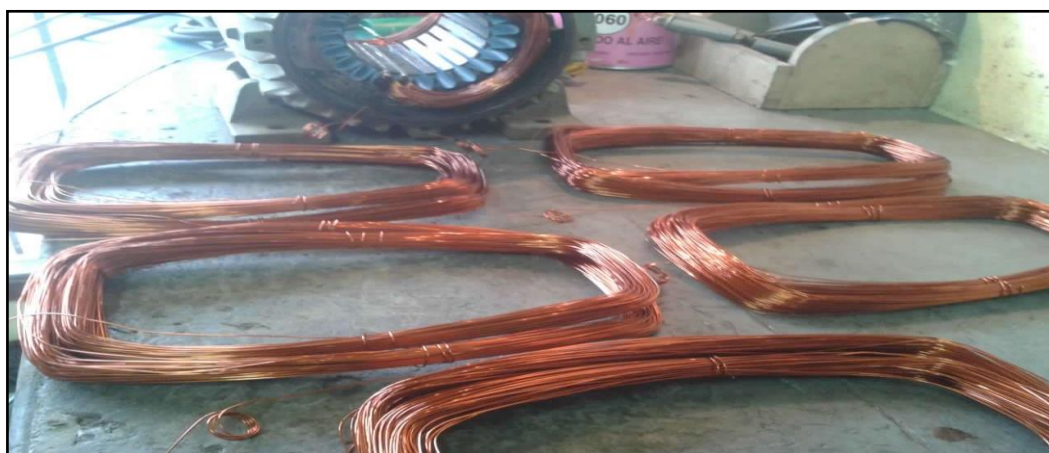
Cuadro 09 Datos de bobinado concéntrico de 15 HP.

MARCA	H P	CANTIDAD DE MOTORES	TAMAÑO DEL ESTATOR	PASO Y TAMAÑO DE BOBINA	PESO DE BOBINA	ALAMBRE ESMALTADO # 13	CLASE DE BARNIZ	TEMPERATURA BARNIZ
LINC OLN	15	08	Ancho:28cm Alto:30cm Largo:35	P:1-12 /T:30cm P:2-10/ T:26cm	300gr 260gr	DIN,200 hermético	F	155 C

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente imagen se muestra bobinas de un motor.

Figura 6. Tamaño de bobinas concéntricas.



Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidos los datos necesarios de los motores determinaremos la clase de aislamiento a utilizar en los motores eléctricos. Según especificado en la tabla N02.

Tabla 5. Clases de aislamiento.

Clases de aislamiento					
Clase de aislamiento	Grado de protección	Temperatura ambiente	Incremento de temperatura	Tolerancia de punto caliente	Temperatura total sistema
A	ABIERTO	40°C	50 °C	15 °C	105°C
	CERRADO	40°C	55 °C	10 °C	105 °C
B	ABIERTO	40°C	70 °C	20 °C	130 °C
	CERRADO	40°C	75 °C	15 °C	130 °C
F	ABIERTO	40°C	90 °C	25 °C	155 °C
	CERRADO	40°C	95 °C	20 °C	155 °C
H	ABIERTO	40°C	110 °C	30°C	180 °C
	CERRADO	40°C	115 °C	25 °C	180 °C

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro determinaremos los parámetros de secado en las diferentes áreas según los datos obtenidos.

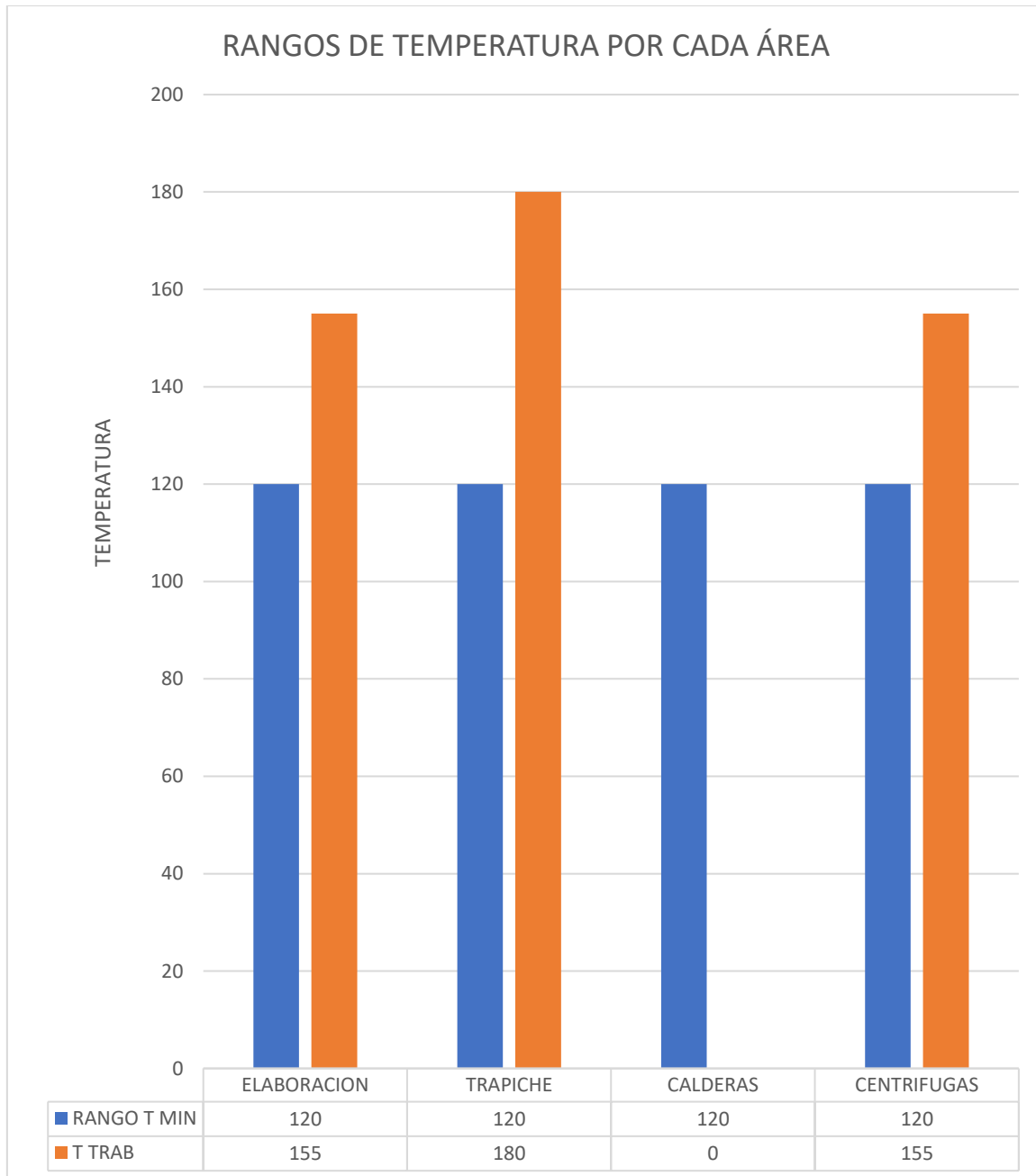
Cuadro 10 Parámetros de secado.

TRAPICHE	CLASE DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA DE TRABAJO
	H	180°C
CALDERAS	CLASE DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA DE TRABAJO
	F y H	155-180 °C
ELABORACIÓN	CLASE DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA DE TRABAJO
	F	155°C
CENTRIFUGAS	CLASE DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA DE TRABAJO
	F	155°C

Fuente: Elaboración propia.

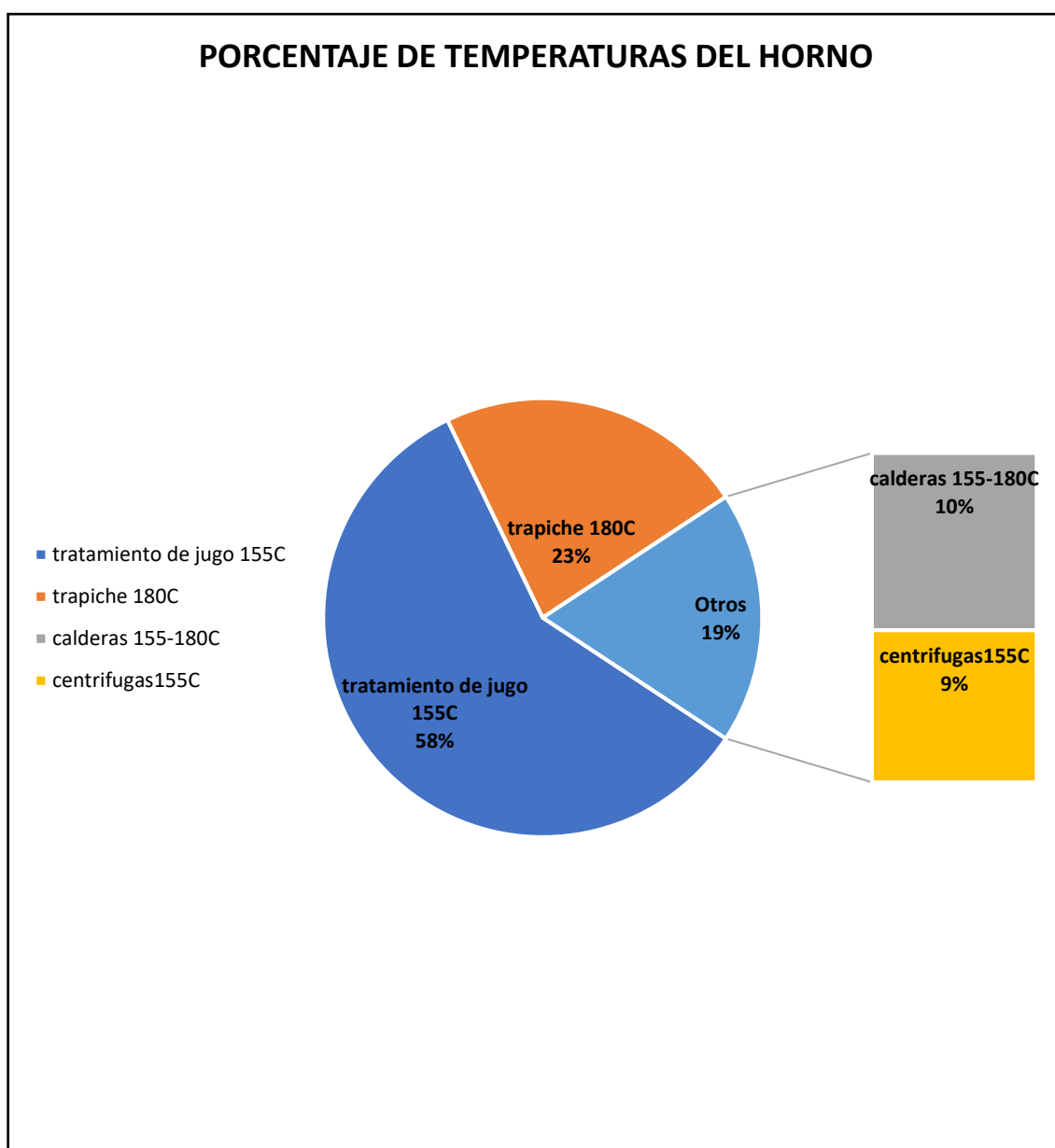
GRÁFICO REPRESENTATIVO DE RANGOS DE TEMPERATURA PARA MOTORES EN LAS DIFERENTES AREAS

Gráfico 02. Rangos de temperatura por cada área.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 03. Porcentaje de temperaturas del horno.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Dimensionar los diferentes equipos electromecánicos del horno industrial.

3.3.1 Cálculo del horno:

Para realizar el diseño de un horno eléctrico industrial se procederá a realizar los cálculos correspondientes.

3.3.2 Cálculos de paredes planas:

Las cantidades de calor necesario que se requiere en el secador se lo obtiene sumando el calor absorbido por la carga y las pérdidas de calor propias en el secador.

$$Q_s = Q_p + Q_c$$

Dónde:

Q_s = calor suministrado por el sistema.

Q_p = pérdidas por calor.

Q_c = Calor absorbido por la carga.

Descomponiendo el contenido de las pérdidas de calor se desglosa en: pérdidas por conducción.

Por las paredes de la máquina, pérdidas por radiación y convección desde la cámara exterior hacia el ambiente.

$$Q_s = (Q_k + Q_{cv} + Q_r) + Q_c$$

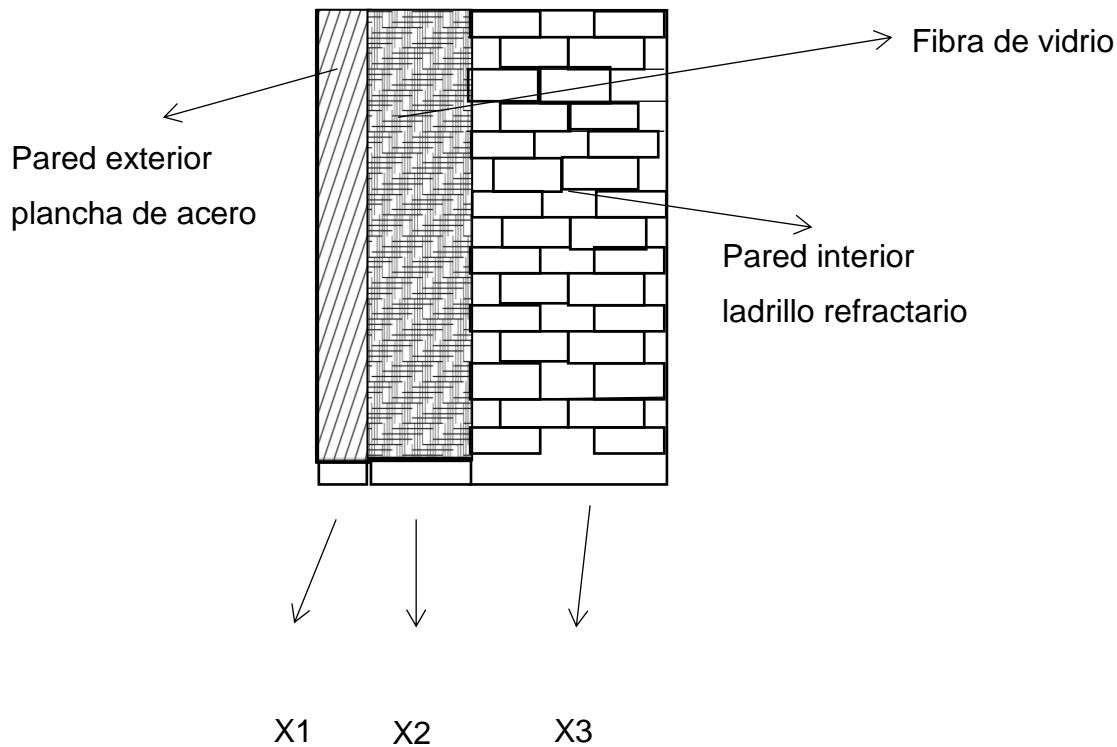
Dónde:

Q_p = pérdidas por calor.

Q_k = pérdidas por acumulación calor en las paredes, por conducción.

Q_{cv} = Pérdidas por convección desde la parte exterior del secador.

Q_r = Pérdidas por radiación desde la parte exterior del secador.



Se considera el contacto térmico entre las diferentes superficies de las diferentes capas de aislamiento la estructura como ideales. El flujo calorífico entre las capas es inversamente proporcional al espesor de la pared. En régimen permanente es constante en todas las capas.

$$Q \text{ trabajo} = \frac{T_{int} - T_1}{R_1} = \frac{T_1 - T_2}{R_2} = \frac{T_2 - T_3}{R_3} = \frac{T_4 - T_3}{R_4} = \frac{T_5 - T_a}{R_5}$$

$$R_1 = \frac{1}{h_{int} A} \quad R_2 = \frac{X_1}{K_1 A} \quad R_3 = \frac{X_2}{K_2 A} \quad R_4 = \frac{X_3}{K_3 A} \quad R_5 = \frac{1}{h_a A}$$

Dónde:

T_{int} : Temperatura interior de la cama.

h_{int} : coeficiente de transferencia hacia un medio circundante.

T_a : Temperatura ambiental.

h_a : coeficiente de transferencia de calor para el ambiente.

T_1, T_2, T_3, T_4 : temperaturas de contacto entre las diferentes placas.

R : resistencias térmicas.

K : coeficiente de transferencia de calor entre las placas.

A: área lateral.

Cálculos de pérdidas por acumulación.

Para el cálculo de las pérdidas por acumulación de calor en las paredes aislantes se utiliza la ecuación 9 donde es directamente proporcional al producto de la masa del cuerpo, el calor específico del cuerpo y la variación de la temperatura.

$$Q_k = m \times cp \times \Delta T$$

Dónde:

QK: Calor acumulado debido a la conducción.

m: masa del cuerpo que acumula el calor.

CP: Calor específico del cuerpo. (K Cal/Kg °C material aislante)

ΔT: variación de la temperatura del cuerpo. (°C)

Perdidas en la cara del secador:

$$Q_c = hc \times A \times \Delta T$$

Dónde:

Hc: coeficiente de película convectivo. (K cal/h)

A: superficie exterior horizontal.

ΔT: diferencias de temperaturas.

Las pérdidas totales de todo el equipo. Tanto por convección y por radiación es:

$$Q_p = Q_k + Q_{cv} + Q_r$$

3.3.3 Cálculo del calor total suministrado por el sistema

Determinadas las pérdidas de calor y la cantidad de calor absorbido por la carga la cantidad de calor necesario para dimensionar el proyecto queda definido por:

$$Q_s = Q_p + Q_{carga\ total}$$

3.3.4 Dimensionamiento de las resistencias:

El cálculo permitirá por medio de la potencia necesaria, la tensión de la red (red monofásica 220 v), la temperatura de las resistencias aleación Fe-Cr-Al (Kanthal 200⁰ C), la carga específica de 3.6W/Cm²

$$PT = 2V \times IL \times fp$$

Dónde:

PT: potencia total.

VL: voltaje en línea.

IL: corriente en línea.

FP: factor de potencia.

Mediante estos datos recopilados se procederá a realizar los cálculos correspondientes del secador que permitirán determinar las temperaturas en las paredes, pérdidas conducción, convección, y radiación.

Datos del Motor

Estator.

HP	EJE (cm)	PESO (Kg)	ALTO	ANCHO	LARGO
Trifásico	18	780	90 cm	1.10 m	90 cm

Características del horno.

ANCHO	ALTO	PROFUNDO
2 m	1.60m	1.50m

Características del cable de rebobinado de cobre magneto.

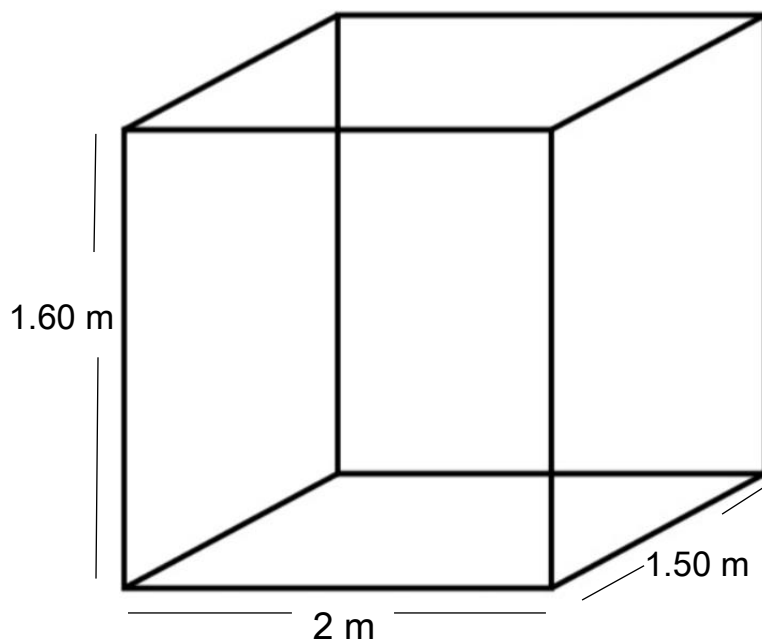
DENSIDAD (Kg/m³)	8.95
CALOR ESPECIFICO A 200C	0.09 Kcal/Kg*c
CONDUCTIVIDAD TERMICA	321.79Kcal/hr*m*c
EMISIVIDAD	0.015

Características del ladrillo, fibra de vidrio y lámina de acero

MATERIALES	ESPESOR (m)	DENSIDAD Kg/m³	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/m K	CALOR ESPECIFICO (Cp.)J/Kg K
LAMINAS DE ACERO	0.006	7830	58	460
FIBRA DE VIDRIO	0.10	18	0.035	201
LADRILLO REFRACTARIO	0.229	80	0.70	660

3.3.5 Cálculos del diseño del horno.

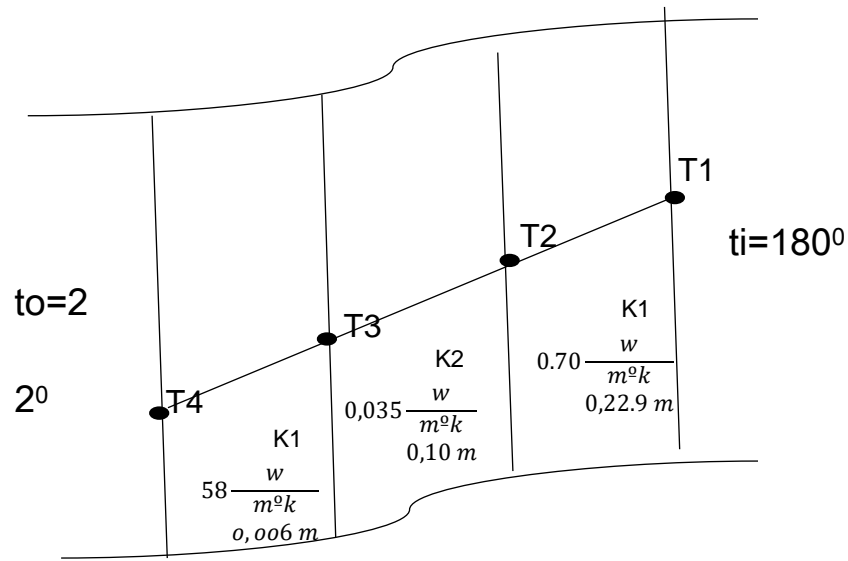
Las medidas establecidas en el horno nos permitirán obtener el área correspondiente, y poder así iniciar los cálculos del secador.



$$A. \text{ TOTAL} = 1.6 (7m) + 2(1.5m)$$

$$A. \text{ TOTAL} = 14,2 \text{ m}^2$$

Localización de las diferentes temperaturas en las paredes planas.



3.3.6 Fórmula de temperaturas en paredes planas.

$$Q \frac{\Delta T}{\sum R} = \frac{\Delta T}{R1+R2+R3+R4+R5}$$

Obteniendo las diferencias de temperaturas: trabajo (ti) y ambiente (to)

$$t = t_i - t_o$$

$$\Delta t = 453^\circ\text{k} - 295^\circ\text{k}$$

$$\Delta t = 158^\circ\text{k}$$

3.3.7 Fórmulas para hallar las resistencias en cada material.

R1 Resistencia del medio ambiente	$R1 = \frac{1}{h \cdot A}$	$h = 20 \frac{w}{m^2 \cdot k}$ $A = 14.2m^2$	$h = (5 - 25) \frac{w}{m^2 k}$
R2 Resistencia en ladrillo refractario	$R2 = \frac{L1}{k \cdot A}$	$k = 0.70 \frac{w}{m^0 k}$ $L1 = 0,229m$	
R3 Resistencia en fibra de vidrio	$R3 = \frac{L2}{k \cdot A}$	$K = 0.035 \frac{w}{m^0 k}$ $L2 = 0,10 m$	
R4 Resistencia de la plancha de acero	$R4 = \frac{L4}{k \cdot A}$	$K = 58 \frac{w}{m^0 k}$ $L3 = 0,006 m$	
R5 Resistencia en el horno interno	$R5 = \frac{1}{h \cdot A}$	$h = 25 \frac{w}{m^2 k}$ $A = 14.2$	

Mediante este cálculo obtendremos los resultados de las resistencias: R1, R2, R3 Y R4.

Resistencia del medio ambiente

$$R1 = \frac{1}{(20 \frac{w}{m^2 \cdot k})(14.2)}$$

$$R1 = 3.52 \times 10^{-3} \frac{k}{w}$$

Resistencia en ladrillo refractario

$$R2 = \frac{0,229 \text{ m}}{\left(0.70 \frac{\text{W}}{\text{m}^0 \text{k}}\right)(14.2 \text{ m}^2)}$$

$$R2 = 0.0230 \frac{\text{k}}{\text{W}}$$

Resistencia de la plancha de acero

$$R4 = \frac{0,006}{\left(58 \frac{\text{W}}{\text{m}^0 \text{k}}\right)(14.2 \text{ m}^2)}$$

$$R4 = 7.28 \times 10^{-6}$$

Resistencia interna del horno

$$R5 = \frac{1}{\left(25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{k}}\right)(14.2 \text{ m})}$$

$$R5 = 2.81 \times 10^{-3} \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Una vez obtenida los resultados de las resistencias procederemos a realizar la sumatorias de las mismas.

3.2.1 Sumatoria de las resistencias

$$Q = \frac{\Delta T}{\Sigma R}$$

$$\Sigma R = 3,52 \times 10^{-3} + 0,023 + 0,201 + 7,285 \times 10^{-6} + 2.81 \times 10^{-3} \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$\Sigma R = 0.230337 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Una vez obtenida la sumatoria de las resistencias procederemos a calcular el calor perdido en las paredes.

3.2.2 Calor perdido en las paredes.

$$Q = \frac{\Delta T}{\Sigma R}$$

$$Q = \frac{453^0 K - 295K}{0.230337 \frac{K}{W}}$$

$$Q = \frac{158^0 K}{0.230337 \frac{K}{W}}$$

$$Q = 685W$$

Calculando la temperatura en las paredes (ladrillo refractario, fibra de vidrio y lamina de acero)

$$Q = \frac{\Delta T}{R1}$$

3.2.3 Cálculo de las temperaturas en cada pared.

Temperatura en interior del horno.

$$Q = \frac{\Delta T}{R1} = \frac{T0 - T1}{R1}$$

$$685w = \frac{453^0k - t1}{3.52 \times 10^{-3} \frac{0k}{W}}$$

$$T1 = 450^0k \quad \rightarrow \quad T1 = 177^0c$$

Temperatura en la pared de ladrillo refractario

$$Q = \frac{\Delta T}{R2} = \frac{T1 - T2}{R2}$$

$$685w = \frac{450 \text{ }^0k - T2}{0,023 \frac{\text{ }^0k}{W}}$$

$$T2 = 434.3 \text{ }^0k$$



$$T2 = 161.3 \text{ }^0c$$

Temperatura en la pared de fibra de vidrio

$$Q = \frac{\Delta T}{R3} = \frac{T2 - T3}{R3}$$

$$685w = \frac{434.3 \text{ }^0k - T3}{0,201 \frac{\text{ }^0k}{W}}$$

$$T3 = 297.3 \text{ }^0k$$



$$T3 = 24.3 \text{ }^0c$$

Temperatura en la pared de lámina de acero

$$Q = \frac{\Delta T}{R4} = \frac{T3 \text{ }^0k - T4}{R4}$$

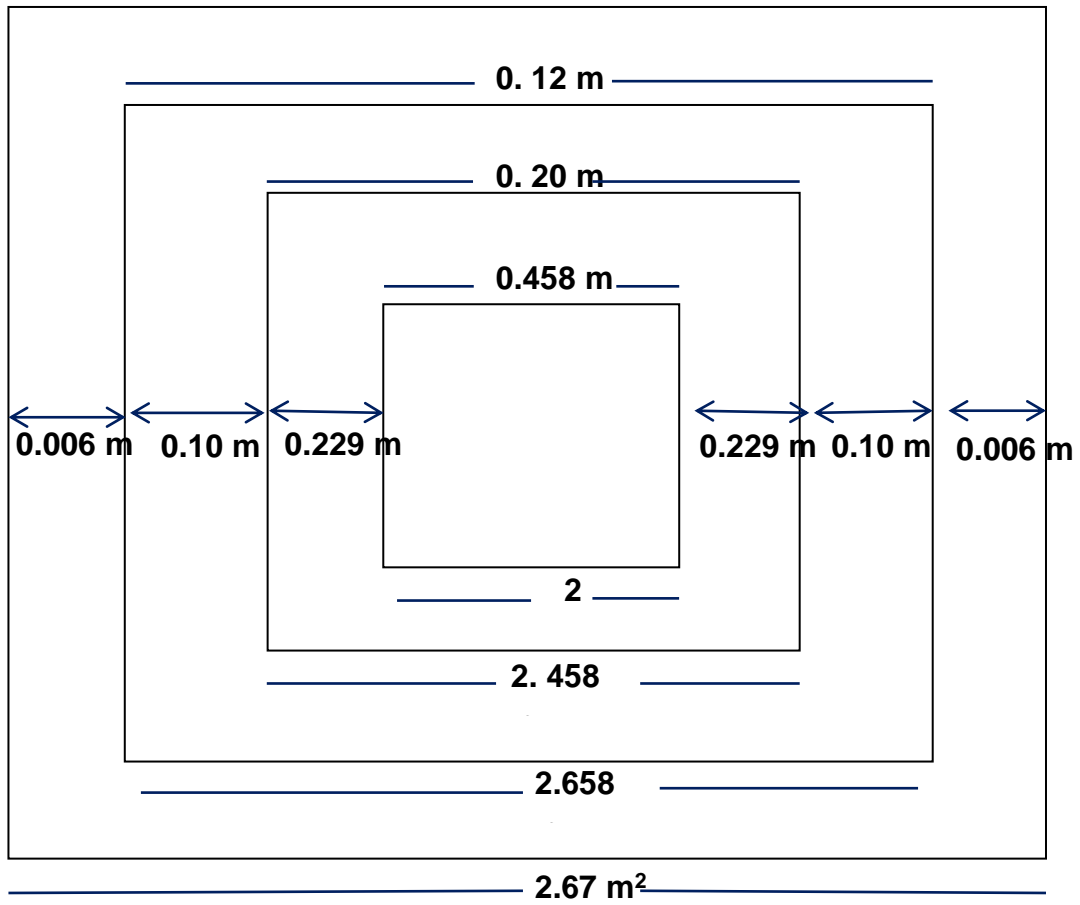
$$685w = \frac{297.3 \text{ }^0k - T4}{2.81 \times 10^{-3}}$$

$$T4 = 295.4 \text{ }^0k$$

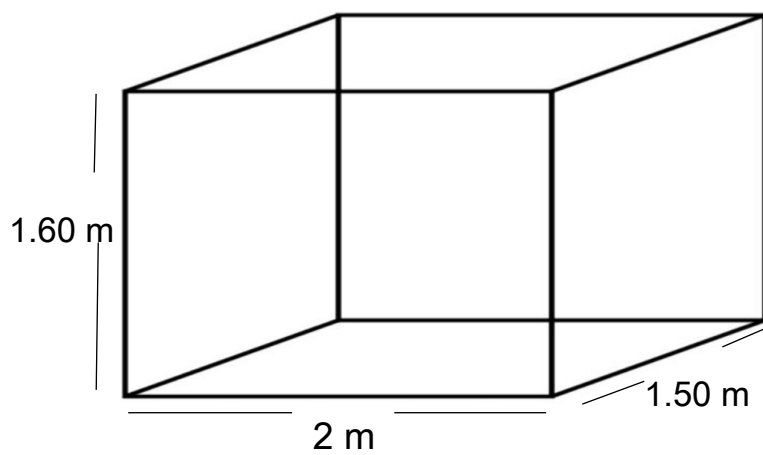


$$T4 = 22.4 \text{ }^0c$$

Medidas en cada pared



Medidas del horno



Procederemos a realizar los cálculos del volumen total del horno, los cuales permitirá continuar con los cálculos del secador.

3.2.4 Cálculos de volúmenes

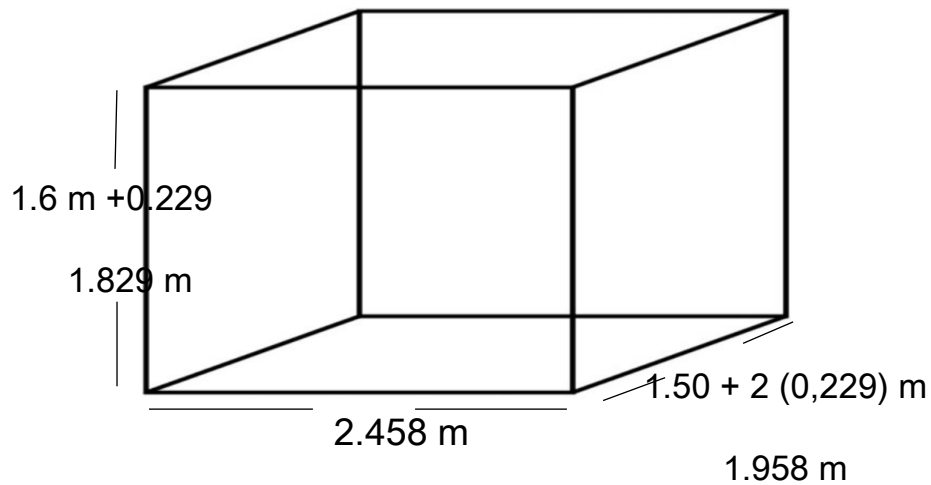
Volumen total del horno:

Cálculo del volumen total del horno.

$$V_h = 2\text{ m} \times 1,60\text{ m} \times 1,50\text{ m} = 4,8\text{ m}^3$$

Volumen de ladrillo refractario

Cálculo de volumen total de la primera pared.



$$V_{LR} = (2,458\text{ m}) \times (1,958\text{ m}) \times (1,829\text{ m})$$

$$V_{LR} = 8,80\text{ m}^3$$

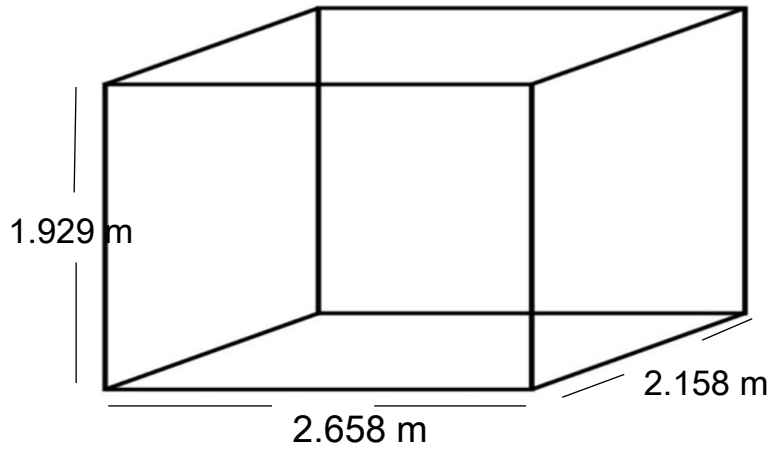
$$V_{LR} = v_2 - v_1$$

$$V_{LR} = 8,80\text{ m}^3 - 4,80\text{ m}^3$$

$$V_{LR} = 4\text{ m}^3$$

Volumen de la fibra de vidrio:

Calculando el volumen total de la segunda pared.



$$V_{FIBRA} = (2,658m) \times (2,158m) \times (1,929m)$$

$$V_{FIBRA} = 11,06 m^3$$

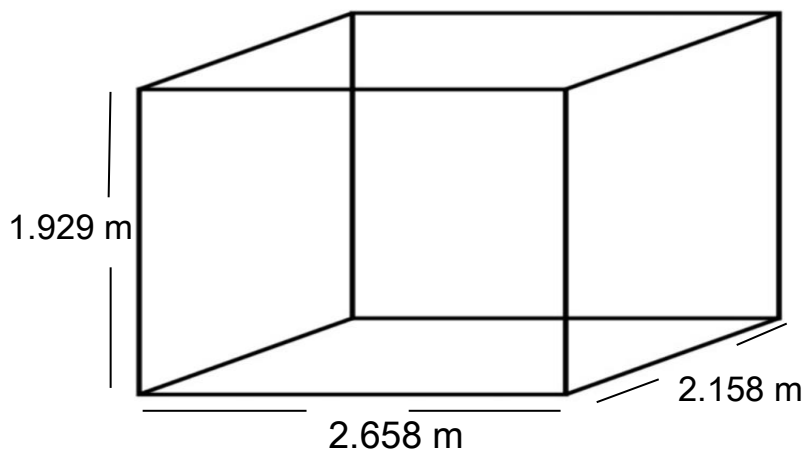
$$V_{FIBRA} = v_3 - v_2$$

$$V_{FIBRA} = 11,06m^3 - 8,8 m^3$$

$$V_{FIBRA} = 2,26 m^3$$

Volumen de la lámina de acero.

Calculando el volumen total de la tercera pared.



$$V_{ACERO} = (1.935m) \times (2.67m) \times (2.17m)$$

$$V_{ACERO} = 11.21m^3$$

$$V_{ACERO} = v_4 - v_3$$

$$V_{ACERO} = 11.21m^3 - 11.06m^3$$

$$V_{ACERO} = 0.15m^3$$

Una vez obtenido el volumen de cada pared, se calculará el calor acumulado:

3.2.5 Cálculo de calor acumulado:

Ladrillo refractario (q k1)

ρ	c_p
80 kg/m^3	$0.96 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

$$Q_{K1} = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$m = \rho \cdot v \quad \Rightarrow \quad 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4m^3$$

$$Q_{K1} = 320 \text{ kg} \cdot 0.96 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{K}} (T_1 - T_0)$$

$$Q_{K1} = 307.2 \frac{\text{J}}{^\circ\text{K}} (442^\circ\text{K} - 295^\circ\text{K})$$

$$Q_{K1} = 145,204.48 \text{ J}$$

Fibra vidrio (q k2)

ρ	c_p
18 kg/m^3	660 kg/m^3

$$m = \rho \cdot v \quad \Rightarrow \quad 18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2.26 m^3$$

$$m = 40.68 \text{ kg}$$

$$Q_{K2} = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q_{k2} = 40.68 \text{ kg} \cdot 660 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}} \cdot (365.8^{\circ}\text{K} - 295^{\circ}\text{K})$$

$$Q_{k2} = 26848 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}} \cdot (70.8^{\circ}\text{K})$$

$$Q_{k2} = 1,900895 \text{ J}$$

Lámina acero (q k3)

ρ	c_p
7830 kg/m^3	$460 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$

$$m = \rho \cdot v \quad 7830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.15 \text{ m}^3$$

$$m = 1174 \text{ kg}$$

$$Q_{k3} = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q_{k3} = 1174 \text{ kg} \cdot 460 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}} \cdot (T_3 - T_0)$$

$$Q_{k3} = 540040 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}} \cdot (296.35^{\circ}\text{K} - 295^{\circ}\text{K})$$

$$Q_{k3} = 729,054 \text{ J}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 45,204.48 \text{ J} + 1,900895 \text{ J} + 729,054 \text{ J}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 2,675153 \text{ J}$$

El total del calor acumulado se está dividiendo entre el tiempo que tardará en calentar el horno.

Cálculo del calor acumulado durante 10 min.

$$Q_{\text{pared}} = \frac{2,675153 \text{ J}}{30 \times 60}$$

$$Q_{\text{pared}} = 1,486 \text{ W}$$

Se extrajo el dato del peso del motor de la placa de características, para proceder a realizar el cálculo correspondiente.

3.2.6 Cálculo de calor de carga.

$$Q \text{ carga} = (m \cdot cp \cdot \Delta T)$$

$$Q \text{ carga} = 780 \text{ kg} \left(0.09 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) (180^\circ - 22^\circ)$$

$$Q \text{ carga} = 11091 \text{ kcal}$$

Con el dato del calor de la carga lo convertiremos de kcal a w.

El total del calor acumulado se está dividiendo entre el tiempo de trabajo el horno.

$$Q \text{ carga} = \frac{11091 \text{ kcal}}{4h}$$

$$Q \text{ carga} = 2772.75w$$

3.2.7 Pérdidas de calor total.

La sumatoria de las pérdidas de calor en las paredes, por convección y acumulación en las paredes.

$$Qk \text{ total} = QP + Qcv + Qcarga$$

$$Qk \text{ total} = 685 + 1,486W + 2772.75w$$

$$Qk \text{ total} = 4,943.75w$$

En este caso consideramos un factor de seguridad de 1.3 que nos permitirá dimensionar la potencia del secador

$$P \text{ total} \times fs$$

$$P \text{ total} = 4,943.75w \times 1.2$$

$$P \text{ total} = 5932.5w \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{potencia total}} = 6 \text{ kw}$$

3.2.8 selección de resistencias.

Para seleccionar las resistencias adecuadas debemos de tener en cuenta el tipo de resistencia. En este caso hemos seleccionado las resistencias Kanthal tubulares con conexiones que soportan altas temperaturas. Brinda resistencias de potencias de 1000w y 2000w por lo que consideramos para nuestro proyecto 6 resistencias de 1000 w Kanthal.

Resistencia en forma de M con temperatura de trabajo hasta 200⁰C.

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		WATIOS	W/cm ²	CLASE TÉRMICA CONSTRUCTIV A	PESO (kg)
M6ST1	A 169	B 239	1000	3.6	T-600-S	0.26

3.2.9 Cálculo de intensidad de corriente.

Ya obteniendo los datos de las resistencias nos permitirá realizar el cálculo para hallar la intensidad de corriente en las líneas.

$$I L = \frac{PT}{(Vl)(fp)} = \frac{6kw}{(220)x1} = 27.2 A$$

3.2.10 Cálculo resistencia óhmica.

Utilizando la ley de ohm hallaremos la resistencia óhmica.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{27.2} = 8.08\Omega$$

3.2.11 Cálculo para resistencia en caliente y fría.

Hallaremos la resistencia en caliente y fría utilizando la carga específica. $ct=(3.6w/cm2)$.

En caliente

$$RC = R=8.08$$

En frio

$$R20 = \frac{RC}{Ct} = \frac{8.08}{3.6w/cm2} = 61.1\Omega$$

Procederemos a realizar la selección de equipos eléctricos que nos permitirán monitorear de una manera automática el secado de bobinado de motores eléctricos.

Programación del horno eléctrico automático:

Mediante esta programación PLC permitira que el horno tenga una mejor inspección de secado en un determinado tiempo de trabajo, esto lo realizará por medio de los controladores automaticos guiados por el PT100 quien brindará la información de la temperatura de trabajo.

Selección de materiales eléctricos

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de un horno eléctrico de secado de motores, con la instalación de un sistema programable PLC, permitirá controlar los parámetros de temperatura mínimo y máximo, el cual será monitoreado desde una pantalla HMI.

PLCS7 1214DC RCRLY.

Diseño escalable y flexible para adaptarse exactamente a sus requerimientos de aplicación, Comunicación Industrial para satisfacer sus requerimientos de red Tecnología integrada, Diagnóstico para resolver sus tareas de automatización más complejas.

Figura 7. Módulo PLC.



Fuente: Empresa “ANORSAC.”

FUENTE SITOP SMART SA.

Es una potente fuente de alimentación estándar para máquinas e instalaciones automatizadas con electrónica de 12 o 24 V. A pesar de su diseño compacto, ofrece un excelente comportamiento de sobrecarga, puesto que su intensidad nominal, 1,5 veces mayor durante 5 s/min, permite que se conecten sin problemas consumidores de alto consumo. Gracias a su posibilidad de uso permanente del 120% de la potencia nominal, estas fuentes de alimentación estrechas son de las más fiables de su categoría.

Figura 8 .fuente de alimentación 220AC – 24 DC.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

HMI KTP 700 BASIC PN.

Los paneles SIMATIC HMI llevan muchos años dando buenos resultados en las más diversas aplicaciones en todos los sectores. No solo destacan por su innovador diseño y su elevado rendimiento. Una de sus características únicas es la configuración con SIMATIC WinCC desde el TIA Portal, que brinda a los usuarios una eficiencia energética desconocida hasta el momento.

Figura 9. Pantalla HMI.



Fuente: Empresa “ANORSAC”

MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS 4 A 1.

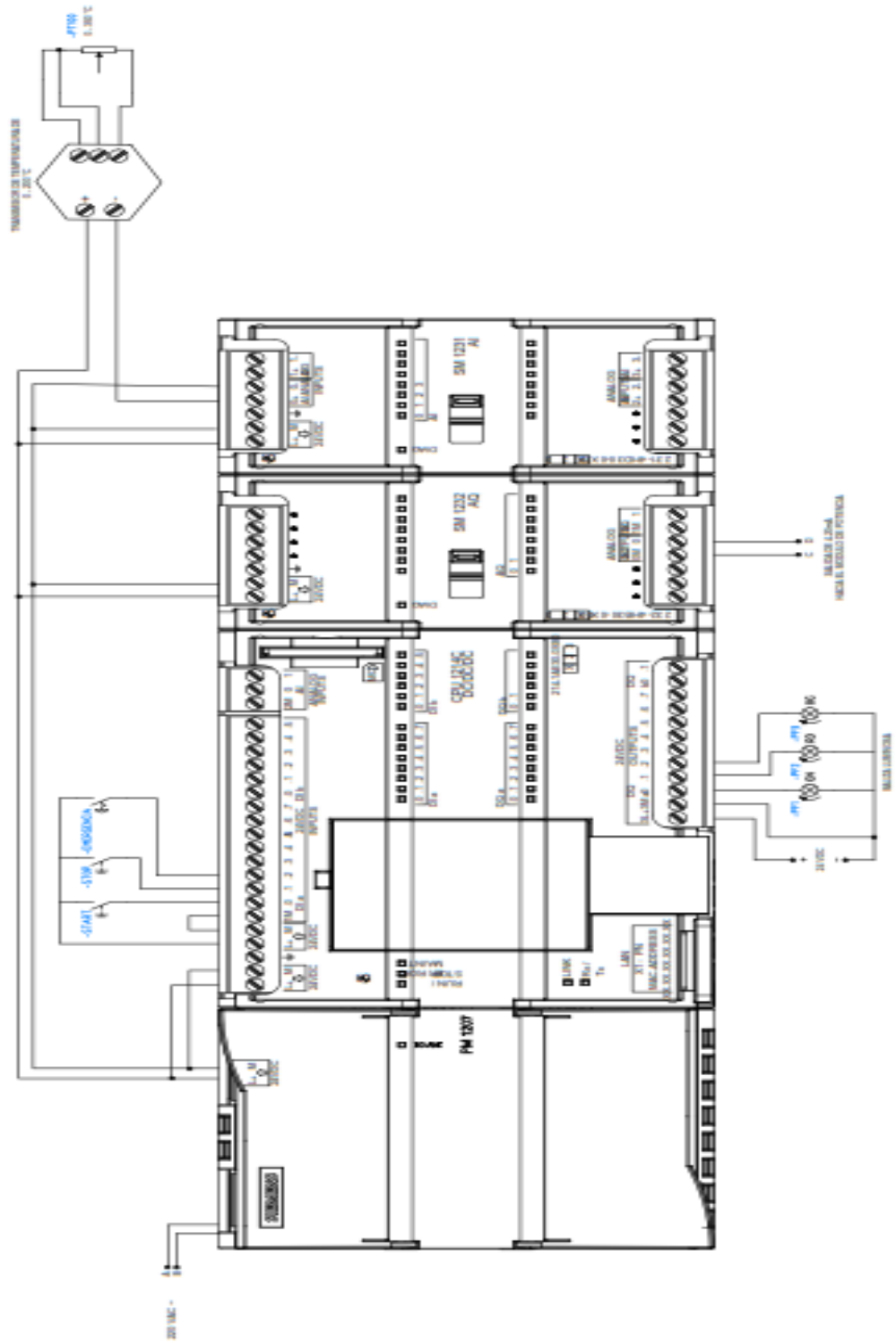
Expansión de la capacidad de la CPU

El S7-1200 ofrece una gran familia de módulos y tarjetas plug-in para la expansión de las capacidades de la CPU. Con interfaces adicionales de E / S y de comunicación, el S7-1200 se puede configurar para adaptarse exactamente a sus requisitos de aplicación.

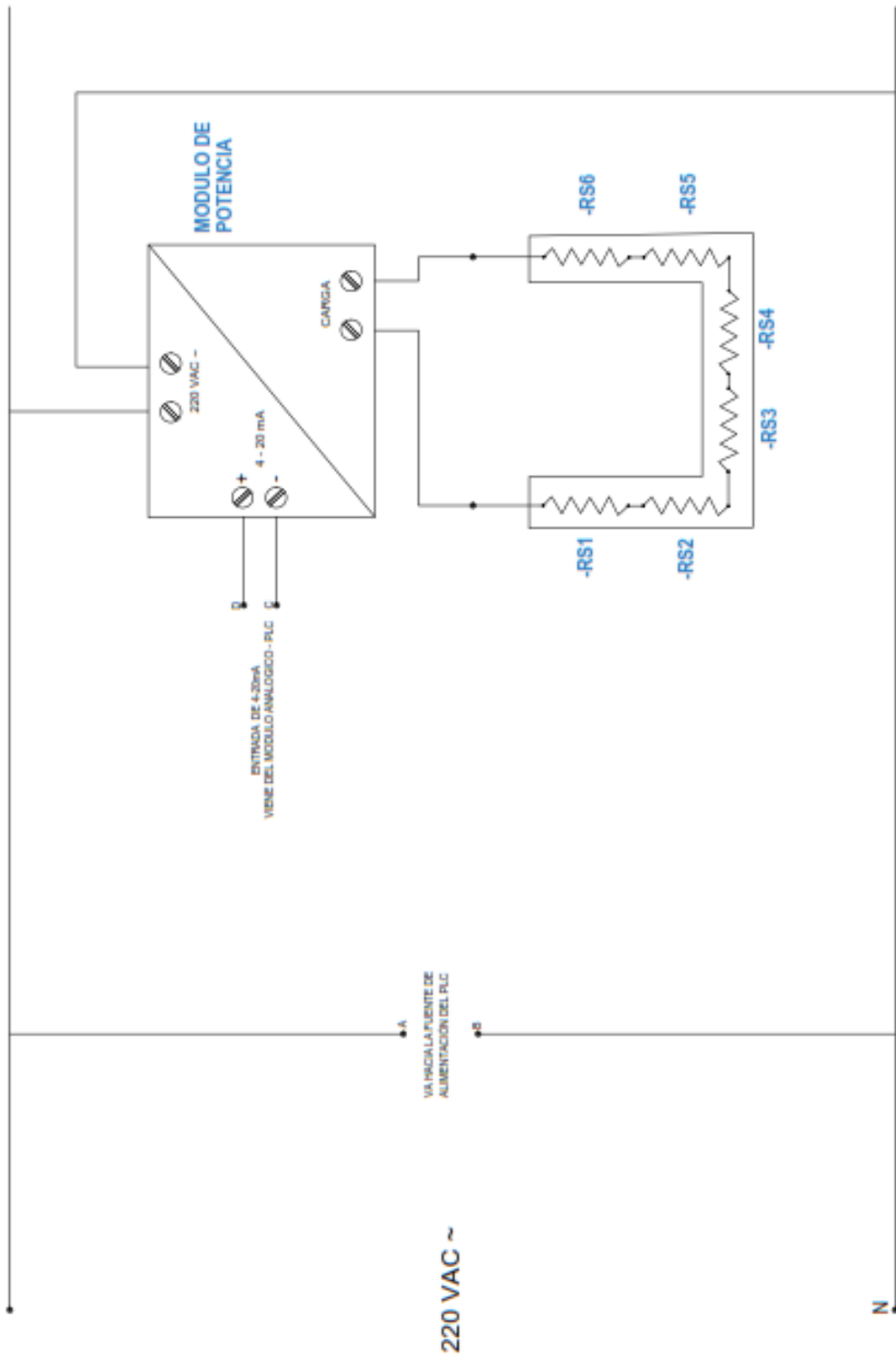
Programación del horno eléctrico.

Totally Integrated Automation Portal					
HORNO ELECTRICO / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa					
Main [OB1]					
Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Numeración	Automático				
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizada		Familia	
Main					
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input					
Initial_Call		Bool			Initial call of this OB
Remanence		Bool			=True, if remanent data are available
Temp					
Constant					
Segmento 1: SELECCION MANUAL Ó AUTOMATICO					
Segmento 2: ARRANQUE MANUAL DEL PROCESO					
Segmento 3: PASE A PROCESO					
Segmento 4: LECTURA DE SENSOR DE TEMPERATURA (TERMOCUPLA + TRANSMISOR) (4-20mA)					

Instalación eléctrica en módulos PLC.



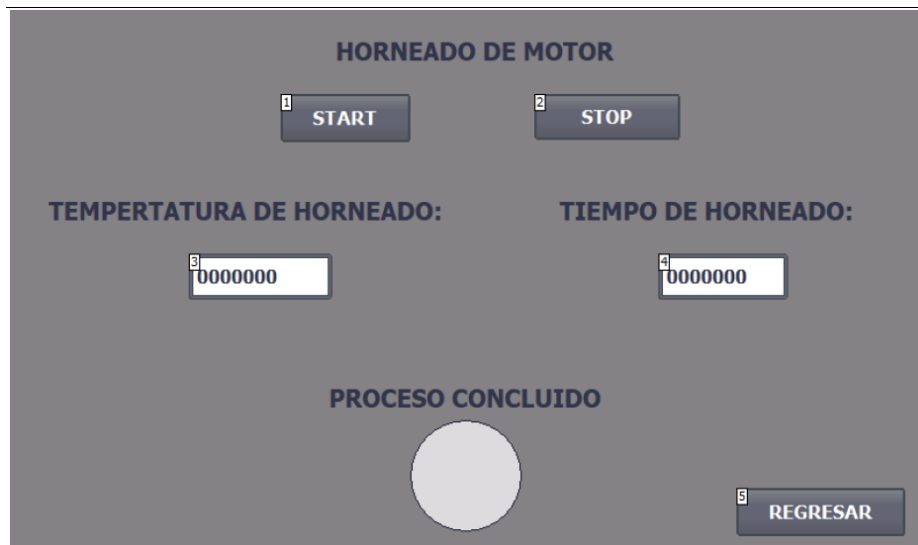
Instalación de resistencias eléctricas.



PANTALLA HMI.

esta pantalla permitirá digitar los parámetros de temperatura, según el tipo de barniz utilizado y el tiempo de trabajo establecido, para ello en la pantalla encontraremos un start el cual brindara el encendido del horno, un stock que permitirá bloquear o apagar el equipo y a la

vez se ingresara también la temperatura de secado y el tiempo de horneado. También en la pantalla se digitará el tiempo concluido de secado el cual será indicado por una lámpara de proceso concluido.



3.3 Evaluación económica del horno TIR-VAN.

Para realizar el análisis o evaluación económico de la propuesta se detalla tanto la inversión inicial del proyecto, los costos del proyecto tanto operativos como de mantenimiento; así como también el tiempo de evaluación de la propuesta.

3.3.1 Inversión inicial del proyecto.

La propuesta de diseño del horno, tiene una inversión inicial que es igual a los costos de todos los materiales de construcción del horno más los elementos eléctricos que forman parte del sistema. A continuación, se detallan dichos costos:

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Ladrillo refractorio 3°	400	S/. 7.35	S/. 2,940.00
Cemento castable	6	S/. 150.42	S/. 902.52
Fibra de vidrio 10*12m (Dolares tc 3.28)	1	\$2,500.00	S/. 8,200.00
láminas de acero 1/4	8	S/. 389.00	S/. 3,112.00
transporte de materiales	1	S/. 180.00	S/. 180.00
montaje	1	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
gastos técnicos de construcción(tornillos , electrodos)	100	S/. 200.00	S/. 20,000.00
Brocas	5	S/. 130.00	S/. 650.00
TOTAL			S/. 37,184.52

ELEMENTOS ELÉCTRICOS

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PLC-S7-1214 DCRLY	1	S/. 2,578.00	S/. 2,578.00
Fuente si top Smart 5A	1	S/. 250.00	S/. 250.00
HMI ktp 700 Basic PN	1	S/. 1,650.00	S/. 5,412.00
Módulo de salidas analógicas	1	S/. 500.00	S/. 500.00
Módulo de entradas analógicas	1	S/. 500.00	S/. 500.00
TOTAL			S/. 9,240.00

Inversión total (materiales de construcción y eléctricos)

S/. 46,424.52

3.3.2 Tiempo de evaluación de la propuesta.

La presente propuesta es evaluada en el periodo de 5 meses, en la cual se proyectará los flujos de caja.

3.3.3 Costos del proyecto.

COSTOS OPERATIVOS		
MANO DE OBRA	S/. 1,200.00	
AGUA	S/. 100.00	
LUZ	S/. 30.00	
TOTAL	S/. 1,330.00	
COSTOS DE MANTENIMIENTO		
MANO DE OBRA	S/. 500.00	
AGUA	S/. 80.00	
LUZ	S/. 30.00	
TOTAL	S/. 610.00	
COST. OPERAT+ COST MANT		S/. 1,940.00

Costos por servicio de secado.

MOTORES	UNID	PRECIO
05---60 HP	1	S/. 300.00
60-----100 HP	1	S/. 700.00
100---250 HP	1	S/. 1,500.00
250---400 HP	1	S/. 1,700.00
TOTAL	4	S/. 4,200.00

3.3.4 Flujo de Caja proyectado.

Una vez obtenido los costos de la inversión inicial, los costos del proyecto (C.operativos+ Mantenimiento), el tiempo de evaluación de la propuesta y los costos por servicio de secado; obtenemos el cuadro resumen que servirá para realizar el flujo de caja proyectado; hay que tener en cuenta que los ingresos se han obtenido de la producción por el precio de los motores y que el flujo de caja para cada mes se obtiene restando los ingresos menos los costos.

CUADRO RESUMEN	
INV.INICIAL	S/. 46,425
PRODUCCIÓN (MOTORES UNID)	4
PRECIO(MOTORES)	S/. 4,200
COSTOS(C.O+C.M)	S/. 1,940.00
PERIODOS MESES	5

Flujo de caja proyectado						
periodo	0	1	2	3	4	5
ingresos		16800	16800	16800	16800	16800
costos		1,940	1,940	1,940	1,940	1,940
inversión	46,425					
flujo de caja		14,860	14,860	14,860	14,860	14,860

3.3.5 Cálculo de las variables económicas.

Análisis del VAN Y TIR.

Para poder analizar el Valor Actual de Retorno (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) se debe tener en cuenta el monto de la inversión inicial del proyecto y además considerar un período proyectado; en este caso proyectaremos a 5 meses.

A continuación, se calcula el VAN.

VAN

$$VAN = -A + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} + \frac{F3}{(1+i)^3} + \frac{F4}{(1+i)^4} + \frac{F5}{(1+i)^5}$$

Dónde:

A: Inversión inicial (en negativo)

F1, F2, F3, F4, F5: Flujo neto de caja que se presenta cada mes.

i: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de **12 %**

Entonces reemplazando los datos tenemos:

$$VAN = -46425 + \frac{14,860}{(1+12\%)^1} + \frac{14,860}{(1+12\%)^2} + \frac{14,860}{(1+12\%)^3} + \frac{14,860}{(1+12\%)^4} + \frac{14,860}{(1+12\%)^5}$$

$$VAN = 7,142.45$$

T.I.R

$$0 = -A + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} + \frac{F3}{(1+i)^3} + \frac{F4}{(1+i)^4} + \frac{F5}{(1+i)^5}$$

Dónde:

A: Inversión inicial (en negativo)

F1, F2, F3, F4, F5: Flujo neto de caja que se presenta cada mes.

i: Tasa interna equivalente para mi proyecto.

Entonces reemplazando los datos tenemos:

$$0 = -46425 + \frac{14,860}{(1+i)^1} + \frac{14860}{(1+i)^2} + \frac{14860}{(1+i)^3} + \frac{14860}{(1+i)^4} + \frac{14860}{(1+i)^5}$$

$$TIR = 18 \%$$

3.3.6 Relación Beneficio Costo (B/C).

$$B/C = \frac{46,425 + 7,142.45}{46,425}$$

$$\frac{B}{C} = 1.15$$

Este indicador muestra que el proyecto es beneficios 1.15 veces con respecto al costo (inversión), por lo cual también resulta atractivo la ejecución del proyecto del diseño del horno.

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación muestra resultados que deben analizarse de manera minuciosa, para establecer una crítica que viabilice de manera técnica, económica y ambiental el proyecto de investigación:

- Ambiente de trabajo, no es el adecuado para realizar este tipo de labor ya que intervienen diversos factores, (humedad, polvo, grasas y algunos otros agentes) que hacen que el rebobinado no sea confiable en su funcionamiento y no cumpla parámetros específicos además; la forma del secado que se realiza no permite promover la reacción química de solidificación del barniz en las bobinas, ya que tanto las ampollas como la estructura que lo protege no son las adecuadas para realizar un secado, también se puede analizar que el personal que realiza el trabajo no cuenta con los implemento de seguridad adecuados para realizar el rebobinado y secado de motores.
- La capacidad de los motores permite determinar el tamaño de bobinas para realizar el secado adecuado de cada uno de ellos; el barniz aislante es un elemento muy importante para el rebobinado de motores porque tiene establecido los parámetros de secado para cada uno de ellos en tiempos determinados.
- se puede observar que, en el área de rebobinados, emplean un solo tipo de barniz, lo cual no es lo adecuado ya que los motores eléctricos cuentan con una placa de características que determinan la clase de aislamiento que deberían utilizar para el barnizado del bobinado.

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó el diagnóstico del proceso actual del secado del bobinado de motores en la empresa azucarera del norte S.A.C. donde se pudo observar que la Forma del secado que se realiza no permite promover la reacción química de solidificación del barniz en las bobinas ya que tanto las ampollas como la estructura que lo protege no son las adecuadas para realizar un secado. Además, al realizar un seguimiento constante, determinamos que no se respeta los tiempos establecidos de secado según tipo de barniz; ya que en los Tiempos para realizar un secado se debe tener en cuenta las condiciones del fabricante de barniz o resina según la clase de aislamiento y temperatura de secado.
2. Se obtuvo las diferentes características de bobinado de motores, como también los parámetros de secado , donde se determinó que los motores según su potencia y tipo de trabajo tienen diferentes tipos de bobinado , lo cual le permite utilizar el barniz correcto y la temperatura adecuada para cada secado, utilizando el barniz adecuado en cada uno de los motores según su placa de características; permitirá brindar un mejor aislamiento en el bobinado y cumplir con los parámetros establecidos (con el megometros); además se determinó que las temperaturas de trabajo son de 155°C a 180°C .
3. Se dimensionó los diferentes equipos electromecánicos empleando la ley de la termodinámica; brindando los resultados de temperatura en cada pared del horno (T1, T2, T3, T4); así como también el calor acumulado, el calor de la carga la potencia total del horno y la resistencia de trabajo; también se seleccionó los equipos eléctricos que brindaran el monitoreo automático del horno.
4. La tasa interna de retorno del proyecto es de 18%, el valor actual neto es de 7,142.45 Nuevos Soles, y la relación beneficio costo de 1,15; estos indicadores muestran que existe una viabilidad económica para la ejecución del proyecto, que finalmente beneficiará a la empresa.

VI. RECOMENDACIONES

- Es recomendable trabajar en un ambiente adecuado (seco, libre de contaminaciones, etc.); donde solo se realice este tipo de trabajo. Además, es recomendable que el personal que realiza el trabajo utilice los implementos de seguridad adecuados para realizar este tipo de actividad; cabe indicar que los tiempos de secado deben de cumplirse según el tipo de aislamiento que se utilice.
- Los motores eléctricos según su capacidad y tipo de trabajo tienen diferentes tamaños de bobinado por lo que es recomendable utilicen el barniz según se placa de características, luego determinar los tiempos de secado según el tipo de barniz.
- Se recomienda diseñar el horno, el cual trabajara en temperaturas de 155° y 180°, permitiendo que el secado de bobinado optimice los tiempos perdidos causados por los mismos, a la vez obtener también una mejor penetración y solidificación del barniz en el bobinado.

REFERENCIAS

Benites.E , Llanos.A. (2017). *Diseño e implementación de un secado electrico automatico de aire forzado para el secado de los bobinados de los motores para el taller de rebobinaje tauros en la cuidada de Machachi*. Ecuador.

Burgos y Olivares. (2016). Diseño, de optimizacion y construcción de un horno de recalentamiento utilizando resistencias electricas y el software solidwork. Perú.

Cengel, Y. (2007). *transferencia de calor y masa*. Mexico: Mcgraw -Hill.

cengel, y. (2007). *Trasferencia de calor y masa*. México: Mac Graw Hill.

Flores.L,Portillo,R. (2013). Propuesta nacional de estandar para la reparación y rebobinado de motores eléctricos . El salvador.

García, C. (1987). *Termodinamica tècnica* (4ta ed.). Buenos Aires: Alsina.

motortico. (2014). Limpieza y re-barnizado de bobinados. 3. Costa Rica.

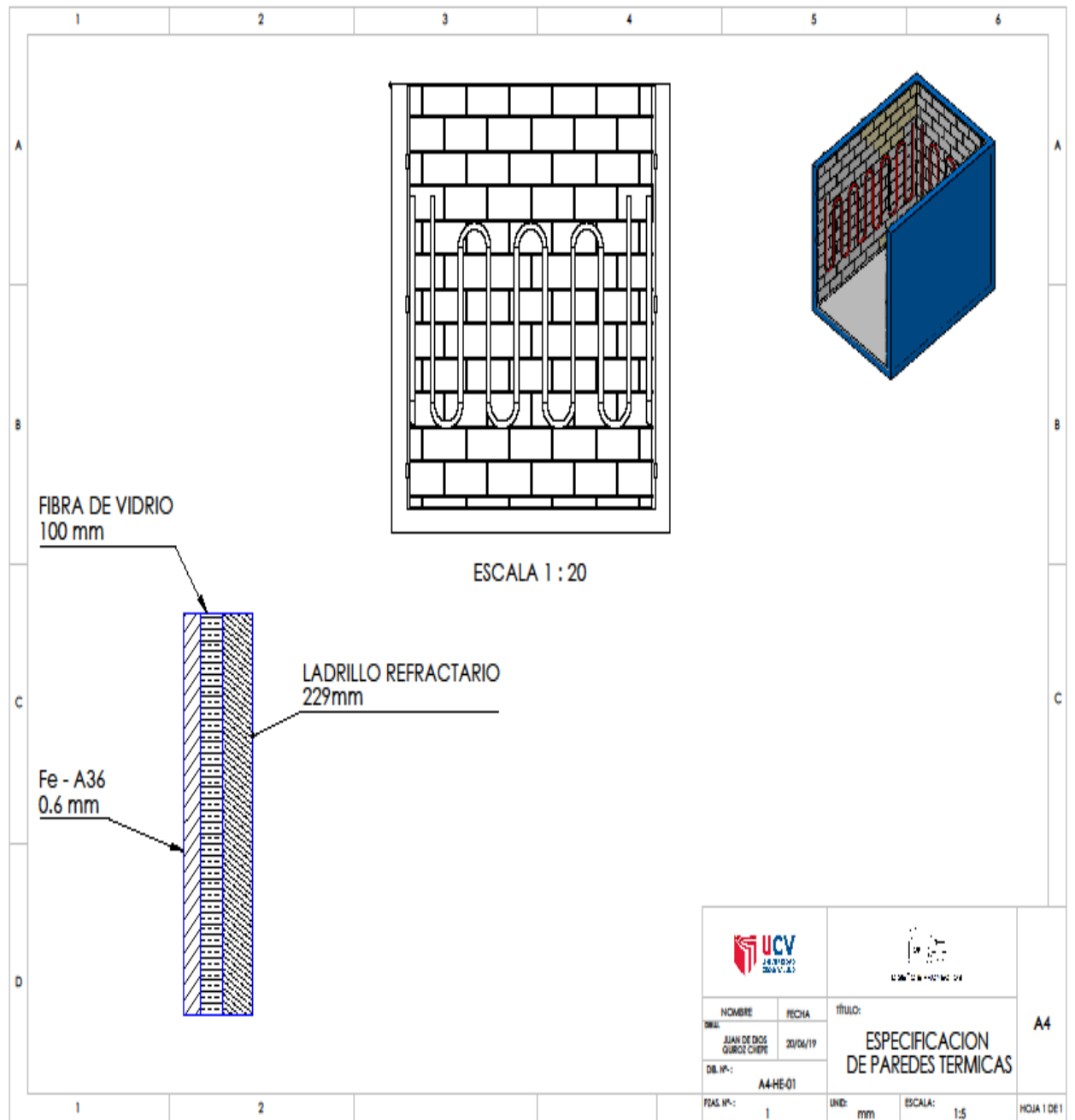
Nogales.V ,Tapia.F. (2018). *Automatización de un horno electrico industrial para el secado y el deprendimiento del barniz en bobinados para la empresa Malemec S.A*. Quito.

Palma.J, Portillo.T. (2017). *Diagnostico del estado actual del sector reparacion y rebobinado de motores*. El salvador.

Pillajo.B, Romero,F. (2016). Diseño y construcción de un horno calentado por resistencias electricas que trabaje en un rango de temperatura entre 1000 a 1300 grados centigrados y controlados por un sistema computarizado. Quito.

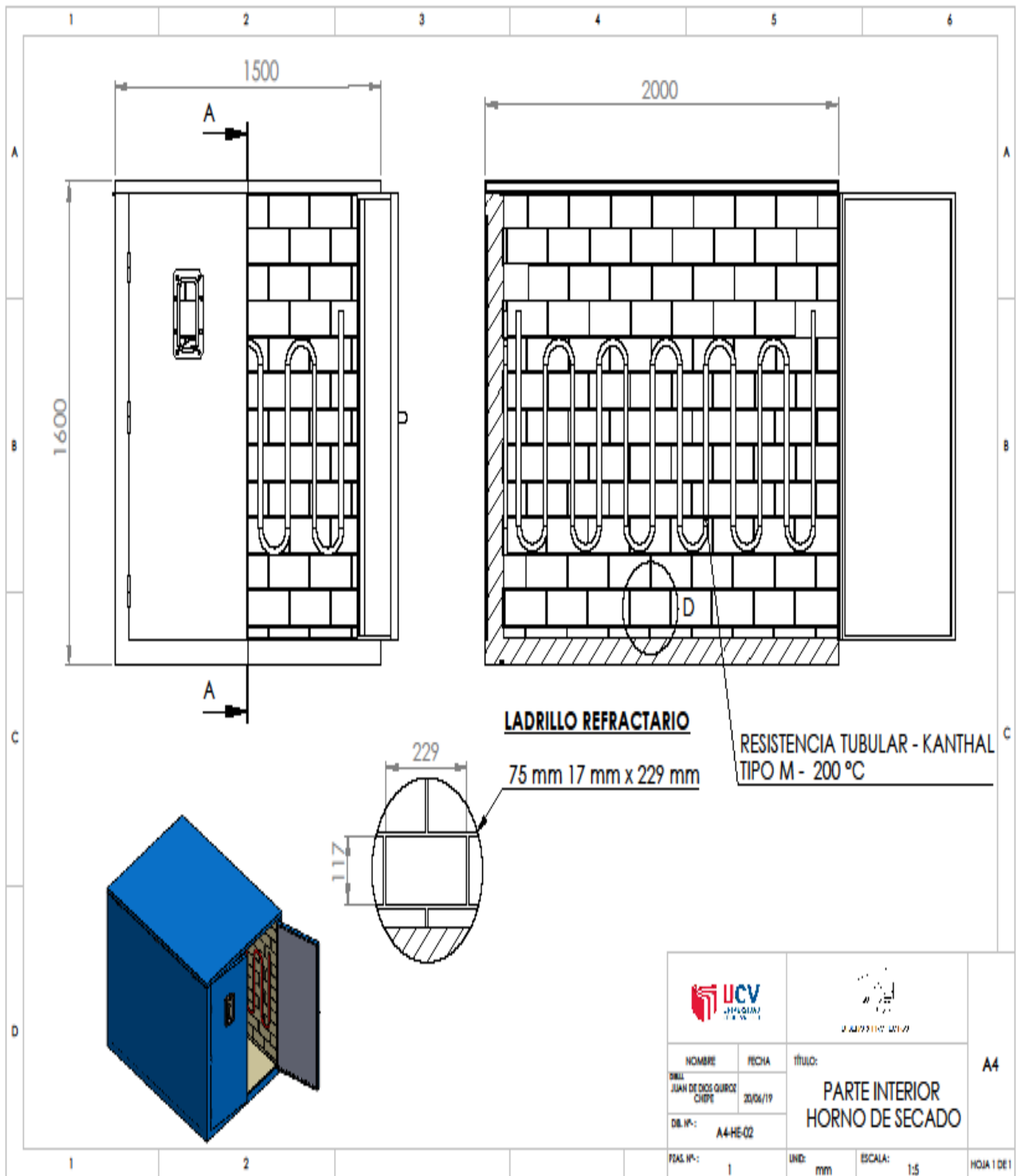
ANEXOS.

Anexo 01: especificación de las paredes térmicas.



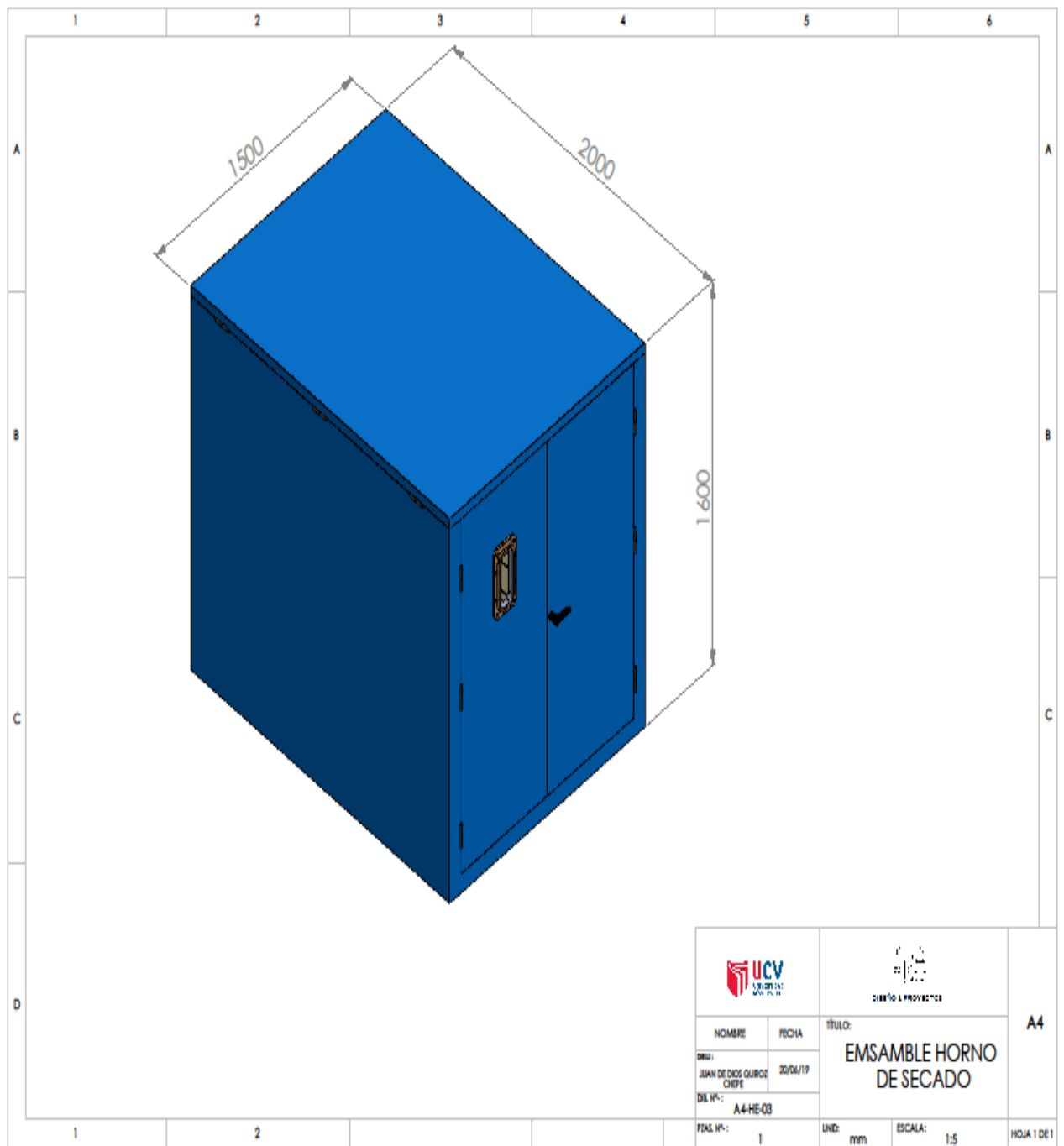
Fuente: elaboración propia.

Anexo 02: Parte interior del horno con las resistencias instaladas.



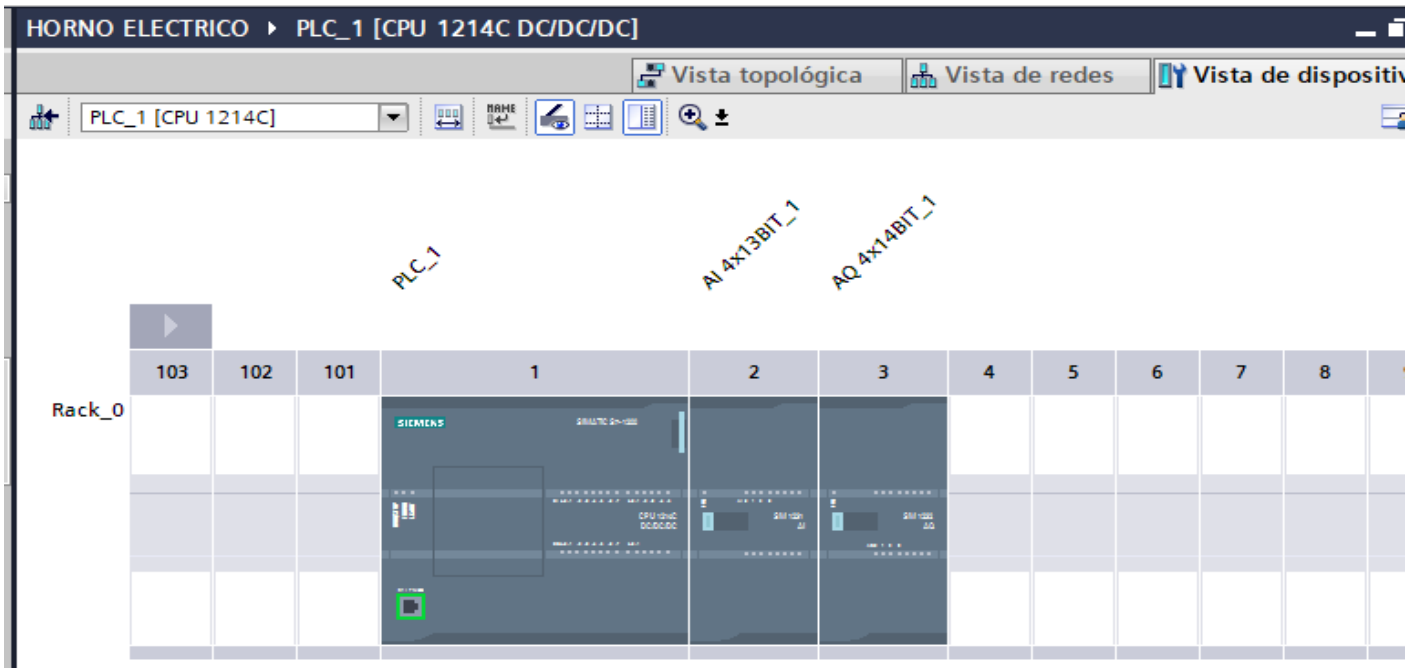
Fuente: elaboración propia.

Anexo 03: Estructura final del horno.



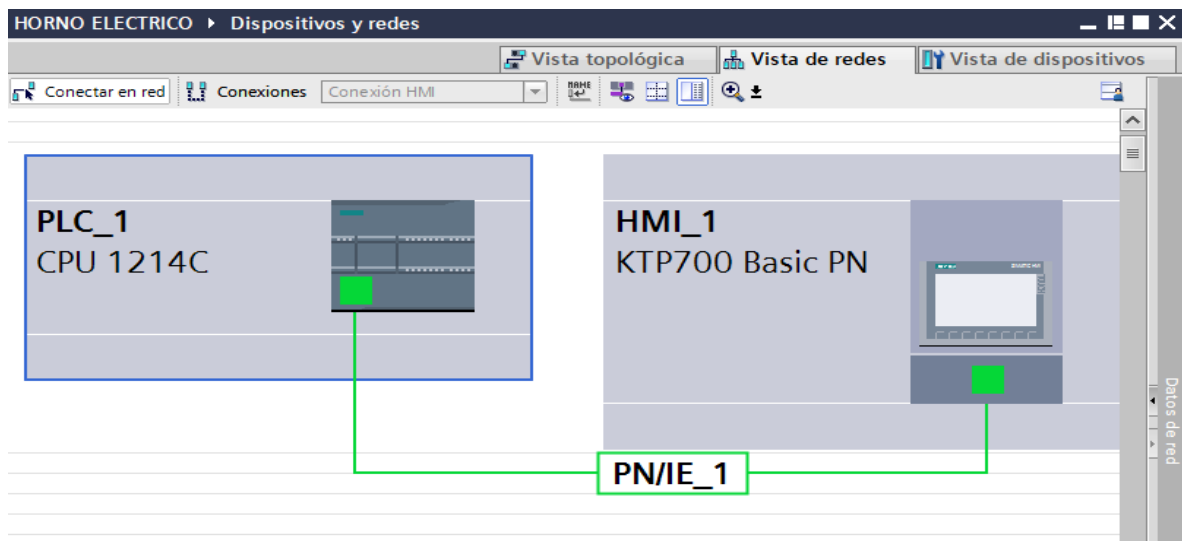
Fuente: elaboración propia.

Anexo 04: Vista de dispositivo del PLC y sus módulos:



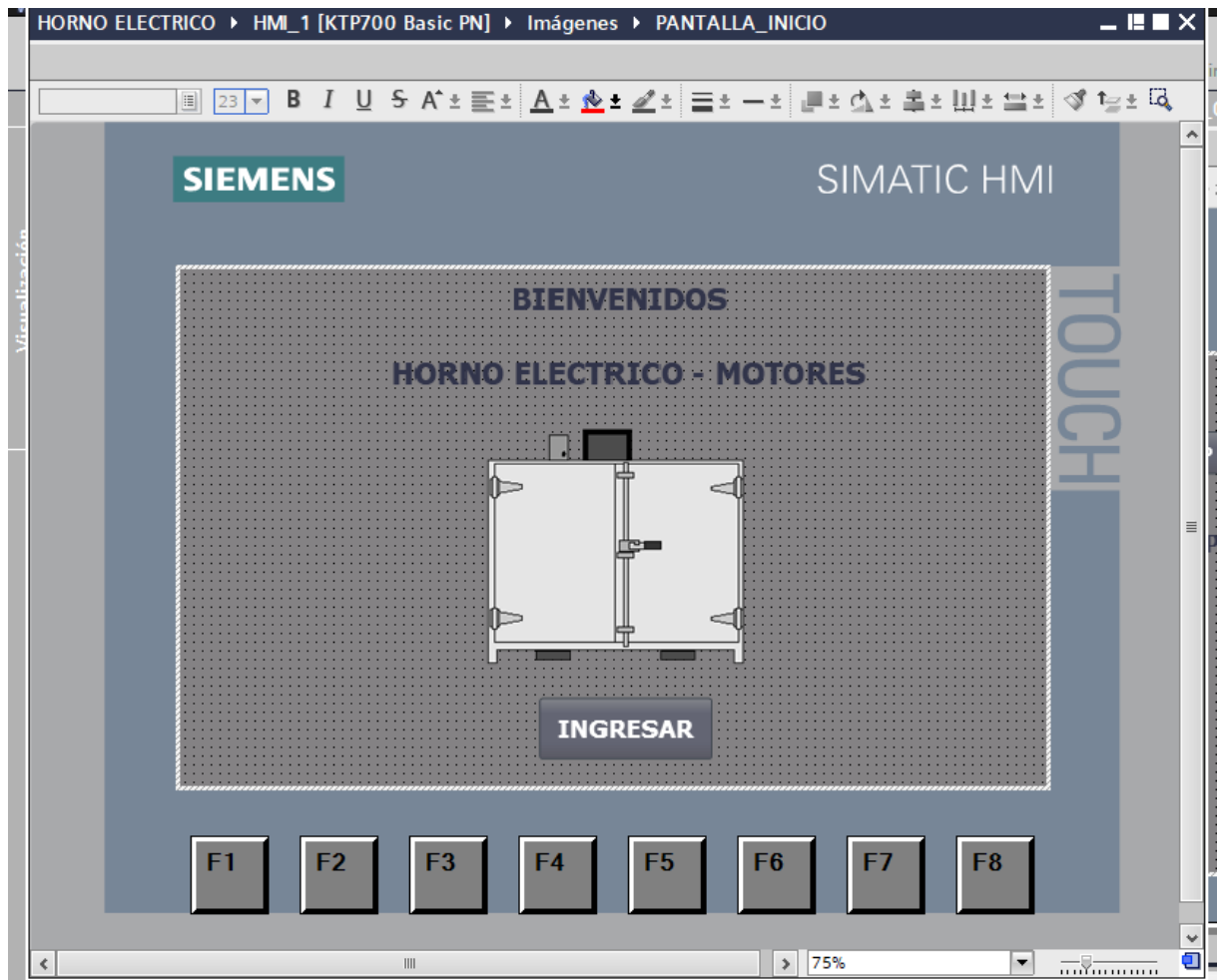
Fuente: Fuente: elaboración propia.

Anexo 05: Vista de redes del PLC conectado al HMI.



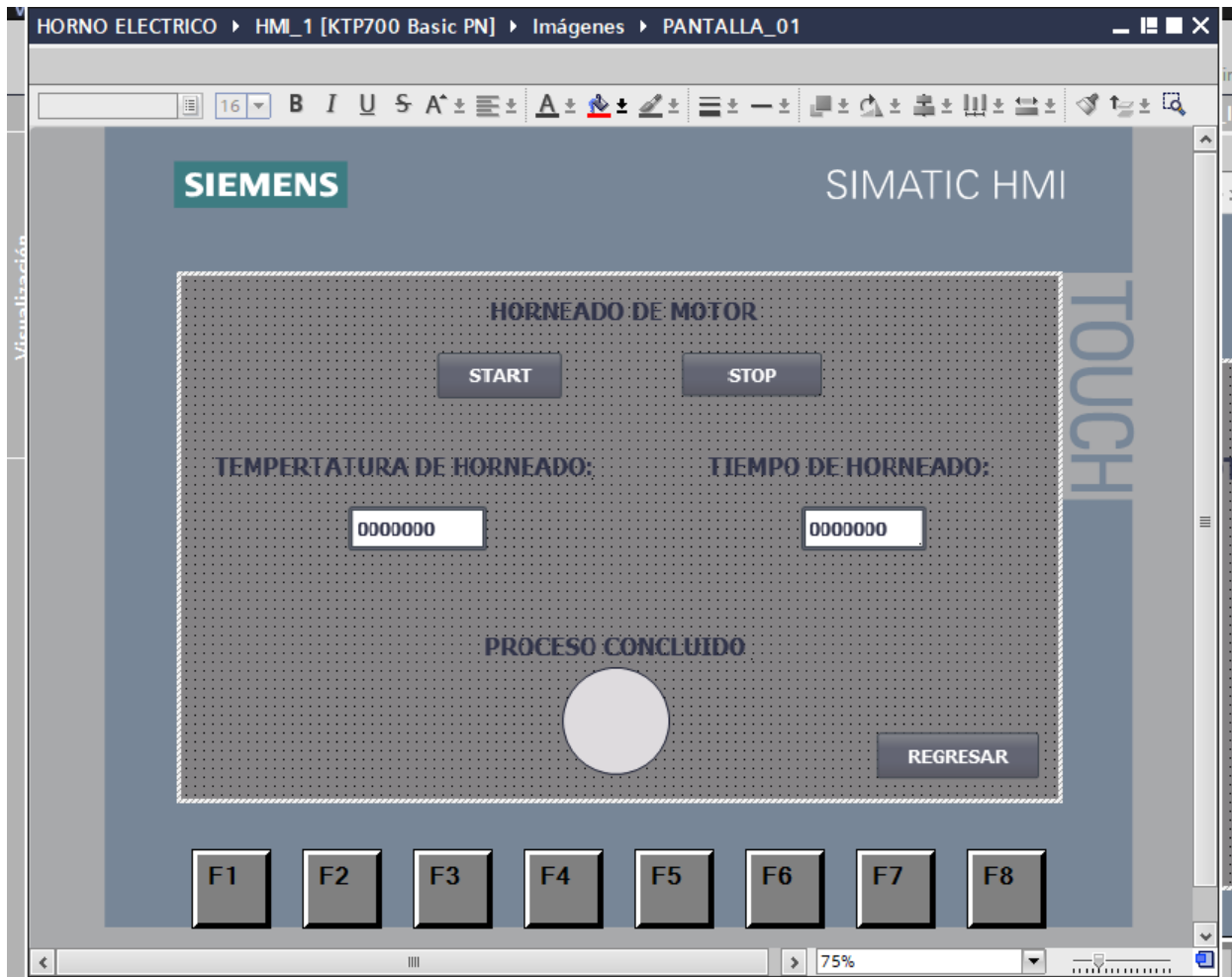
Fuente: Fuente: elaboración propia.

Anexo 6. Vista de pantallas de HMI KTP 700 BASIC.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 7 Vista de pantallas de HMI KTP 700 BASIC.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 08. Tabla de propiedades de los materiales

DE CONSTRUCCION Y AISLANTES

MATERIAL	Temperatura °C	Densidad ρ kg m ³	Calor específico c_p Joules kg°K	Cond. térmica k W m°K	Difusiv. térmica $\alpha \times 10^5$ m ² seg
Amianto	20	383	816	0,113	0,036
Asfalto	20-55	2120		0,74-0,76	
Baquelita	20	1270		0,233	
Ladrillo común	20	1800	840	0,38-0,52	0,028-0,034
Ladrillo de carborundum (50% SiC)	20	2200		5,820	
Ladrillo de carborundum	600			18,5	
	1400			11,1	
Ladrillo de magnesita (50% MgO)	20	2000		2,680	
	200		1,13	3,81	
	650			2,77	
	1200			1,9	
Ladrillo de mampostería	20	1700	837	0,658	0,046
Ladrillo de sílice (95% SiO ₂)	20	1900		1,070	
Ladrillo de circonio (62% ZrO ₂)	20	3600		2,440	
Ladrillo al cromo	200	3000	0,84	2,32	0,092
	550			2,47	0,098
	900			1,99	0,079
Arcilla refractaria, cocida a 1330°	500	2000	0,96	1,04	0,054
	800			1,07	
	1100			1,09	
Arcilla refractaria, cocida a 1450°	500	2300	0,96	1,28	0,04
	800			1,37	
	1100			1,4	
Cartón	20			0,14-0,35	
Cemento (duro)	20			1,047	
Arcilla (48,7% humedad)	20	1545	880	1,260	0,101
Carbón, (antracita)	20	1370	1260	0,238	0,013-0,015
Hormigón (seco)	20	500	837	0,128	0,049
Corcho (tableros)	20	120	1880	0,042	0,015-0,044
Corcho (expandido)	20	120		0,036	
Tierra de diatomeas	20	466	879	0,126	0,031
Tierra arcillosa (28% humedad)	20	1500		1,510	
Tierra arenosa (8% humedad)	20	1500		1,050	
Fibra de vidrio	20	220		0,035	
Vidrio, (ventanas)	20	2800	800	0,810	0,034
Vidrio, (lana de)	20	100		0,036	
	20	200	670	0,040	0,028
Granito	20	2750		3,000	
Hielo (0°C)	20	913	1830	2,220	0,124
Linóleo	20	535		0,081	

Anexo 09. Tabla de conductividad térmica

Material	λ W/(m·K)	Material	λ W/(m·K)
Acero	47 - 58	Hielo	2
Acero inoxidable	12 - 45	Hierro	80,2
Agua	0,58	Hormigón	1,7
Aire	0,025	Ladrillo	0,80
Alcohol	0,16	Ladrillo refractario	0,47 - 1,05
Alpaca	29,1	Latón	81 - 116
Aluminio puro	237	Litio	301,2
Amianto	0,04	Madera	0,04 - 0,4
Bronce	116 - 186	Mercurio	83,7
Caucho	0,16	Mica	0,35
Cemento Portland	0,29	Níquel	52,3
Cinc	106 - 140	Oro	318
Cobre	401	Parafina	0,21
Corcho	0.03 - 0.04	Piedra arenisca	2.4

Anexo 10. Tabla de ladrillo refractario

a. SCHEMIN STANDARD



Ladrillos	Largo (A)		Alto (B)		Espesor (C)	
	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
Standard 2.1/2"	229	9"	114	4.1/2"	63	2.1/2"
Standard 3"	229	9"	114	4.1/2"	76	3"

Planchas Delgadas LAC



Planchas de acero laminadas en caliente con bordes de laminación, de espesores menores que 4.75 mm.

DIMENSIONES NOMINALES (1)	
Calidad Comercial PDLAC 1011 TB (mm)	Calidad Estructural PDLAC A36 (mm)
1.8 x 1,000 x 2,400	3.0 x 1,500 x 6,000
1.9 x 1,000 x 2,400	4.0 x 1,500 x 6,000
2.0 x 1,100 x 2,400	4.5 x 1,200 x 2,400
2.0 x 1,200 x 2,400	4.5 x 1,200 x 6,000
2.2 x 1,200 x 2,400	4.5 x 1,500 x 6,000
2.3 x 1,200 x 2,400	
2.4 x 1,200 x 2,400	
2.5 x 12,00 x 2,400	
2.8 x 1,200 x 2,400	
2.9 x 1,200 x 2,400	
3.0 x 1,200 x 2,400	
4.0 x 1,200 x 2,400	
4.4 x 1,200 x 2,400	

NORMAS TÉCNICAS:

Comercial : ASTM A1011 TB

Estructural : ASTM A36

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Comercial:

Límite de Fluencia mínimo = 2,110 - 3,510 kg/cm² (*)

Alargamiento en 50 mm = 25.0 % mínimo (*)

Doblado = a 180°

Estructural

Límite de Fluencia mínimo = 2,550 kg/cm² (*)

Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,610 kg/cm²

Alargamiento en 50 mm = 20.0 % mínimo

Doblado = a 180° (opcional).

Diámetro Pin = 3e. Sentido Laminación

(*) Referencial

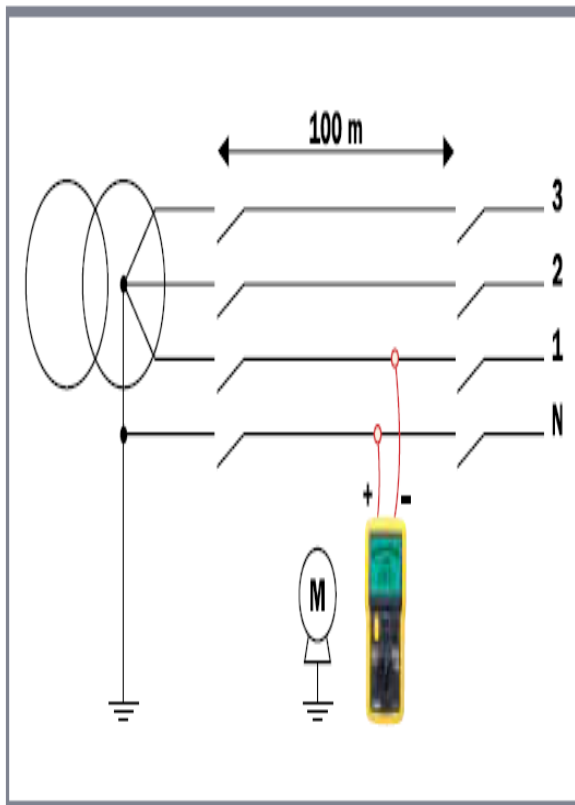
(1) Previa consulta y a pedido, también se suministra en otras longitudes.

USOS:

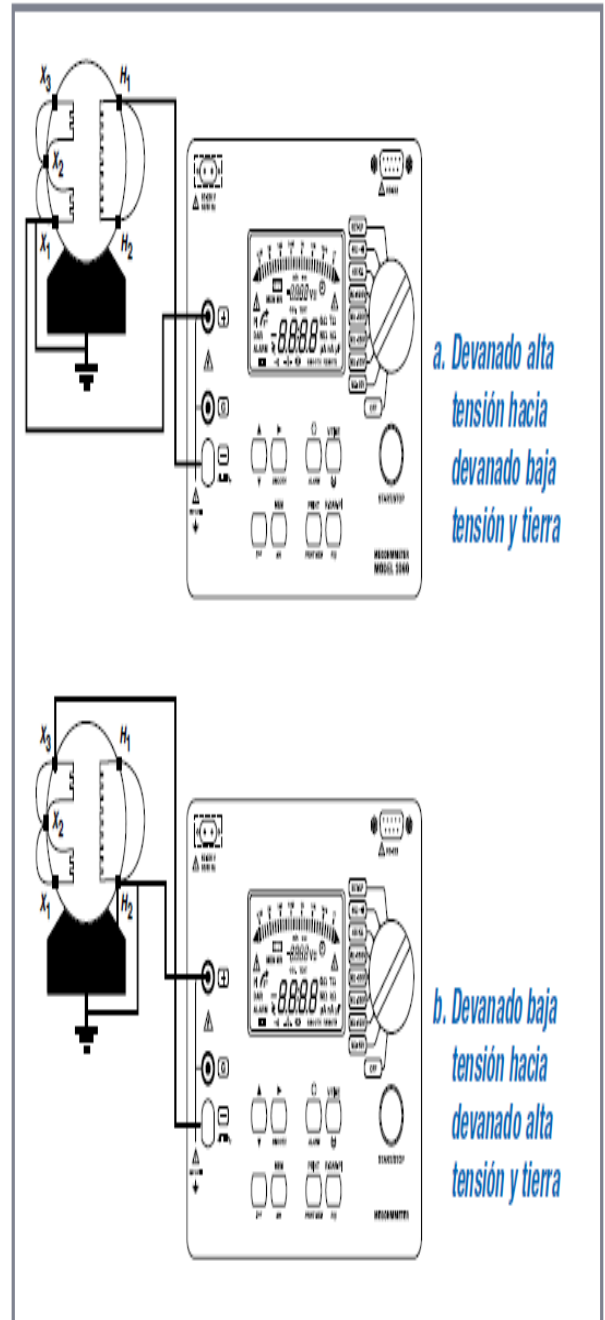
Construcción de silos, embarcaciones pesqueras, vagones, estructuras y usos en general.

Algunos ejemplos de prueba de aislamiento

■ Medición de aislamiento en una instalación eléctrica



■ Medición de aislamiento sobre un transformador



Anexo 13. Tipos de instrumentos megometros



	IMEG 500N C.A 6501	IMEG 1000N C.A 6503	C.A 6511	C.A 6513	C.A 6521	C.A 6523	C.A 6525	C.A 6531	C.A 6533	C.A 6541	C.A 6543	C.A 6505	C.A 6545	C.A 6547	C.A 6549
Tensión de ensayo (V)															
50 V								●	●	●	●	●	●	●	●
100 V								●	●	●	●	●	●	●	●
250 V		●			●		●		●	●	●	●	●	●	●
500 V	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
1000 V		●		●		●	●			●	●	●	●	●	●
2500 V												●	●	●	●
5000 V												●	●	●	●
Aislamiento máx. medido															
200 MΩ	●														
400 MΩ								●							