



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA EL MONTAJE
DE RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS DE 100 MM DE
DIÁMETRO EXTERNO MEDIANTE DILATACIÓN TÉRMICA
PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO
CORRECTIVO.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

BRYAN ALEXANDER QUISNIA TIERRA

ELIZABETH JULISSA SORIA CUENCA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA EL MONTAJE
DE RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS DE 100 MM DE
DIÁMETRO EXTERNO MEDIANTE DILATACIÓN TÉRMICA
PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO
CORRECTIVO.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: BRYAN ALEXANDER QUISNIA TIERRA

ELIZABETH JULISSA SORIA CUENCA

DIRECTOR: Ing. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Bryan Alexander Quisnia Tierra & Elizabeth Julissa Soria Cuenca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Bryan Alexander Quisnia Tierra y Elizabeth Julissa Soria Cuenca, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de diciembre de 2023.



Bryan Alexander Quisnia Tierra
C.I. 0705871671



Elizabeth Julissa Soria Cuenca
C.I. 0605023233

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**IMPLEMENTACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA EL MONTAJE DE RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS DE 100 MM DE DIÁMETRO EXTERNO MEDIANTE DILATACIÓN TÉRMICA PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**”, realizado por el señor: **BRYAN ALEXANDER QUISNIA TIERRA**, y la señorita: **ELIZABETH JULISSA SORIA CUENCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñan PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-05
Ing. Félix Antonio García Mora DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-05
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-05

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular, es dedicado a mis padres que han sido mis formadores y educadores a lo largo de mi vida, apoyándome en mis momentos académicos adversos, brindándome su confianza y amor incondicional; a mis abuelos que han sido un pilar fundamental para que pueda culminar mis estudios y me han impulsado a seguir adelante a pesar de diversos problemas que se han presentado a lo largo de mi vida estudiantil.

Bryan

Dedico este trabajo a Dios por permitirme vivir una de mis metas en la vida, por brindarme salud y la sabiduría para seguir adelante y no rendirme a pesar de las adversidades de igual manera a mi madre Inés Cuenca quien ha sido mi mayor inspiración y ejemplo de superación, por dedicarme tiempo a pasar de su gran jornada de trabajo y escucharme, por brindarme educación y formarme con grandes valores, por esta y mil razones más estoy inmensamente agradecida con mi madre. De igual manera a mi padre por ser mi modelo profesional para seguir, a mis hermanas que me apoyaron incondicionalmente y finalmente a mis queridas sobrinas por ser mi motivación para nunca rendirme y poder llegar a ser un ejemplo para ellas.

Elizabeth

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de tercer nivel, a mis abuelos por haberme recibido con los brazos abiertos siempre, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme cursar mis estudios en ésta prestigiosa universidad. Agradezco a cada ingeniera/o que me formaron académicamente a lo largo de mi carrera estudiantil, a mis amigos que me apoyaron y siempre estuvieron prestos para ayudarme a resolver cualquier duda académica. Agradezco a mis amigos Paul Tigre, Oscar Bury y Gabriel Casierra por brindarme su asesoramiento técnico para la realización de mi Trabajo de Integración Curricular.

Bryan

Agradezco principalmente a Dios, por todas las oportunidades que me brindo en el transcurso de mi vida, agradezco a mi familia y amigos por motivarme a seguir adelante con mi vida profesional. De igual manera, agradezco a mi director y asesor de Trabajo de Integración Curricular por brindarme sus conocimientos y guiarme hasta el final del camino. Asimismo, a mi querida Carrera por formarme como una gran profesional y a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos al transcurso de mi carrera universitaria.

Elizabeth

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Rodamientos.....	4
2.2. Ajuste mecánico	4
2.2.1. <i>Tolerancia</i>	4
2.2.2. <i>Tipos de ajuste</i>	5
2.3. Técnicas de montaje de rodamientos.....	5
2.3.1. <i>Técnica de montaje mecánica</i>	6
2.3.2. <i>Técnica de montaje hidráulica</i>	7
2.3.3. <i>Técnicas de montaje mediante dilatación térmica</i>	7
2.3.3.1. <i>Calentamiento por Resistencia Eléctrica</i>	8
2.3.3.2. <i>Calentamiento por inducción electromagnética</i>	10
2.3.3.3. <i>Calentamiento por horno</i>	11
2.3.3.4. <i>Calentamiento por llama directa</i>	12
2.3.3.5. <i>Calentamiento por baño de aceite</i>	13
2.4. Resistencia eléctrica	14
2.5. Lubricación	14

2.6.	Sensores de temperatura	16
2.6.1.	<i>Temperatura</i>	16
2.6.2.	<i>Transformación de energía térmica a energía eléctrica</i>	17
2.6.2.1.	<i>Termistor</i>	17
2.6.2.2.	<i>Termopar</i>	18
2.6.2.3.	<i>RTD (Resistencia Térmica Detectada)</i>	19
2.7.	Electrónica analógica y digital	20
2.7.1.	<i>Tipo de señales</i>	21
2.7.1.1.	<i>Señales analógicas</i>	21
2.8.	Señales digitales	23
2.8.1.	<i>Esp32</i>	24
2.9.	Mantenimiento preventivo	25
2.10.	Mantenimiento correctivo	26
2.11.	Técnicas utilizadas para la detección de anomalías:	26

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS CALENTADORES	27
3.1.	Tipo de rodamiento y tamaño a utilizar	27
3.2.	Establecimiento de límites de temperatura	29
3.3.	Cambio de longitud debido a la dilatación térmica	30
3.4.	Diseño del control de temperatura	31
3.4.1.	<i>Diseño de placa de circuito impreso del control de temperatura inductivo</i>	31
3.4.2.	<i>Diseño de placa de circuito impreso del control de temperatura resistivo</i>	33
3.4.3.	<i>Selección de microcontrolador</i>	35
3.4.4.	<i>Selección de sensor de temperatura</i>	35
3.4.5.	<i>Selección de módulo de adquisición de datos</i>	36
3.4.6.	<i>Selección de relé de estado sólido</i>	37
3.4.7.	<i>Pantalla</i>	38
3.4.8.	<i>Módulo reductor de voltaje</i>	38
3.4.9.	<i>Módulo RTC (Reloj de tiempo real)</i>	39
3.5.	Dimensionamiento de calentador de rodamientos inductivo	40
3.5.1.	<i>Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo</i>	40
3.5.1.1.	<i>Aro para activar inducción</i>	41
3.5.1.2.	<i>Estructura para el sistema de control.</i>	41
3.5.1.3.	<i>Máscara de botonera del sistema de control</i>	42
3.5.1.4.	<i>Portada para máscara de botonera</i>	42

3.5.1.5.	<i>Base para unificar las partes del calentador inductivo</i>	43
3.5.2.	<i>Bobina de inducción</i>	44
3.5.3.	<i>Tarjeta electrónica universal de inducción</i>	44
3.6.	Dimensionamiento de calentador de rodamientos resistivo	45
3.6.1.	<i>Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo</i>	45
3.6.1.1.	<i>Estructura de resistencia eléctrica</i>	46
3.6.1.2.	<i>Estructura para el sistema de control</i>	47
3.6.1.3.	<i>Base para asentar el rodamiento</i>	47
3.6.2.	<i>Resistencia eléctrica</i>	48
3.7.	Construcción de control de temperatura	49
3.7.1.	<i>Elaboración de la PCB del control de temperatura.</i>	49
3.7.1.1.	<i>Grabado químico de diseño PCB en baquelita</i>	49
3.7.1.2.	<i>Soldadura de componentes electrónico en tarjeta de control</i>	50
3.8.	Construcción del calentador de rodamientos inductivo	51
3.8.1.	<i>Construcción del aro para activar inducción</i>	52
3.8.2.	<i>Construcción de soporte del aro para activar inducción</i>	53
3.8.3.	<i>Construcción de estructura para el sistema de control</i>	54
3.8.4.	<i>Construcción de máscara y portada para botonera del sistema de control</i>	55
3.8.5.	<i>Construcción de base para unificar las partes del calentador inductivo</i>	55
3.8.6.	<i>Ensamble de partes del calentador inductivo en la base</i>	56
3.8.7.	<i>Montaje de sistema eléctrico y electrónico</i>	56
3.9.	Construcción del calentador de rodamientos resistivo	57
3.9.1.	<i>Construcción de estructura para resistencia eléctrica</i>	58
3.9.2.	<i>Construcción de estructura para el sistema de control.</i>	59
3.9.3.	<i>Construcción de base para asentar el rodamiento</i>	59
3.9.4.	<i>Construcción de base para unificar las partes del calentador resistivo</i>	60
3.9.5.	<i>Ensamble de partes del calentador resistivo en la base</i>	60
3.9.6.	<i>Montaje de sistema eléctrico y electrónico</i>	61

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	62
4.1.	Pruebas de funcionamiento	62
4.1.1.	<i>Pruebas de calentamiento</i>	62
4.1.2.	<i>Prueba de exactitud de sensor de temperatura del sistema de control</i>	64
4.1.3.	<i>Prueba de calentamiento uniforme del rodamiento</i>	69
4.1.4.	<i>Prueba de dilatación térmica de rodamientos</i>	70

4.1.5.	<i>Pruebas de montaje en los módulos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo</i>	71
4.1.5.1.	<i>Montaje de rodamiento mediante dilación térmica módulo de montaje y desmontaje</i>	72
4.1.5.2.	<i>Montaje de rodamientos mediante dilación térmica motor del sistema de poleas.....</i>	73
4.1.5.3.	<i>Montaje de rodamientos mediante dilatación térmica en el motor del sistema de engranajes</i>	74
4.1.5.4.	<i>Montaje de rodamiento mediante dilatación térmica en motores WEG</i>	74
4.1.6.	<i>Rango de temperatura de calentamiento según diámetro externo de rodamiento....</i>	75
4.2.	Comparación de costos de equipo.....	76
4.3.	Características técnicas de los calentadores de rodamientos.....	76
4.4.	Comparación de las características de los calentadores de rodamientos.....	77
4.5.	Plan de mantenimiento de calentador inductivo y resistivo.....	77
4.6.	Guía de laboratorio.....	77
4.7.	MTS y TIS	77
4.8.	Costos de construcción	78

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1.	Conclusiones.....	79
5.2.	Recomendaciones.....	81

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Designación de grasas SKF y rangos de temperatura.....	16
Tabla 2-2:	Clasificación de sensores de temperatura.....	17
Tabla 2-3:	Código de colores internacional de termocuplas.....	19
Tabla 3-1:	Selección de diámetro externo máximo de rodamiento.....	28
Tabla 3-2:	Especificaciones técnicas Esp32.....	35
Tabla 3-3:	Especificaciones técnicas de sensor magnético PT100.....	36
Tabla 3-4:	Especificaciones técnicas MAX 31865.....	37
Tabla 3-5:	Especificaciones técnicas relé de estado sólido.....	37
Tabla 3-6:	Especificaciones técnicas de pantalla TFT Nextion NX4827T043.....	38
Tabla 3-7:	Especificaciones técnicas de regulador de voltaje DC/DC.....	39
Tabla 3-8:	Especificaciones técnicas de Módulo RTC.....	40
Tabla 3-9:	Especificaciones técnicas de bobina.....	44
Tabla 3-10:	Parámetros por considerar para selección de resistencia eléctrica.....	48
Tabla 3-11:	Especificaciones técnicas de resistencia eléctrica.....	48
Tabla 3-12:	Materiales para elaboración de PCB.....	49
Tabla 3-13:	Especificaciones técnicas ASTM A36.....	52
Tabla 3-14:	Calidad estructural de acero ASTM A36.....	52
Tabla 3-15:	Especificaciones técnicas del Aluminio.....	53
Tabla 3-16:	Especificaciones técnicas de PLA.....	54
Tabla 3-17:	Especificaciones técnicas del acrílico.....	55
Tabla 3-18:	Especificaciones técnicas de plancha de aluminio.....	56
Tabla 3-19:	Especificaciones técnicas del acero inoxidable 304.....	58
Tabla 4-1:	Tabla de emisividad.....	63
Tabla 4-2:	Prueba de exactitud de sensor de temperatura.....	64
Tabla 4-3:	Prueba de exactitud luego de calibración de sensor.....	65
Tabla 4-4:	Especificaciones técnicas de termómetro de infrarrojos.....	66
Tabla 4-5:	Pruebas de calentamiento uniforme.....	69
Tabla 4-6:	Prueba de dilatación térmica de rodamientos.....	70
Tabla 4-7:	Características de montaje de rodamientos.....	71
Tabla 4-8:	Pruebas de montaje en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.....	72
Tabla 4-9:	Pruebas de montaje en el motor del sistema de poleas.....	73
Tabla 4-10:	Pruebas de montaje de rodamientos en el motor del sistema de engranajes.....	74
Tabla 4-11:	Pruebas de montaje de rodamientos en motores WEG de las mesas de trabajo.....	75
Tabla 4-12:	Temperaturas de calentamiento sugeridas.....	75

Tabla 4-13:	Comparación de costos de equipos	76
Tabla 4-14:	Características técnicas de los calentadores de rodamientos	76
Tabla 4-15:	Comparación de las características de los calentadores de rodamientos	77
Tabla 4-16:	Costos de construcción	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Tipos de rodamientos.....	4
Ilustración 2-2:	Tipos de ajustes	5
Ilustración 2-3:	Montaje mediante prensa hidráulica	7
Ilustración 2-4:	Calentador por resistencia eléctrica	10
Ilustración 2-5:	Calentador inductivo.....	11
Ilustración 2-6:	Sistema de calentamiento de horno.....	12
Ilustración 2-7:	Calentamiento por llama directa	13
Ilustración 2-8:	Calentamiento por baños de aceite.....	14
Ilustración 2-9:	Resistencia.....	14
Ilustración 2-10:	Semáforo de SKF.....	15
Ilustración 2-11:	Resistor térmicamente sensible.....	18
Ilustración 2-12:	Termopar	19
Ilustración 2-13:	RTD.....	20
Ilustración 2-14:	Señal continua.....	21
Ilustración 2-15:	Señal escalón	21
Ilustración 2-16:	Señal impulso	22
Ilustración 2-17:	Señal cuadrada.....	22
Ilustración 2-18:	Señal rampa	22
Ilustración 2-19:	Señal diente de sierra.....	23
Ilustración 2-20:	Señal triangular.....	23
Ilustración 2-21:	Impulso.....	24
Ilustración 2-22:	Pulso	24
Ilustración 2-23:	Tren de pulsos binarios	24
Ilustración 2-24:	Esp32.....	25
Ilustración 3-1:	Toma de medida de diámetro de eje	27
Ilustración 3-2:	Rodamiento rígido de una hilera de bolas.....	28
Ilustración 3-3:	Limites de temperatura de lubricantes	29
Ilustración 3-4:	Rodamiento de 80 mm de diámetro externo	30
Ilustración 3-5:	Diseño esquemático del control de temperatura inductivo.....	31
Ilustración 3-6:	Diseño placa de circuito impreso de control de temperatura inductivo	32
Ilustración 3-7:	Animación 3D de la placa de circuito impresa del calentador inductivo.....	32
Ilustración 3-8:	Diseño esquemático del control de temperatura resistivo	33
Ilustración 3-9:	Diseño placa de circuito impreso de control de temperatura resistivo.....	34
Ilustración 3-10:	Animación 3D de la placa de circuito impresa del calentador resistivo	34

Ilustración 3-11:	Esp32.....	35
Ilustración 3-12:	Sensor magnético de temperatura PT100.....	36
Ilustración 3-13:	MAX 31865.....	36
Ilustración 3-14:	Relé de estado sólido	37
Ilustración 3-15:	Pantalla NX4827T04	38
Ilustración 3-16:	Regulador de voltaje DC/DC Booster Step Up XL6009	39
Ilustración 3-17:	Módulo RTC.....	39
Ilustración 3-18:	Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo	40
Ilustración 3-19:	Aro para activar inducción.....	41
Ilustración 3-20:	Estructura para el sistema de control	41
Ilustración 3-21:	Máscara de botonera de sistema de control.....	42
Ilustración 3-22:	Portada de sistema de control	43
Ilustración 3-23:	Base para el calentador de rodamientos inductivo	43
Ilustración 3-24:	Bobina de inducción	44
Ilustración 3-25:	Tarjeta electrónica universal de inducción.....	45
Ilustración 3-26:	Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo	46
Ilustración 3-27:	Estructura de resistencia eléctrica	46
Ilustración 3-28:	Estructura para el sistema de control resistivo	47
Ilustración 3-29:	Base para asentar el rodamiento.....	47
Ilustración 3-30:	Resistencia eléctrica.....	48
Ilustración 3-31:	Tarjeta de control del calentador resistivo	50
Ilustración 3-32:	Tarjeta control del calentador inductivo.....	51
Ilustración 3-33:	Calentador de rodamientos inductivo.....	51
Ilustración 3-34:	Aro para activar inducción.....	53
Ilustración 3-35:	Soporte del aro.....	53
Ilustración 3-36:	Estructura para sistema de control inductivo	54
Ilustración 3-37:	Máscara y portada para el sistema de control.....	55
Ilustración 3-38:	Proceso de montaje de piezas en base principal.....	56
Ilustración 3-39:	Proceso de montaje de sistema eléctrico y electrónico.....	57
Ilustración 3-40:	Calentador de rodamientos resistivo	58
Ilustración 3-41:	Estructura para resistencia eléctrica	59
Ilustración 3-42:	Estructura para sistema de control resistivo	59
Ilustración 3-43:	Base para asentar el rodamiento.....	60
Ilustración 3-44:	Proceso de montaje de piezas en la base principal	61
Ilustración 3-45:	Proceso de montaje eléctrico y electrónico	61
Ilustración 4-1:	Pruebas de calentamiento inductivo y resistivo.....	63
Ilustración 4-2:	Datos antes de calibrar	65

Ilustración 4-3:	Después de calibrar	66
Ilustración 4-4:	Mediciones calentador de rodamientos resistivo.....	67
Ilustración 4-5:	Mediciones calentador de rodamientos inductivo	68
Ilustración 4-6:	Comportamiento de pruebas de calentamiento.....	70
Ilustración 4-7:	Temperaturas de calentamiento sugeridas.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** GUÍA DE LABORATORIO.
- ANEXO B:** MTS Y TIS DE LA GUÍA DE LABORATORIO.
- ANEXO C:** PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.
- ANEXO D:** MTS Y TIS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.
- ANEXO E:** MANUAL DE FUNCIONAMIENTO.
- ANEXO F:** PLANOS DE DISEÑO MECÁNICO

RESUMEN

En la actualidad en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica existe un banco de pruebas para el montaje y desmontaje de rodamientos. Para el cual se planteó el objetivo de implementar dos métodos para el montaje de rodamientos rígidos de bola de 100 mm de diámetro externo mediante dilatación térmica para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Para ello se utilizó una metodología de dilatación térmica que se fundamentó en la construcción de dos calentadores de rodamientos inductivo y resistivo, dispositivos que fueron diseñados y adaptados para calentar rodamientos y expandir su diámetro interno de forma controlada y segura antes de su instalación. El calentador de rodamientos mediante inducción utiliza el campo magnético generado por la bobina ante la presencia del rodamiento para generar calor en el interior del rodamiento distribuyendo de manera uniforme y segura evitando daños al rodamiento, este dispositivo cuenta con sistemas de control de temperatura y tiempo, lo que permite ajustar el proceso de calentamiento según las especificaciones del fabricante del rodamiento. Mientras tanto, el calentador resistivo resulta de la transformación de la energía eléctrica en calorífica mediante una resistencia eléctrica y posteriormente la transferencia de calor de la resistencia a la base y finalmente al rodamiento. Se obtuvo como resultado una tabla con límites de temperatura según el diámetro externo del rodamiento. En base a las pruebas realizadas se determinó que el montaje de rodamientos mediante dilatación térmica controlada presenta múltiples beneficios a comparación de otras técnicas de montaje pues evita la exposición del rodamiento a múltiples golpes, el montaje es rápido, y ofrece un calentamiento uniforme del rodamiento. Concluyendo que la existencia de estos planes y guía fortalece la capacidad del laboratorio para llevar a cabo futuros proyectos y tareas de montaje de rodamientos con altos estándares de calidad y seguridad.

Palabras clave: <MONTAJE DE RODAMIENTOS> <DILATACIÓN TÉRMICA> <BANCO DE PRUEBAS> <CALENTADOR DE RODAMIENTOS> <BOBINA>.

2275-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

Currently, in the Corrective Maintenance Laboratory of the Mechanics Faculty, there is a test bench for the assembly and disassembly of bearings. Therefore, the objective was to implement two methods for assembling rigid ball bearings with an external diameter of 100 mm through thermal expansion for the Corrective Maintenance Laboratory. For this, a thermal expansion methodology was used based on the construction of two inductive and resistive bearing heaters, designed and adapted to heat bearings and expand their internal diameter in a controlled and safe manner before installation. The induction bearing heater uses the magnetic field generated by the coil in the presence of the bearing to generate heat inside the bearing, distributing it evenly and safely, avoiding damage to the bearing. This device has temperature and time control systems, allowing the heating process to be adjusted according to the bearing manufacturer's specifications—the resistive heater results from transforming electrical energy into heat energy through electrical resistance. Subsequently, the heat is transferred from the resistance to the base and finally to the bearing. The result will be a table with temperature limits according to the external diameter of the bearing. Based on the tests carried out, it is found that the assembly of bearings through controlled thermal expansion presents multiple benefits compared to other assembly techniques since it avoids exposure of the bearing to various shocks, the assembly is quick, and it offers uniform heating of the bearing. It was concluded that these plans and guides strengthen the laboratory's ability to carry out future bearing assembly projects and tasks with high quality and safety standards.

Keywords: <BEARING ASSEMBLY> <THERMAL EXPANSION> <TEST BENCH>
<BEARING HEATER> <COIL>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial los fallos prematuros en los rodamientos son ocasionados por el uso de métodos poco técnicos de montaje, del 100% de fallas en los rodamientos cerca del 16% es específicamente debido un mal montaje, debido a esta problemática a partir de la década de los setenta particularmente los propios fabricantes de rodamientos empezaron a desarrollar nuevos métodos de montaje para evitar o reducir los daños durante el montaje, en la actualidad el método más eficaz es el que tiene como principio fundamental la dilatación térmica del rodamiento y los equipos más utilizados son los calentadores de inducción y resistivo.

El Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica actualmente cuenta con un banco de pruebas para el montaje y desmontaje de rodamientos en el cual se busca implementar dos métodos para el montaje de rodamientos rígidos de bolas de 100 mm de diámetro externo mediante dilatación térmica, con la inclusión de estos dos métodos se impartirán conocimientos a la vanguardia de las grandes industrias generando competitividad por parte de los futuros profesionales en el entorno laboral.

Los calentadores de rodamientos tanto inductivo como resistivo, serán construidos de acuerdo a parámetros específicos definidos en base a los requerimientos técnicos del laboratorio, como el diámetro externo máximo del rodamiento, la dimensión de los calentadores, la temperatura máxima que alcanzarán, tiempo estimado de calentamiento de rodamientos, apagado automático luego de llegar a la temperatura establecida; cada calentador contará con el manual de usuario y su respectivo plan de mantenimiento lo que facilitará la manipulación y preservación de los equipos.

Para el diseño y la construcción se tomarán en cuenta los parámetros de funcionamiento definidos durante el desarrollo del proyecto, factores que serán determinantes durante la selección de los materiales de construcción, una de las características principales de ambos calentadores de rodamientos será el control del proceso de calentamiento, conllevará los mismos pasos para llevar a cabo el montaje del rodamiento, durante la fase de pruebas de ambos calentadores se realizará una comparativa de la eficiencia que proporciona cada calentador de rodamientos, misma que se notará en base al tiempo que dure cada calentador de rodamientos en llegar al resultado final.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica existe un banco de pruebas para el montaje y desmontaje de rodamientos, mediante el presente proyecto técnico se plantea implementar en el banco de pruebas ya existente la técnica de montaje mediante dilatación térmica, esta técnica es ideal para el montaje de rodamientos pues no se recurre a golpes constantes en la estructura del rodamiento, lo que ocasiona deterioros en el rodamiento y dan como resultado fallas a corto o mediano plazo en el funcionamiento ideal del rodamiento como, por ejemplo: fractura, agrietamiento, daño de jaula, abolladura.

La fractura se refiere a que se desprenden pequeños pedazos generalmente de los anillos del rodamiento; el agrietamiento se evidencia como rajaduras ligeras en la superficie de los anillos y elementos rodantes, los daños en la jaula incluyen deformación, fractura y deterioro, las abolladuras son marcas en la superficie de la pista y los elementos rodantes conocidas como Brinell. Todos estos tipos de falla se pueden generar durante el montaje del rodamiento mediante impactos.

Los costos relacionados con el cambio frecuente de rodamientos y la inversión de tiempo innecesario debido a la aplicación del método de montaje mediante golpes han generado problemas constantes en la industria, demostrando que, es necesario implementar varios métodos que solventen los conocimientos relacionados con el montaje de rodamientos para que los estudiantes pongan en práctica el método utilizado en las empresas industriales para una mayor competitividad laboral.

1.2. Justificación

Al transcurso del tiempo, la tecnología y los métodos para el montaje de rodamientos han cambiado radicalmente haciendo que las empresas dedicadas al diseño y construcción de rodamientos busquen la manera más óptima para el montaje y desmontaje de rodamientos, en la actualidad existen diferentes métodos de montaje de rodamientos, el método más actual es el calentamiento de rodamiento mediante inducción electromagnética que proporciona mayor facilidad y reduce el tiempo de montaje demostrando que es un método fiable para evitar que el rodamiento sufra daños en el montaje.

Con la implementación de los dos métodos para el montaje de rodamientos de 100 mm de diámetro externo mediante dilatación térmica se logrará que el rodamiento no sea expuesto a golpes constantes, facilitar el montaje del rodamiento y alargar su vida útil, además se enfocará en otorgar una nueva forma de montaje de rodamientos a los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial de la Facultad de Mecánica con el fin que puedan interactuar y adquirir nuevos conocimientos relacionados a las nuevas tecnologías.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar dos métodos para el montaje de rodamientos rígidos de bola de 100 mm de diámetro externo mediante dilatación térmica para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Dimensionar los dos equipos para el montaje de rodamientos utilizando dilatación térmica.
- Construir los equipos resistivo e inductivo para el montaje de rodamientos utilizando dilatación térmica.
- Realizar las pruebas de funcionamiento de los métodos resistivo e inductivo para el montaje de rodamientos.
- Desarrollar el plan de mantenimiento, manual de operación y las guías de laboratorio de los dos métodos aplicativos para el montaje de rodamientos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Rodamientos

Los rodamientos son elementos mecánicos utilizados para reducir la fricción entre dos superficies en movimiento. Consisten en un anillo exterior e interior, que encierran bolas o rodillos en su interior, los cuales permiten que las dos superficies se deslicen una sobre la otra con menor fricción y sin desgaste.

En cuanto a la clasificación dependiendo del elemento que rueda, que permite el giro, se tendrán de bolas (de una o dos hileras), cilíndricos, cónicos y radial de agujas. También se encuentran los rodamientos axiales de bolas de doble efecto como se observa en la Ilustración 2-1. (Jiménez Padilla, 2022, p.176)

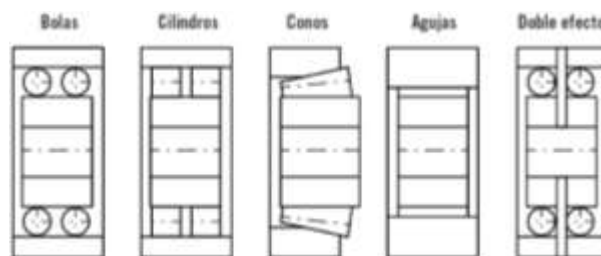


Ilustración 2-1: Tipos de rodamientos

Fuente: (Jiménez,2022).

2.2. Ajuste mecánico

El ajuste mecánico es una relación entre dos piezas que deben acoplarse y su tolerancia de fabricación. El ajuste se realiza entre una pieza macho y otra hembra que tienen que encajar perfectamente, por ejemplo, un eje y un agujero.

2.2.1. Tolerancia

La tolerancia de fabricación se refiere a las diferencias admisibles en las dimensiones de las piezas fabricadas. Si estas diferencias son demasiado grandes, las piezas no se ajustarán correctamente y pueden provocar problemas como vibraciones, ruidos, holguras o incluso fallos mecánicos. Por lo tanto, es importante que las dimensiones de las piezas estén dentro de las tolerancias establecidas para que el ajuste mecánico sea adecuado.

2.2.2. Tipos de ajuste

Los tipos de ajuste se pueden clasificar de acuerdo a la Ilustración 2-2.

- **Ajuste con holgura o juego:** Cuando el diámetro del agujero es mayor que el diámetro del eje.
- **Ajuste con apriete o de sujeción:** Cuando el diámetro del eje es mayor que el diámetro del agujero
- **Ajuste indeterminado:** Cuando el tipo de ajuste puede ser con holgura o apriete, debido a las tolerancias de las piezas. Solamente se conoce si el ajuste definitivamente es con holgura o apriete en el momento del montaje y para un par de piezas en concreto. (Castillo Jiménez, 2022, p.17)

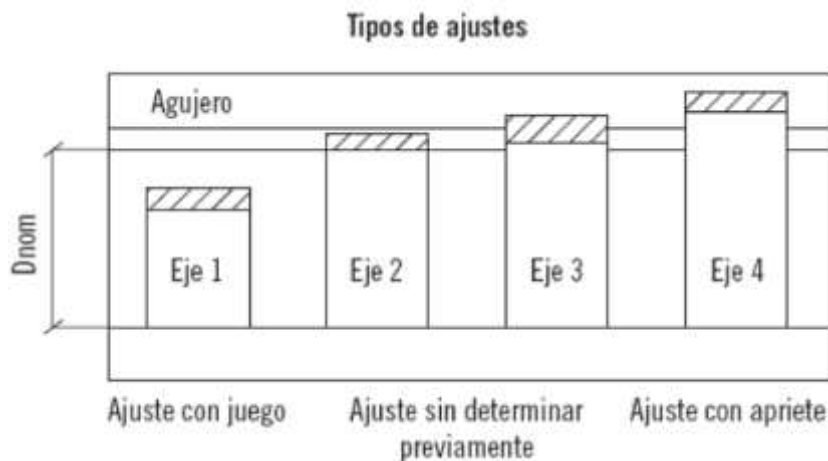


Ilustración 2-2: Tipos de ajustes

Fuente: Castillo, 2022

2.3. Técnicas de montaje de rodamientos

Los rodamientos son componentes confiables que son utilizados en las máquinas y pueden durar mucho tiempo si se colocan correctamente. Para lograr un montaje apropiado, se necesita experiencia, precisión, un área de trabajo limpio, herramientas y técnicas adecuadas. (SKF, 2019, p.199)

Las técnicas de montaje se han ido implementando a lo largo del desarrollo industrial como solución y mejora a las técnicas tradicionales, se pueden clasificar en:

- Técnica de montaje mecánica
- Técnica de montaje hidráulica
- Técnicas de montaje mediante dilatación térmica

2.3.1. Técnica de montaje mecánica

El montaje de rodamientos por golpes es una técnica que se utiliza para instalar los rodamientos en su alojamiento utilizando un martillo y un bloque de madera. A continuación, se enumeran los pasos generales para aplicar esta técnica:

- **Preparación:** Antes de comenzar el montaje de rodamientos por golpes, es importante preparar todas las herramientas y materiales que se necesita para la tarea. Esto incluye el rodamiento, un martillo, un bloque de madera, una llave adecuada para el alojamiento del rodamiento, entre otros.
- **Limpieza:** Asegurar que la superficie donde se instalará el rodamiento esté limpia y libre de restos de suciedad o de otros materiales. Debe ser un área lisa y nivelada.
- **Inspección:** Antes de instalar el rodamiento, es importante inspeccionar el estado de la superficie donde se instalará y verificar que el diámetro del rodamiento se ajuste correctamente.
- **Lubricación:** Antes de instalar el rodamiento, hay que asegurar que esté lubricado con el aceite o grasa adecuados, según las especificaciones del fabricante.
- **Colocación del rodamiento:** Colocar el rodamiento en su alojamiento y asegurarse de que esté nivelado y alineado correctamente.
- **Bloque de madera:** Colocar un bloque de madera sobre el rodamiento, asegurándose de que cubra la superficie completa del rodamiento.
- **Golpeo:** Utilizar un martillo para golpear el bloque de madera, asegurándose de aplicar golpes uniformes en toda la superficie del bloque de madera. Es importante que los golpes sean controlados y que no dañen el rodamiento.
- **Verificación:** Después de instalar el rodamiento, es importante verificar que esté correctamente asentado y que no haya holguras o deformaciones. Si se detectan problemas, es necesario desmontar el rodamiento y volver a instalarlo.

Es correcto que en algunos casos los rodamientos más pequeños pueden ser montados mecánicamente sin necesidad de utilizar un método de calentamiento, siempre y cuando el ajuste del asiento del rodamiento sea adecuado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las fuerzas aplicadas durante el proceso de montaje pueden causar daños en los componentes del rodamiento o en las superficies de asiento, lo que podría afectar el rendimiento y la vida útil del rodamiento, por tal razón la técnica de montaje mecánica actualmente no es recomendable debido a que ocasiona en el rodamiento deterioros a corto, mediano o largo plazo. (Schaeffler Technologies, 2016)

2.3.2. *Técnica de montaje hidráulica*

El montaje hidráulico de rodamientos es un proceso que utiliza la presión hidráulica para montar los rodamientos en su alojamiento con precisión y de manera segura. A continuación, se presentan algunas técnicas comunes utilizadas para el montaje hidráulico de rodamientos:

- **Montaje bajo presión o hidráulico:** Tanto el método mecánico como el hidráulico funcionan con los mismos principios fundamentales. La diferencia está en la fuerza que suministra la cual es proporcionada por un sistema hidráulico que está conectado a una estructura metálica (prensa hidráulica), lo que permite la transferencia de una carga uniforme y segura, evitando que el rodamiento sufra daños provocados por cargas de impacto y choque como se muestra en la Ilustración 2-3.(Shugulí, 2006, p.23)

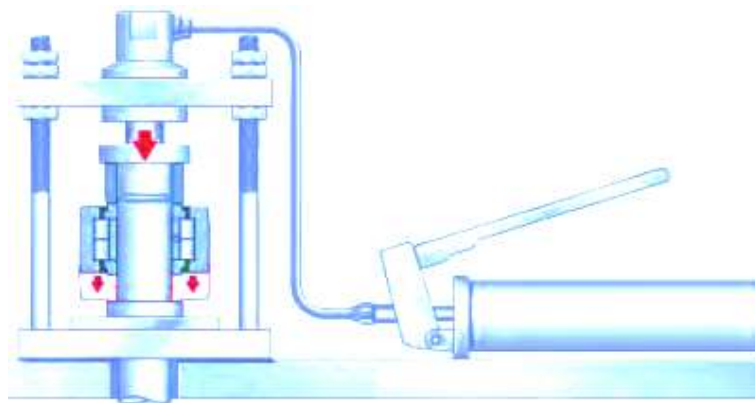


Ilustración 2-3: Montaje mediante prensa hidráulica

Fuente: (Schaeffler Technologies, 2016)

2.3.3. *Técnicas de montaje mediante dilatación térmica.*

La dilatación térmica es un fenómeno que se produce en todos los materiales, dicho fenómeno experimenta cambios de dimensiones cuando la temperatura de un sólido cambia, en todo su volumen. Cuando el sólido se calienta, los átomos o moléculas que lo componen comienzan a vibrar más rápido y ocupan más espacio, lo que ocasiona que el material se expanda. Por el contrario, cuando el sólido se enfría, los átomos o moléculas disminuyen su vibración y se contraen, lo que ocasiona que el material se comprima. Por otra parte, el fenómeno de la dilatación térmica es un factor muy importante por considerar en el diseño de estructuras y componentes, ya que puede afectar el rendimiento y durabilidad. Esta propiedad sirve como base física para el desarrollo de equipos que cumplen la función de ser herramientas dentro de la implementación de técnicas de montaje mediante la dilatación térmica del rodamiento.

La técnica de montaje de rodamientos mediante dilatación térmica consta de los pasos detallados a continuación:

- Selección del rodamiento: Seleccionar el rodamiento adecuado para la aplicación y asegurarse de que se ajuste correctamente al eje o alojamiento.
- Preparación del rodamiento y del eje o alojamiento: Limpiar y secar las superficies del rodamiento, del eje o del alojamiento y asegurarse de que estén libres de aceite y suciedad. Se recomienda aplicar una ligera capa de aceite en el eje o alojamiento para facilitar el montaje.
- Calentamiento del rodamiento: Calentar el rodamiento mediante un calentador de rodamientos por resistencia, por inducción electromagnética, en horno, mediante llama directa o con baños de aceite. La temperatura de calentamiento depende del tamaño del rodamiento y del tipo de material.
- Montaje del rodamiento: Una vez que el rodamiento esté caliente, sujetar con cuidado y deslizarlo en el eje o alojamiento. La dilatación del rodamiento y la contracción del eje o alojamiento permitirán una instalación más fácil y precisa. Es importante no golpear o aplicar demasiada fuerza durante el montaje para evitar daños en el rodamiento.
- Enfriamiento del conjunto: una vez que el rodamiento esté instalado correctamente, se debe permitir que se enfríe a temperatura ambiente antes de poner en marcha la máquina.

La dilatación térmica se puede lograr mediante la aplicación de algunos métodos para generar cambios de temperatura en un material, incluyendo:

- Calentamiento por resistencia.
- Calentamiento por inducción electromagnética.
- Calentamiento por horno.
- Calentamiento por llama directa.
- Calentamiento por baños de aceite. (Pizetta & Mastelaro, 2014, p.3)

2.3.3.1. Calentamiento por Resistencia Eléctrica

El calentamiento mediante resistencia eléctrica basa su principio de funcionamiento en el efecto Joule que afirma que la electricidad se transforma en calor. Después de llevar a cabo experimentos en la década de 1860, se llegó a la siguiente conclusión:

- La circulación de corriente eléctrica a través de materiales siempre resulta en su calentamiento.

- La cantidad de calor generado está directamente relacionada con el tiempo durante el cual fluye la corriente eléctrica
- A medida que la intensidad de la corriente eléctrica aumenta, también lo hace el nivel de calentamiento del material.
- El grado de calentamiento está relacionado proporcionalmente con la resistencia del conductor.

Existe una correlación entre la producción de calor y la corriente eléctrica. La velocidad a la que se disipa la energía en forma de calor (Q) está directamente relacionada con la velocidad a la que se transfiere la energía eléctrica (potencia eléctrica). (Zandanel y Berruchio, 2021, p.98)

$$P = \frac{Q}{t}$$

Ecuación 2-1: Ecuación de potencia eléctrica en función del calor y el tiempo

$$P = I^2 \cdot R$$

Ecuación 2-2: Ecuación de potencia eléctrica en función de la intensidad y resistencia

Igualando ambas expresiones obtenemos:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Ecuación 2-3: Ecuación del calor

Donde:

P: Potencia eléctrica (W)

Q: Calor (J)

t: Tiempo que la corriente fluye a través del conductor (s)

I: Intensidad de la corriente (A)

R: Resistencia (Ω)

En otras palabras, la cantidad de energía térmica generada por una corriente eléctrica está influenciada por tres factores principales: el cuadrado de la intensidad de la corriente (I^2), el tiempo que la corriente fluye a través del conductor (t) y la resistencia (R) que el conductor presenta al paso de la corriente.

Es correcto que en algunos casos los rodamientos más pequeños pueden ser montados mecánicamente sin necesidad de utilizar un método de calentamiento, siempre y cuando el ajuste del asiento del rodamiento sea adecuado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las fuerzas aplicadas durante el proceso de montaje pueden causar daños en los componentes del

rodamiento o en las superficies de asiento, lo que podría afectar el rendimiento y la vida útil del rodamiento, en la Ilustración 2-4 se puede apreciar un calentador de rodamientos por resistencia eléctrica común.(Schaeffler Technologies, 2016, p.67)



Ilustración 2-4: Calentador por resistencia eléctrica

Fuente: (Seiffert, s/f)

2.3.3.2. *Calentamiento por inducción electromagnética*

Dentro de la técnica de dilatación térmica para calentar un rodamiento podemos encontrar el método de calentamiento mediante inducción recomendado por el Grupo SKF debido a que es una forma moderna, eficaz y segura de calentar rodamientos y otros componentes de maquinaria. A diferencia de otros sistemas de calentamiento, los calentadores mediante inducción utilizan un campo magnético para generar calor en el componente y lograr expandirlo a una determinada temperatura. En la Ilustración 2-5 se puede apreciar un calentador inductivo. (Grupo SKF, 2020, p.2)

La dilatación térmica por inducción consiste en calentar materiales conductores de electricidad mediante la generación de corrientes de Foucault en su interior, y ofrece numerosas ventajas en comparación con otros métodos de calefacción, como los hornos de gas y petróleo. Entre las ventajas se encuentran un calentamiento más rápido y uniforme, un mayor ahorro de energía, ofrecen mayor seguridad y capacidad de producción. (Segura, 2012, p.1)

Los componentes fundamentales de un sistema de inducción de calor son la pieza de trabajo, que es el objeto por calentar, la bobina inductora que genera el campo magnético necesario para producir calor, el sistema de control de temperatura y potencia que permite regular y controlar la potencia y nivel de temperatura alcanzado por el objeto calentado. Estos componentes pueden tener diversas formas y la pieza de trabajo se coloca generalmente dentro de la bobina para lograr una mejor conexión. El fenómeno de la inducción de calor se basa en las pérdidas de energía que ocurren por el efecto Joule.

Al aplicar un voltaje alterno a una bobina de inducción, se produce una corriente alterna que crea un campo magnético alterno según la ley de Ampere. Este campo magnético induce una tensión en la pieza, que se opone a la variación del campo magnético según la ley de Lenz. Estas tensiones crean corrientes en la pieza de trabajo, conocidas como corrientes de Foucault o corrientes parasitas, que tienen la misma frecuencia, pero dirección opuesta a la corriente original. Estas corrientes de Foucault producen calor en la pieza debido al efecto Joule. (López Rodríguez et al., 2021, p.86)



Ilustración 2-5: Calentador inductivo

Fuente: (Grupo SKF, 2020)

2.3.3.3. *Calentamiento por horno*

El método de calentamiento por horno es un proceso en el cual se utiliza un horno especializado para elevar la temperatura de los rodamientos. Este método se basa en la aplicación de calor de manera uniforme y controlada al rodamiento, permitiendo expandir su diámetro interno para facilitar su instalación o desmontaje, si bien este método evita que el rodamiento sea expuesto a golpes para su montaje, tiene algunas desventajas debido a que generalmente el tiempo de calentamiento es prolongado, el equipo es costoso y posee limitaciones de tamaño, es un método poco preciso por ende el rodamiento está expuesto a posibles daños por sobrecalentamiento y ofrece poca seguridad para el personal manipulador del equipo.

Los hornos de resistencias son equipos que utilizan la electricidad como fuente de energía para calentar el material. Esta electricidad se genera mediante la resistencia eléctrica óhmica colocada en el interior del horno, el calentamiento se produce por el efecto Joule de la resistencia óhmica y transfieren el calor a la carga mediante diferentes formas de transmisión de calor. (Pillajo et al, 2016, p.44)

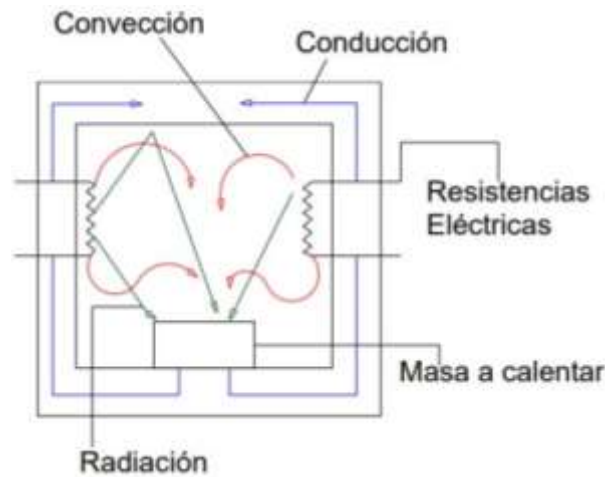


Ilustración 2-6: Sistema de calentamiento de horno

Fuente: (López et al, 2011)

En la Ilustración 2-6 se evidencia el sistema de calentamiento de un horno. En las cámaras de calentamiento indirecto, los materiales se calientan por radiación, convección y/o conducción utilizando resistencias colocadas adecuadamente. La carga para calentar y las resistencias están contenidas en una cámara aislada térmicamente mediante materiales refractarios y aislantes. (López et al, 2011, p. 79)

2.3.3.4. *Calentamiento por llama directa*

El método de calentamiento por llama directa implica la utilización de una fuente de calor abierta, como una llama de gas o un soplete, para aplicar calor directamente al rodamiento. En este método, el rodamiento se coloca en una superficie resistente al calor, y la llama se aplica directamente al rodamiento hasta que alcance la temperatura deseada tal como se muestra en la Ilustración 2-7.

Sin embargo, este método de calentamiento no es recomendable para rodamientos debido a que la llama directa puede causar daños irreversibles en los componentes del rodamiento, como la deformación o la oxidación, la aplicación irregular del calor en el rodamiento puede generar tensiones internas que pueden afectar su rendimiento y vida útil. Además, es un método que genera un alto riesgo de incendios y es peligroso para la seguridad del operario. En su lugar, se recomienda utilizar métodos de calentamiento controlado y gradual, como el uso de hornos de calor o calentadores de inducción. Estos métodos proporcionan una distribución uniforme del calor y permiten un calentamiento controlado y seguro del rodamiento.



Ilustración 2-7: Calentamiento por llama directa

Fuente: (Grupo SKF, 2020)

2.3.3.5. *Calentamiento por baño de aceite*

El calentamiento por baño de aceite es un método comúnmente utilizado para calentar rodamientos, observar la Ilustración 2-8. Este método proporciona una distribución uniforme del calor, lo que ayuda a evitar tensiones internas en el rodamiento y minimiza el riesgo de daño en los componentes.

Es importante tener en cuenta las precauciones de seguridad al utilizar este método, como la inflamabilidad del aceite caliente, el riesgo de accidentes para el operario y posibles daños medioambientales. También es importante utilizar aceite limpio y adecuado para el calentamiento de rodamientos, con un punto de inflamación superior a 250 °C y regular la temperatura mediante un termostato. Después del calentamiento, es fundamental asegurarse de que todas las superficies de ajuste y de contacto del rodamiento estén limpias y libres de aceite antes de su instalación. Además, es importante tener en cuenta el impacto ambiental de los vapores de aceite y asegurarse de desechar adecuadamente el aceite usado. (Schaeffler Technologies, 2016, p.76)

Una desventaja evidente al utilizar este método es que puede ser un método turbio que contamine el rodamiento. Además, dicho método puede requerir un largo periodo de espera el cual perjudica al pronto retorno del equipo, por dicha razón existen métodos como el calentamiento por inducción o por resistencia eléctrica que evitan exponer al operario a posibles accidentes corporales o medioambientales.



Ilustración 2-8: Calentamiento por baños de aceite

Fuente: (Grupo SKF, 2020)

2.4. Resistencia eléctrica

Los materiales que se utilizan para fabricar resistencias eléctricas deben tener, una alta resistividad eléctrica, un punto de fusión elevado y resistencia a la oxidación en caliente y a la corrosión provocada por las reacciones químicas implicadas. El tipo de resistencia que debe seleccionarse para un calentador por resistencia depende parcialmente de su temperatura de funcionamiento. En la Ilustración 2-9 se puede observar la aplicación de una resistencia eléctrica en un horno. (López et al, 2011, p. 81)



Ilustración 2-9: Resistencia

Fuente: (LÓPEZ et al, 2011)

2.5. Lubricación

En el mercado de la industria existen diferentes tipos de grasas y lubricantes que ayudan a los componentes mecánicos a cumplir su función requerida de manera eficiente y eficaz. La selección de las grasas lubricantes adecuadas es fundamental para lograr una duración óptima de los rodamientos. Para ello, es necesario considerar varios factores técnicos específicos de la

aplicación, como el tipo de rodamiento, la velocidad, la temperatura y la carga. Además, se deben tener en cuenta otros factores, como las condiciones ambientales, la resistencia de los materiales plásticos utilizados, los requisitos legales y ambientales, así como los costos asociados. Al prestar atención a todos estos factores, se puede asegurar que se elija la grasa lubricante adecuada para cada aplicación, lo que permitirá prolongar la vida útil de los rodamientos y mejorar su rendimiento. (Schaeffler Technologies, 2016, p.42)

Si la lubricación del rodamiento se expone a altas temperaturas, puede tener una serie de efectos desfavorables como: reducción de la vida útil, aceleración del desgaste del rodamiento, aumento de la generación de calor, fallas prematuras del rodamiento. SKF afirma que, por norma general, las grasas estándares tienen un límite superior práctico de temperatura de 100 °C en el aro con la temperatura más elevada. (SKF, 2019, p.110)

SKF ideó el concepto del semáforo con la finalidad de ayudar a los usuarios a elegir la grasa adecuadamente, dicho sistema utiliza el código de colores exactamente igual al de un semáforo para indicar el estado de grasa en términos de temperatura y rendimiento, tal como se muestra en la Ilustración 2-10, de esta forma el usuario podrá elegir la grasa o lubricante más adecuada e ideal para una determinada aplicación y regular su comportamiento a medida que la utilizan.

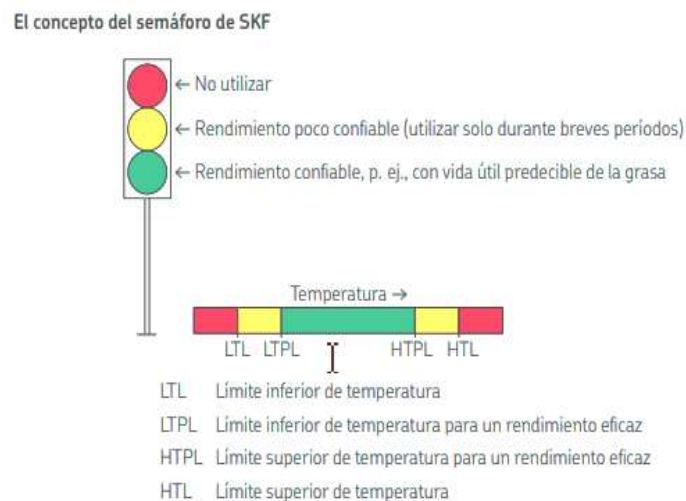


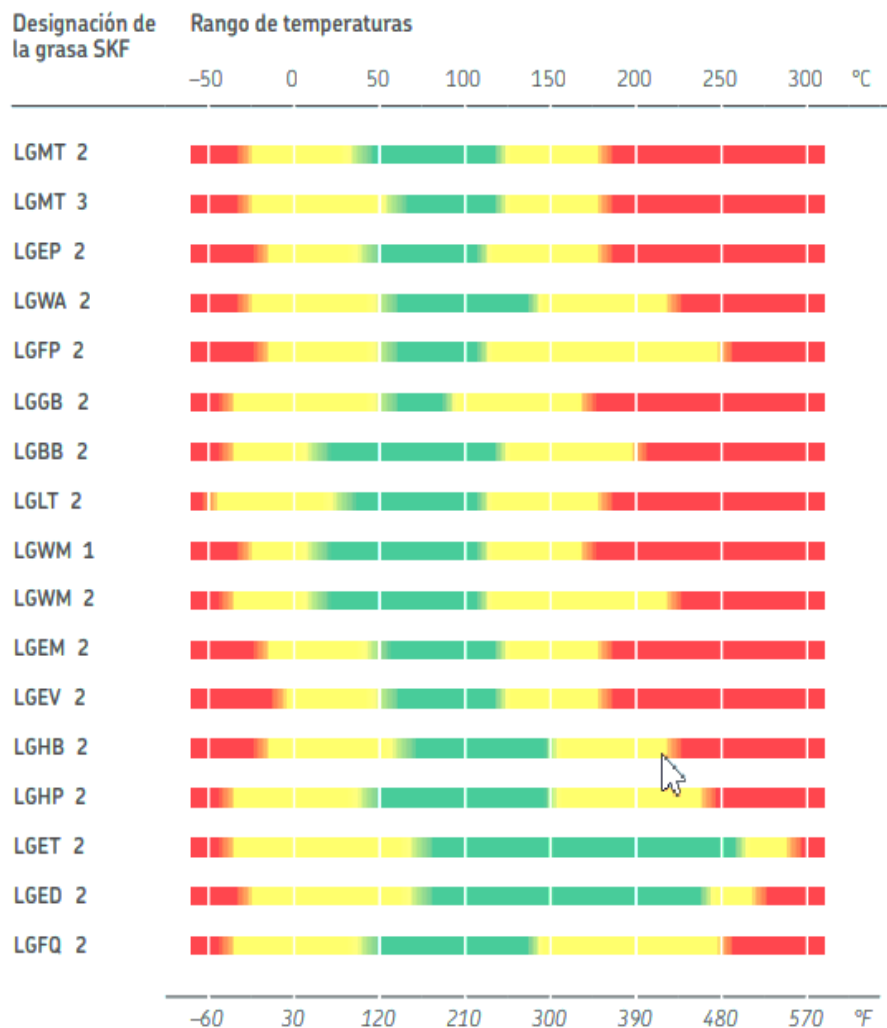
Ilustración 2-10: Semáforo de SKF

Fuente: (SKF,2019).

Mediante el concepto del semáforo de SKF, se demuestra que la lubricación es confiable mientras se mantenga en la temperatura de 100°C tal como se muestra en la Tabla 2-1. Por otro lado, FAG asegura que una correcta lubricación y mantenimiento regular son de suma importancia para la duración de vida de los rodamientos, es por esta razón que las grasas lubricantes son adecuadas para el funcionamiento correcto del rodamiento. Asimismo, para la selección de grasa lubricante

se toma en cuenta los siguientes parámetros: la temperatura, la carga de presión, la velocidad de rotación, el agua y la humedad. (FAG, 2014, pp. 78-83)

Tabla 2-1: Designación de grasas SKF y rangos de temperatura



Fuente: (SKF,2019).

2.6. Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que se utilizan para medir la temperatura de un objeto o ambiente en particular. Existen diferentes tipos de sensores de temperatura, que varían en su principio de funcionamiento y en su capacidad para medir temperaturas en diferentes rangos.

2.6.1. Temperatura

La definición de temperatura es la medida de la cantidad de calor que tiene un objeto. El calor se refiere a la energía cinética promedio de las partículas que componen el objeto, lo que significa que está relacionado con el movimiento de las moléculas en el sistema. En otras palabras, a

medida que aumenta la energía de movimiento de las partículas, también aumenta la temperatura del objeto. (Ramírez et al., 2019, p.174)

Es correcto que la cantidad de energía térmica de un sistema depende directamente de su tamaño, pero la temperatura se refiere a la intensidad de esta energía en toda la masa del objeto o sistema, independientemente de su tamaño. Por ejemplo, dos objetos pueden tener la misma temperatura, pero uno puede tener mayor cantidad de energía térmica que el otro si es más grande. (Roller et al., 2017, p.618)

2.6.2. Transformación de energía térmica a energía eléctrica

Los dispositivos conocidos como transductores termoeléctricos convierten la energía térmica de un objeto en una señal eléctrica equivalente. Estos transductores funcionan gracias a las propiedades eléctricas de los conductores y semiconductores y están compuestos principalmente por varios tipos de dispositivos, incluyendo termistores, termopares, resistencias eléctricas, medidores de radiación y medidores ópticos, como se observa en la Tabla 2-2. (Ramírez et al., 2019, pp.174-175)

Tabla 2-2: Clasificación de sensores de temperatura

Sensor	Ventajas	Desventajas
Termistor	Alta salida Rápido Alta sensibilidad Implementación fácil	No lineal Rango de temperaturas limitado Requiere fuente de corriente Autocalentamiento
Termopar	Implementación simple y fácil Bajo costo Amplio rango de temperaturas	No lineal Bajo voltaje Requiere referencia Baja estabilidad
RTD	Alta estabilidad Alta precisión	Alto costo Lento Poco cambio en la resistencia Medida con puente
IC	Alta linealidad Salida alta Bajo costo	Rango de temperatura limitado Requiere fuente de alimentación Lento Autocalentamiento

Fuente: Ramírez et al., 2019

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

2.6.2.1. Termistor

Un termistor es una resistencia hecha de material semiconductor que es sensible a los cambios de temperatura y varía su valor de resistencia en función de la energía térmica presente en el

ambiente. En resumen, el termistor es un tipo de resistencia que cambia su resistencia eléctrica en respuesta a las variaciones de temperatura. (Ramírez et al., 2019, p.176)

Existen dos grupos de termistores:

- Los de coeficiente de temperatura negativo (NTC): disminuye su resistencia eléctrica cuando aumenta la temperatura, se fabrican en distintos encapsulados, como elipsoide, de disco, de barra y de chip.
- Los de coeficiente de temperatura positivo (PTC): aumenta su resistencia eléctrica cuando la temperatura aumenta, se fabrican con una variedad de materiales semiconductoras cerámicos, como titanato de bario dopado con lantano ($BaLa_xTi_yO_z$), óxido de níquel dopado con cobalto ($NiCo_2O_4$) o polímeros conductores dopados con metales.



Ilustración 2-11: Resistor térmicamente sensible

Fuente: (SOLECTRO)

2.6.2.2. Termopar

El termopar ha revolucionado la forma de medir la temperatura y se encuentra ampliamente utilizado en la industria. El termopar consta de dos conductores, etiquetados como A y B detallados en la Ilustración 2-12, que tienen diferentes propiedades y están unidos entre sí formando un circuito cerrado. Estos conductores son típicamente de metal y están sometidos a diferentes temperaturas en las uniones del circuito. Como resultado de esta diferencia de temperatura, se genera una corriente eléctrica en el circuito, fenómeno conocido como efecto Seebeck. En resumen, el termopar es un dispositivo que convierte la energía térmica en corriente eléctrica a través del efecto Seebeck. (Ramírez et al., 2019, p.179)

Las aleaciones metálicas elegidas como alambres de las patas positivas y negativas del termopar definen el tipo de termopar. La selección del tipo de termopar adecuado para una aplicación en particular está determinada por las expectativas de temperatura y por el entorno en el que se colocará el sensor. (Inc. Pyromation, 2009)

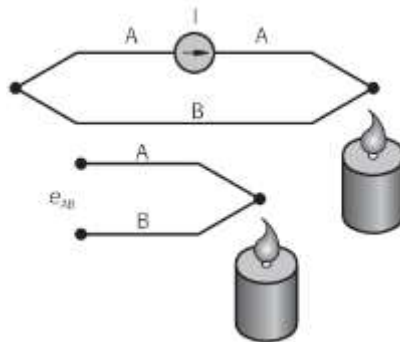


Ilustración 2-12: Termopar

Fuente: Ramírez et al., 2019

En la Tabla 2-3 se puede apreciar la clasificación según los rangos de temperatura y colores de termocuplas:

Tabla 2-3: Código de colores internacional de termocuplas

THERMO-COUPLE TYPE	U.S. & CANADIAN (ANSI/MC96.1, ANSI/ASTM E230)		International	International	Czech British	Netherlands German	Japanese	French		
	ALLOY COMBINATION	THERMOCOUPLE GRADE							EXTENSION GRADE	PLUG & JACK
T	Copper	Brown Blue + Red -	+ Blue Blue - Red -	Blue	Brown Brown + White -	Blue Brown + White -	Blue White + Blue -	Brown Red + Brown -	Brown Red + White -	Blue Yellow + Blue -
	Constantan (Copper-Nickel)			Blue						
J	Iron (magnetic)	Brown White + Red -	+ White Black - Red -	Black	Black Black + White -	Blue Black + White -	Black Yellow + Blue -	Blue Red + Blue -	Yellow Red + White -	Black Yellow + Black -
	Constantan (Copper-Nickel)			Black						
E	Nickel - Chromium	Brown Purple + Red -	+ Purple Purple - Red -	Purple	Purple Purple + White -	Blue Purple + White -	Brown Brown + Blue -	Black Red + Black -	Purple Red + White -	Purple Yellow + Purple -
	Constantan (Copper-Nickel)			Purple						
K	Nickel - Chromium	Brown Yellow + Red -	+ Yellow Yellow - Red -	Yellow	Green Green + White -	Blue Green + White -	Red Brown + Blue -	Green Red + Green -	Blue Red + White -	Yellow Yellow + Purple -
	Nickel - Aluminium (magnetic)			Yellow						
N	Nicrosil (Nickel-Chromium-Silicon)	Brown Orange + Red -	+ Orange Orange - Red -	Orange	Pink Pink + White -	Blue Pink + White -	Orange Orange + Blue -	No Standard (Use American Color Codes)	No Standard (Use American Color Codes)	No Standard (Use American Color Codes)
	Nisil (Nickel-Silicon-Magnesium)			Orange						
S	Platinum Rhodium - 10%	None	+ Black Green - Red -	Green	Orange Orange + White -	Blue Orange + White -	Green White + Blue -	White Red + White -	Black Red + White -	Green Yellow + Green -
	Platinum	None Established		Green						
R	Platinum Rhodium - 13%	None	+ Black Green - Red -	Green	Orange Orange + White -	Blue Orange + White -	Green White + Blue -	White Red + White -	Black Red + White -	Green Yellow + Green -
	Platinum	None Established		Green						
B	Platinum Rhodium - 30%	None	+ Gray Gray - Red -	White (Uncompensated)	Gray Gray + White -		No Standard (Use Copper Wire)	Gray Red + Gray -	Gray Red + Gray -	No Standard (Use Copper Wire)
	Platinum Rhodium - 6%	None Established	(Compensated Cable)	White (Uncompensated)				(Compensated Cable)	(Compensated Cable)	
C	Tungsten Rhenium - 5%	None	+ Green Red - Red -	Red			No Standard (Use American Color Codes)	No Standard (Use American Color Codes)	No Standard (Use American Color Codes)	
	Tungsten Rhenium - 26%	None Established		Red						

Fuente: (Inc Pyromation, 2009)

2.6.2.3. RTD (Resistencia Térmica Detectada)

El sensor de temperatura resistivo (RTD) y el termistor de coeficiente de temperatura positivo operan según el principio de cambios en la resistencia eléctrica de los metales puros. Esto significa que a medida que aumenta la temperatura, la resistencia eléctrica del material conductor también

aumenta gradualmente. En la Ilustración 2-13 se muestra un RTD mismo que se utiliza comúnmente para medir la temperatura en una amplia gama de aplicaciones debido a su alta precisión, estabilidad y linealidad. Estas características hacen que los RTD sean una opción popular para la medición de temperatura en la industria, la investigación y la tecnología. (Ramírez et al., 2019, p.185)

La función que relaciona la resistencia del rtd y la temperatura está dada en la ecuación:

$$R_T = R_0(1 + \alpha_{RTD} \cdot T)$$

Ecuación 2-4: Función que relaciona la RTD y la temperatura

Donde:

R_0 : resistencia en ohm a 0 grados Celsius

R_t : resistencia en ohm a t grados Celsius

α_{RTD} : coeficiente de temperatura de la resistencia

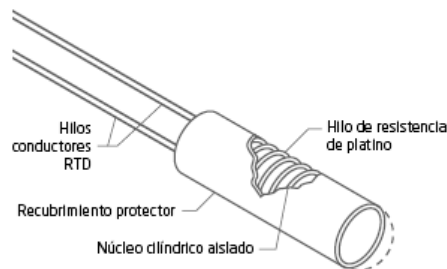


Ilustración 2-13: RTD

Fuente: (PRELECTRONICS)

2.7. Electrónica analógica y digital

La electrónica analógica se enfoca en el procesamiento de señales eléctricas continuas y variables en el tiempo, sus componentes primordiales para entender un circuito electrónico incluyen resistencias, capacitores, inductores, diodos y transistores. Mientras que la electrónica digital utiliza señales discretas y binarias, utilizando valores binarios 0 y 1 a través de operaciones lógicas como AND, OR y NOT, todo esto se deriva a raíz del álgebra de Boole siendo una herramienta lógica. (Recabarren, 2020, p.11)

2.7.1. Tipo de señales

Las señales electrónicas son variaciones eléctricas que transportan información o datos a través de sistemas electrónicos. Pueden ser analógicas o digitales y se utilizan en diversos campos, como comunicaciones, electrónica de consumo, control de procesos y sistemas de medición.

2.7.1.1. Señales analógicas

Las señales que se presentan a continuación son las más utilizadas por los sistemas electrónicos.

- **Señal continua:** Señal armónica o conocida comúnmente como señal senoidal, Ilustración 2-14, esta se define por la ecuación:

$$v(t) = V_m \text{sen}(2\pi ft + \phi)$$

Ecuación 2-5: Ecuación de señal senoidal

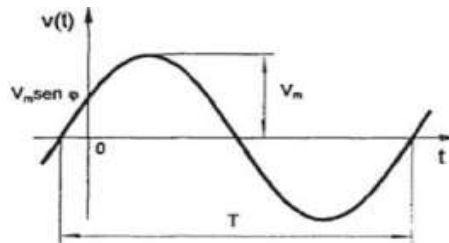


Ilustración 2-14: Señal continua

Fuente: (IRANZO,2010)

- **Señal escalón:** se evidencia en la Ilustración 2-15 y se define como:
 $t < t_1; v(t) = 0$
 $t > t_1; v(t) = V_1$

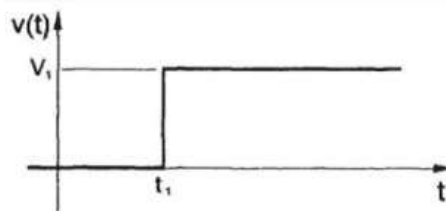


Ilustración 2-15: Señal escalón

Fuente: (IRANZO,2010).

- **Señal impulso:** La Ilustración 2-16 muestra la forma de la señal impulso misma que se define como:
 $t > t_1 > t_2; v(t) = 0$

$$t < t_1 < t_2; v(t) = V_1$$

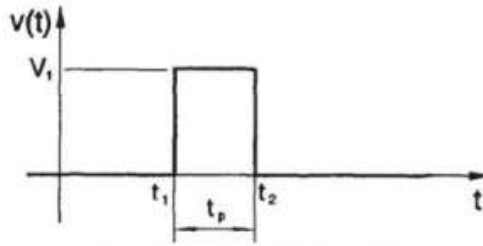


Ilustración 2-16: Señal impulso

Fuente: (IRANZO,2010).

- **Señal cuadrada:** La Ilustración 2-17 muestra como es ciclo de trabajo de la señal cuadrada.

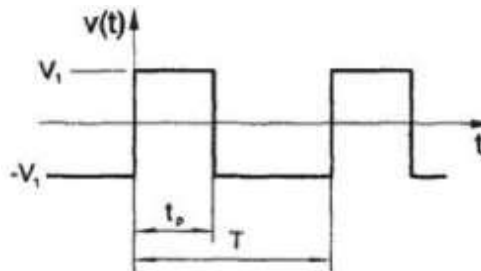


Ilustración 2-17: Señal cuadrada

Fuente: (IRANZO,2010).

- **Rampa:** La señal rampa se puede observar en la Ilustración 2-18 y se define de la siguiente manera:

$$t < t_1; v(t) = 0$$

$$t > t_1; v(t) = \alpha t$$

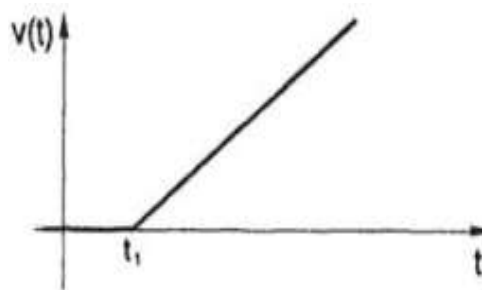


Ilustración 2-18: Señal rampa

Fuente: (IRANZO,2010).

- **Diente de sierra:** En la Ilustración 2-19 se puede apreciar la forma particular de la señal diente de sierra.

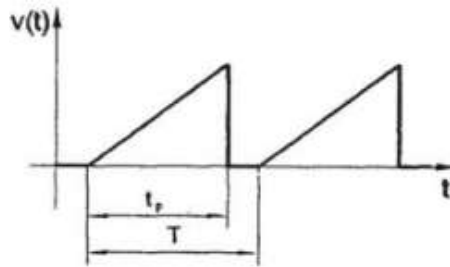


Ilustración 2-19: Señal diente de sierra

Fuente: (IRANZO,2010)

- **Triangular:** La forma de la señal triangular se puede apreciar en la Ilustración 2-20. (Iranzo Pontes et al., 2010, pp. 22-25)

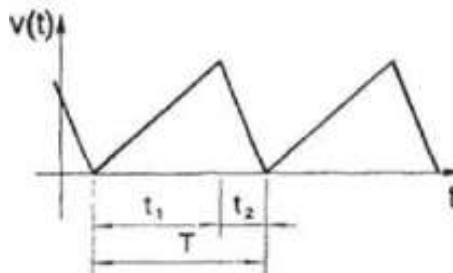


Ilustración 2-20: Señal triangular

Fuente: (IRANZO,2010)

2.8. Señales digitales

Una señal digital es una variación eléctrica que se utiliza para representar información o datos de manera discreta mediante valores binarios, generalmente 0 y 1. A diferencia de las señales analógicas, que son continuas y pueden tener infinitos valores dentro de un rango, las señales digitales se componen de niveles específicos y definidos.

- **Señal discreta:** A diferencia de las señales analíticas, que tienen valores continuos, una señal discreta es una señal digital que se representan mediante valores discretos durante intervalos de tiempo permitido. Esto se debe a la necesidad de ser discretas tanto en el tiempo y amplitud. Además, mediante el análisis matemático existen señales discretas llamadas “impulso” de Dirac de amplitud indefinida y de duración infinitesimal, pero de área uno. En la Ilustración 2-21 se puede apreciar un impulso y en la Ilustración 2-22 se evidencia un pulso. (Suárez, 2020, p. 171)

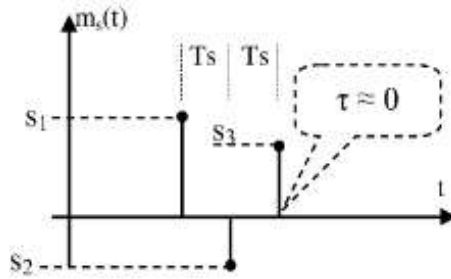


Ilustración 2-21: Impulso

Fuente: (SUÁREZ, 2020)

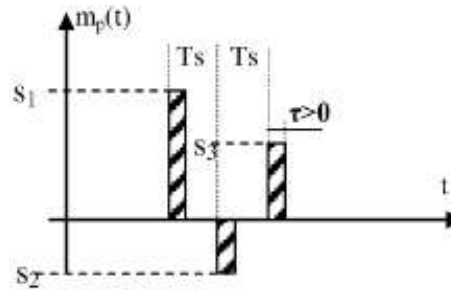


Ilustración 2-22: Pulso

Fuente: (SUÁREZ, 2020)

- Señal bit o señal de datos:** Denominación establecida por ISO 2382/4, una señal digital o bit es un sello discreto en el tiempo y en dos valores de amplitud generalmente representados en forma de números binarios (0 y 1). Esta señal ofrece mayor precisión, capacidad de almacenamiento y transmisión más eficiente. (Suárez, 2020, p.172)

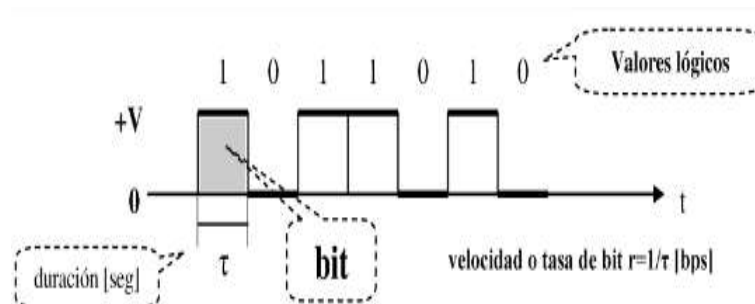


Ilustración 2-23: Tren de pulsos binarios

Fuente: SUÁREZ, 2020

2.8.1. Esp32

La Ilustración 2-24 muestra el ESP32 el cual ha sido diseñado específicamente para su uso en dispositivos móviles, dispositivos portátiles y en el contexto del Internet de las cosas (IoT). Incorpora las características más avanzadas de los chips de bajo consumo, como la activación del reloj con una granularidad fina, varios modos de alimentación y la capacidad de escalado dinámico de la alimentación. Por ejemplo, en un escenario de concentrador de sensores IoT de

baja potencia, el ESP32 se activa periódicamente y solo cuando se detecta una condición específica, lo que reduce el ciclo de trabajo y minimiza el consumo de energía. Además, la salida del amplificador de potencia es ajustable, lo que permite un equilibrio óptimo entre el rango de comunicación, la velocidad de datos y el consumo de energía. (Espressif Systems, 2020)

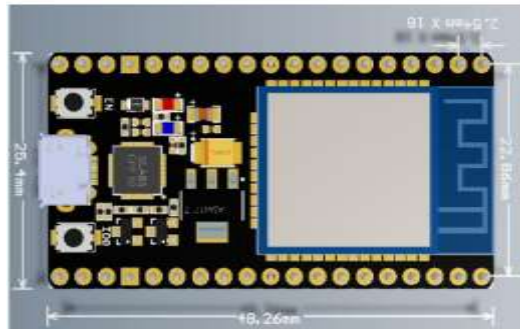


Ilustración 2-24: Esp32

Fuente: Ai-Thinker, 2019

El módulo ESP-WROOM-32s tiene un total de 38 interfaces o pines distribuidos de la siguiente manera, el cual se puede observar en la Ilustración 2-23:

- Pines de alimentación: VCC y GND
- Pines de comunicación: TX y RX para UART, SDA y SCL para I2C, MOSI, MISO y SCK para SPI, CAN, IR, entre otros.
- Pines de entrada/salida: GPIO (General Purpose Input/Output) que permiten la conexión de sensores, actuadores, LED, entre otros dispositivos.
- Pines de control: pines de EN (Enable) para habilitar el módulo, RST (Reset) para reiniciar el módulo, BOOT para cambiar el modo de arranque del módulo, entre otros.
- Pines analógicos: ADC (Analog to Digital Converter) para medir señales analógicas, DAC (Digital to Analog Converter) para generar señales analógicas.
- Pines de antena: incorporados en el esp32 para la conexión de la antena WiFi o Bluetooth.

2.9. Mantenimiento preventivo

Este sistema implica conocer el estado actual de cada equipo y sus componentes. Con el fin de identificar y abordar posibles problemas antes de que provoquen averías en los equipos, el mantenimiento preventivo comprende la realización de inspecciones rutinarias, limpieza, lubricación y reparaciones en un tiempo predeterminado.

2.10. Mantenimiento correctivo

Para mejorar el rendimiento de la maquina o facilitar el acceso a la misma, el mantenimiento correctivo suele optimizar los elementos y condiciones de la máquina. Normalmente, la ingeniería de planta desarrolla este tipo de mantenimiento basándose en los registros históricos de la máquina, incluyendo averías, reparaciones e intervenciones. Se encarga de investigar la facilidad y viabilidad de alterar el diseño original para incluir una nueva generación o un componente de mejor rendimiento. (Gallarà & Pontelli, 2020, p.20)

2.11. Técnicas utilizadas para la detección de anomalías:

- Inspeccion visual.
- Medición de la temperatura.
- Control de la lubricación.
- Medición de vibraciones.
- Control de fisuras.
- Control de la corrosión. (Boero, 2020, pp.27-28)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS CALENTADORES

En el presente capítulo se presentan las variables principales a considerar en el diseño, construcción e implementación de los dos calentadores de rodamientos, se detallarán los factores determinantes en la selección de materiales para cada uno de los calentadores de rodamientos, se tomarán en cuenta los criterios fundamentales para el dimensionamiento estructural y térmico de cada calentador, la interfaz de control que poseerá cada calentador de rodamientos será diseñada exclusivamente para adecuarse a la necesidad del proceso de control de temperatura de cada uno de los calentadores, además se detallará secuencialmente la construcción misma que iniciará por el diseño y dimensionamiento de las partes que conformarán cada calentador de rodamientos, realizadas en un software asistido por computadora.

3.1. Tipo de rodamiento y tamaño a utilizar

Para determinar la dimensión y el tipo de rodamiento que se calentarán en los calentadores, se ha partido de la información proporcionada por la práctica 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, como primer paso se ha determinado la dimensión del eje de la práctica 5 mediante un calibrador, como resultado de la medida se ha determinado que el eje del módulo tiene 40 mm de diámetro como se puede observar en la Ilustración 3-1.



Ilustración 3-1: Toma de medida de diámetro de eje

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

De acuerdo con la dimensión del eje obtenida los rodamientos que se utilizarán en la practica 5 contarán con un diámetro interno de 40 mm y son de tipo rígidos de bolas de una hilera representada en la Ilustración 3-2.

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas
d 35 – 40 mm

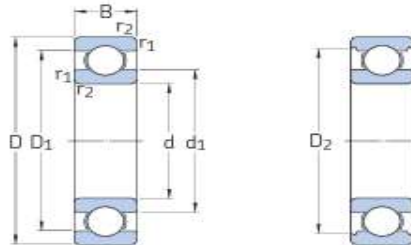


Ilustración 3-2: Rodamiento rígido de una hilera de bolas.

Fuente: SKF, 2019.

Mediante la Tabla 3-1 del catálogo de rodamientos SKF se detallan los diámetros externos disponibles para un diámetro interno de 40 mm, consecuentemente se ha establecido como límites de diámetro externo valores de entre 52 mm a 100 mm.

Tabla 3-1: Selección de diámetro externo máximo de rodamiento.

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹⁾
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
35 cont.	72	17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,26	6207 ETN9	-
	72	23	25,5	15,3	0,655	-	6 300	0,4	62207-2RS1	-
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	12 000	0,46	6307	-
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	17 000	0,54	6307 M	-
	80	21	35,1	19	0,815	-	6 000	0,46	6307-2RSH	6307-RSH
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	9 500	0,48	6307-2Z	6307-Z
80	31	33,2	19	0,815	-	6 000	0,68	62307-2RS1	-	
40	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	13 000	0,034	61808-2RZ	-
	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	16 000	0,032	61808	-
	62	12	13,8	10	0,425	-	6 700	0,12	61908-2RS1	-
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	12 000	0,12	61908-2RZ	-
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	14 000	0,12	61908	-
	68	9	13,8	10,2	0,44	22 000	14 000	0,13	16008	-
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	14 000	0,19	6008	-
	68	15	17,8	11	0,49	-	6 300	0,2	6008-2RS1	6008-RS1
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	11 000	0,2	6008-2RZ	6008-RZ
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	11 000	0,2	6008-2Z	6008-Z
	68	21	16,8	11	0,49	-	6 300	0,27	63008-2RS1	-
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	11 000	0,37	6208	-
	80	18	32,5	19	0,8	-	5 600	0,37	6208-2RSH	6208-RSH
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	9 000	0,38	6208-2RZ	6208-RZ
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	9 000	0,38	6208-2Z	6208-Z
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9	-
	80	23	30,7	19	0,8	-	5 600	0,47	62208-2RS1	-
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	6308	-
	90	23	42,3	24	1,02	-	5 000	0,64	6308-2RSH	6308-RSH
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	8 500	0,65	6308-2RZ	6308-RZ
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	8 500	0,65	6308-2Z	6308-Z
	90	33	41	24	1,02	-	5 000	0,92	62308-2RS1	-
	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	6408	-

Fuente:(SKF, 2019).

3.2. Establecimiento de límites de temperatura

La temperatura de funcionamiento admisible para los rodamientos rígidos de bolas puede estar limitada por lo siguiente:

- La estabilidad dimensional de los aros y las bolas del rodamiento: Los rodamientos rígidos de bolas soportan temperaturas de hasta 120°C.
- La jaula: El límite de temperatura de los aros y bolas de rodamientos están estrechamente relacionada con la temperatura de la jaula. A pesar de que la jaula es de diferentes materiales como acero, acero inoxidable, latón o poliéster-éter-cetona.
- Los sellos: La temperatura de funcionamiento admisible de los sellos varía según el material del sello:

NBR: de -40 a +100 °C (de -40 a +210 °F) Se pueden soportar temperaturas de hasta 120 °C (250 °F) durante períodos breves

FKM: de -30 a +200 °C (de -20 a +390 °F) Se pueden soportar temperaturas de hasta 230 °C (445 °F) durante períodos breves

- El lubricante: El lubricante es el aspecto más importante para considerar durante el calentamiento del rodamiento debido a que se debe evitar exponer el lubricante a temperaturas que estén fuera de su rango de funcionamiento pues podría ocasionar la degradación del lubricante, pérdida de viscosidad o la oxidación del lubricante, por tal razón se ha determinado la temperatura adecuada para los lubricantes comunes, estableciendo un rango de temperatura de 40°C a 120°C detallado en la Ilustración 3-3.



Ilustración 3-3: Límites de temperatura de lubricantes

Fuente:(SKF, 2019).

3.3. Cambio de longitud debido a la dilatación térmica

Los rodamientos SKF de bolas generalmente están fabricados con el acero para rodamientos 52100, se ha realizado el cálculo del cambio de longitud que ocasiona la dilatación térmica mediante la ecuación 3-1, en un rodamiento rígido de bolas de una hilera de 80 mm de diámetro externo con sello metálico como se puede apreciar en la Ilustración 3-4.



Ilustración 3-4: Rodamiento de 80 mm de diámetro externo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

$$\Delta_L = \alpha \cdot L \cdot \Delta_T$$

Ecuación 3-1: Variación de longitud debido a dilatación térmica

Donde:

α = Coeficiente de dilatación térmica

Δ_L = Variación de longitud del rodamiento debido a la dilatación térmica

L = Longitud del rodamiento

Δ_T = Variación de temperatura del rodamiento

Datos:

L = 0,08 m

Δ_T = (0-110) °C

α acero 52100 = $11,9 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}^\circ\text{C}}$

$$\Delta_L = \alpha \cdot L \cdot \Delta_T$$

$$\Delta_L = 11,9 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}^\circ\text{C}} * 0,08\text{m} * 110^\circ\text{C}$$

$$\Delta_L = 104,72 \mu\text{m}$$

3.4. Diseño del control de temperatura

El control de temperatura del calentador de rodamientos inductivo se ha diseñado y construido con la finalidad de regular y mantener una temperatura específica, está compuesto por: el microcontrolador esp32 encargado de controlar, ejecutar y procesar las tareas específicas del módulo, mediante la programación del microcontrolador se ha permitido censar la temperatura de la pista interna del rodamiento a través de un sensor magnético de temperatura y mediante un set point de temperatura que controlará el encendido y apagado de la bobina de inducción, para ingresar la temperatura deseada de calentamiento o set point y monitorearla se ha recurrido a una pantalla Nextion NX4827T043 de 4.3 pulgadas controlada mediante botonera.

3.4.1. Diseño de placa de circuito impreso del control de temperatura inductivo

Para la construcción de la placa de circuito impreso del control de temperatura del calentador de rodamientos inductivo previamente se ha realizado el diseño esquemático en el cual incluimos los componentes que formarán parte del control de temperatura, en la Ilustración 3-5 se puede apreciar detalladamente la distribución de los componentes.

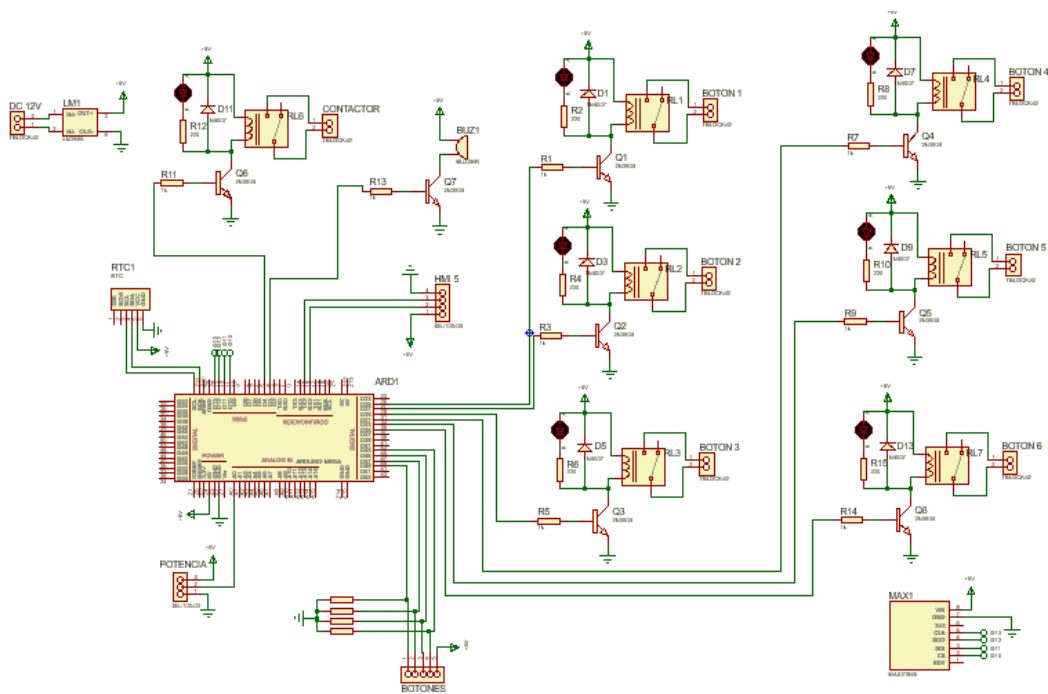


Ilustración 3-5: Diseño esquemático del control de temperatura inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Para realizar el diseño de la placa de circuito impreso se ha realizado la distribución de cada componente electrónico de manera que se optimicé el espacio y se mejore el rendimiento de la tarjeta electrónica de control mediante la simplificación de pistas internas y ocupando ambos

3.4.2. Diseño de placa de circuito impreso del control de temperatura resistivo

La placa de circuito impreso de control de temperatura resistiva posee ligeras variaciones en cuanto a su diseño, debido a que no incorpora un control de potencia de calentamiento, por tal razón posee menos componentes electrónicos, lo que la hace menos robusta, en la Ilustración 3-8 se presenta el diseño esquemático del control de temperatura donde se puede apreciar los elementos principales: el microcontrolador, el módulo de adquisición de datos, relé, botoneras, señalética visual por medio de un led y también señalética auditiva mediante una bocina.

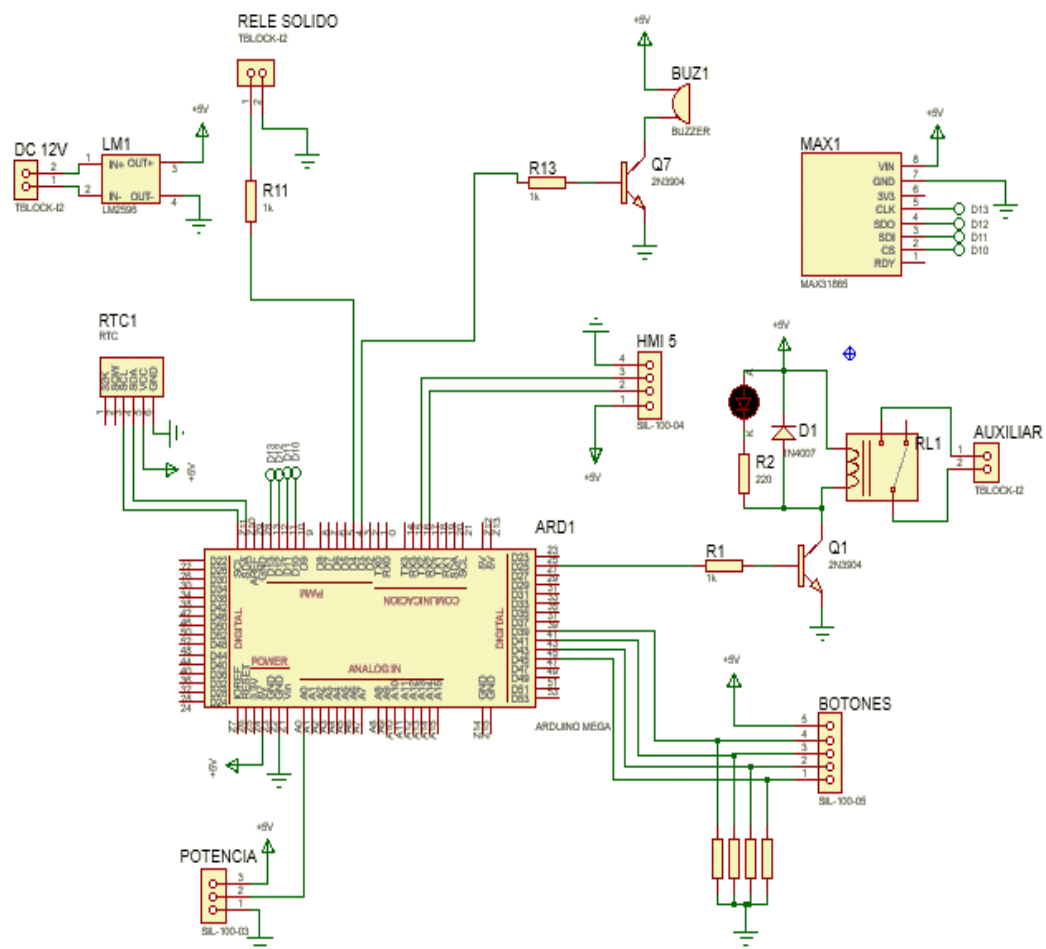


Ilustración 3-8: Diseño esquemático del control de temperatura resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Para el diseño de la placa de circuito impreso del control de temperatura del calentador de rodamientos resistivo se ha enfocado en realizar una distribución de los componentes electrónicos adecuada para potenciar su funcionamiento, debido a la complejidad de algunas conexiones se ha optado por realizar 4 puentes en el diseño de la PCB, de esta manera se ha reducido la cantidad de pistas, se ha obtenido como resultado final una placa de 127mm de ancho por 94mm de alto, en la Ilustración 3-9 se puede apreciar finalmente el diseño de la PCB

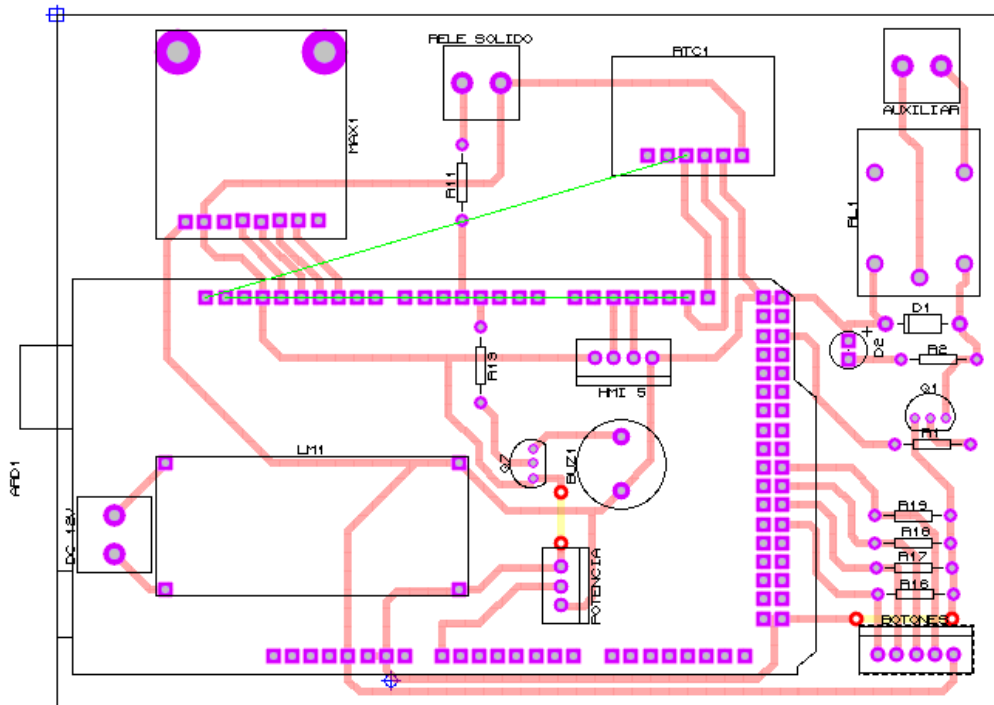


Ilustración 3-9: Diseño placa de circuito impreso de control de temperatura resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

En la Ilustración 3-10 se detalla el layout de la placa de circuito impreso (PCB), misma que facilitará el montaje de cada componente electrónico en la PCB correspondiente al calentador inductivo y resistivo.

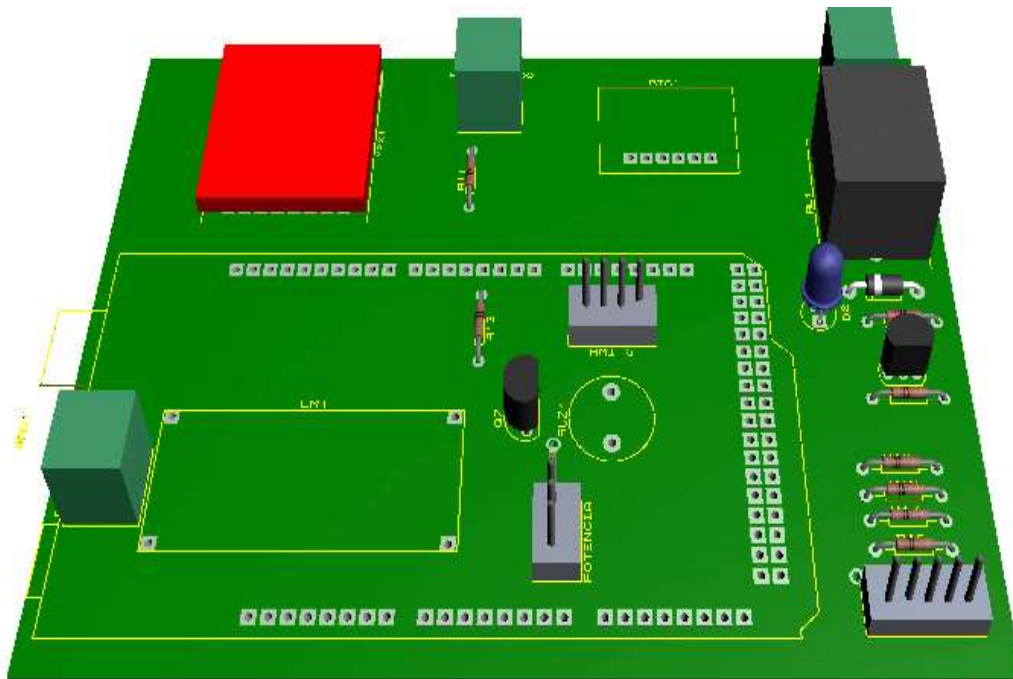


Ilustración 3-10: Animación 3D de la placa de circuito impreso del calentador resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.3. Selección de microcontrolador

El Esp32 ha sido seleccionado como el microcontrolador del control de temperatura debido a que ofrece un bajo consumo de energía, posee una elevada potencia de procesamiento, tiene un amplio soporte de periféricos que posibilita la conexión del sensor de temperatura del módulo, acaparando los requerimientos del control de temperatura. En la Ilustración 3-11 se puede apreciar la apariencia física del Esp 32.



Ilustración 3-11: Esp32

Fuente: (Andrés Bruno, 2019).

A continuación, en la Tabla 3-2 se detallan las especificaciones técnicas del fabricante tomadas en cuenta para la selección del microcontrolador y para su instalación.

Tabla 3-2: Especificaciones técnicas Esp32

Especificaciones técnicas	
Voltaje de alimentación (USB)	5V DC
Voltajes de entradas/salidas	3,3V DC
CPU	Tensílica Xtensa 32 bit LX6
Frecuencia de reloj	240 MHz
Memoria	448 kByte ROM 520 kByte SRAM
Protocolos de comunicación	Ethernet, SPI, UART, I2C, I2S

Fuente: (Andrés Bruno, 2019).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.4. Selección de sensor de temperatura

La selección del sensor de temperatura se ha realizado en base a los límites de temperatura máximos del calentador de rodamientos definido anteriormente (0-120) °C, y a la necesidad del sensor de adherirse a la pista interna del rodamiento mediante un imán, por tal razón se ha seleccionado un sensor magnético de temperatura PT100 que cumple con los requerimientos del

calentador de rodamientos, en la Ilustración 3-12 se puede apreciar un sensor magnético de temperatura PT100 de 3 hilos.



Ilustración 3-12: Sensor magnético de temperatura PT100

Fuente:(ADAFRUIT, 2022)

En la Tabla 3-3 se detallan las especificaciones técnicas a considerar para la selección del sensor y para su instalación dentro del control de temperatura.

Tabla 3-3: Especificaciones técnicas de sensor magnético PT100

Especificaciones de sensor de temperatura PT100	
Material de la carcasa de la sonda	Acero inoxidable 304
Grado	PT100
Tipo de sonda	Magnética
Diámetro de sensor	20 mm
Rango de temperatura	-15°C-180°C

Fuente:(ADAFRUIT, 2022)

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.5. Selección de módulo de adquisición de datos

Con la finalidad de potenciar el procesamiento de datos obtenidos por el sensor de temperatura RTD PT100 se ha seleccionado el módulo de adquisición de datos MAX 31865 encargado de convertir la señal de voltaje proporcionada por la PT100 en una señal digital con la finalidad de que los datos de temperatura sensados puedan ser procesados por el microcontrolador. En la Ilustración 3-13 se puede observar a detalle la forma física del MAX 31865.



Ilustración 3-13: MAX 31865

Fuente: (ADAFRUIT, 2022).

En la Tabla 3-4 se detallan las especificaciones técnicas del módulo de adquisición de datos significativas para la selección y posterior inclusión en el control de temperatura.

Tabla 3-4: Especificaciones técnicas MAX 31865

Especificaciones técnicas MAX 31865	
Voltaje de operación	3,3V a 3,5V
Resolución	15 bits(0.03125°C)
Precisión	0.5°C
Tiempo de conversión	21 ms
Comunicación	SPI
RTD Soportados	PT100, PT1000
Numero de hilos	2, 3, 4

Fuente:(ADAFRUIT, 2022).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.6. Selección de relé de estado sólido

Debido a la necesidad de controlar el encendido o apagado de los calentadores de rodamientos mediante un interruptor automático compatible con el microcontrolador se ha seleccionado el relé de estado sólido SSR-60DA, mismo que cuenta con las siguientes especificaciones de la 3-14.



Ilustración 3-14: Relé de estado sólido

Fuente: (FOTEK, 2019).

El relé de estado sólido posee especificaciones técnicas detalladas en la Tabla 3-5, mismas que se tomarán en cuenta para el diseño del control de temperatura.

Tabla 3-5: Especificaciones técnicas relé de estado sólido

Especificaciones técnicas	
Modelo	SSR-60DA
Color	Gris claro
Voltaje de disparo	3-32 VDC
Voltaje de conmutación	24-380 VAC @60A
Corriente de carga nominal	60 A
Longitud	60 mm
Ancho	45 mm

Fuente: (FOTEK, 2019)

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.7. Pantalla

Con el fin de realizar el monitoreo del proceso de calentamiento del rodamiento, se ha seleccionado la pantalla TFT Nextion NX4827T043 de 4.3 pulgadas, acorde a las dimensiones de ambos calentadores de rodamientos, en la Ilustración 3-15 podemos apreciar las características físicas de la pantalla.



Ilustración 3-15: Pantalla NX4827T04

Fuente: (NEXTION, 2022).

En la Tabla 3-6 se describen las especificaciones técnicas como el voltaje de funcionamiento, la corriente de funcionamiento, la resolución, el puerto de comunicación y el tamaño que son datos otorgados por el fabricante importantes por considerar para la selección y el posterior diseño del control de temperatura.

Tabla 3-6: Especificaciones técnicas de pantalla TFT Nextion NX4827T043

Especificaciones técnicas	
Voltaje de funcionamiento	5 V
Corriente de funcionamiento	250 mA
Resolución	480 x 272 pixeles
Puerto de comunicación	TTL
Color	64 K
Tamaño de diseño	120mm x 74mm x 6.2mm
Área visual	95.04mm x 53.86mm
Brillo	250nit
Peso	93.8 gr

Fuente: (NEXTION, 2022).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.8. Módulo reductor de voltaje

Se ha seleccionado un módulo regulador de DC a DC debido a que la fuente de voltaje principal del módulo no proporciona el voltaje adecuado para alimentar la pantalla TFT Nextion NX4827T043 de 4.3 pulgadas, mediante el módulo reductor de voltaje se proporcionará el voltaje, ver Ilustración 3-16.



Ilustración 3-16: Regulador de voltaje DC/DC Booster Step Up XL6009

Fuente: (UNIT ELECTRONICS, 2023).

En la Tabla 3-7 se detallan las especificaciones técnicas del regulador de voltaje que se tomaron en cuenta para la selección.

Tabla 3-7: Especificaciones técnicas de regulador de voltaje DC/DC

Especificaciones técnicas	
Voltaje de entrada	3.7V-32V DC
Voltaje de salida	5V-32V
Corriente máxima de entrada	5 A
Corriente máxima de salida	3 A
Potencia de salida	10 W
Eficiencia	94%
Frecuencia de trabajo	400 kHz
Rango de temperatura de trabajo	-40 a 85 °C
Dimensiones	42mm x 21mm x 14mm
Peso	12 gr

Fuente: (UNIT ELECTRONICS, 2023).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.4.9. Módulo RTC (Reloj de tiempo real)

La selección del módulo RTC, ver Ilustración 3-17 se ha realizado considerando la importancia de contar con una referencia precisa y confiable para regular la duración del proceso de calentamiento. Al utilizar este módulo, el sistema de control del calentador de rodamientos podrá llevar a cabo las acciones necesarias en función de intervalos de tiempo predeterminados, lo que contribuirá a garantizar un proceso de calentamiento seguro y eficiente.



Ilustración 3-17: Módulo RTC

Fuente: (UNIT ELECTRONICS, 2023).

En la Tabla 3-8 se detallan las especificaciones consideradas primordiales para determinar la selección del módulo RTC.

Tabla 3-8: Especificaciones técnicas de Módulo RTC

Especificaciones técnicas Módulo RTC	
Voltaje de alimentación	3,3V-5V
Tipo de comunicación	I2C
Exactitud de reloj	2ppm
Dimensiones	3 A

Fuente: (UNIT ELECTRONICS, 2023).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5. Dimensionamiento de calentador de rodamientos inductivo

El dimensionamiento del calentador de rodamientos inductivo es un proceso crucial que implica una serie de etapas para garantizar un funcionamiento eficiente y efectivo. La primera etapa consiste en determinar el tipo de bobina de inducción adecuada, considerando factores como el tamaño y las características necesarias para el calentamiento óptimo de los rodamientos. Además, se debe seleccionar una tarjeta electrónica de inducción acorde que se encargue de regular el suministro de energía a la bobina de manera precisa y controlada. La selección del material para el armazón del calentador de rodamientos inductivo es importante pues debe poseer propiedades magnéticas óptimas que permitan una transferencia eficiente de energía hacia los rodamientos.

3.5.1. Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo

En la Ilustración 3-18, se puede apreciar el diseño en CAD del armazón del calentador de rodamientos inductivo, a continuación, se realizará el detalle de la selección del material y dimensionamiento de cada pieza que conforma el armazón

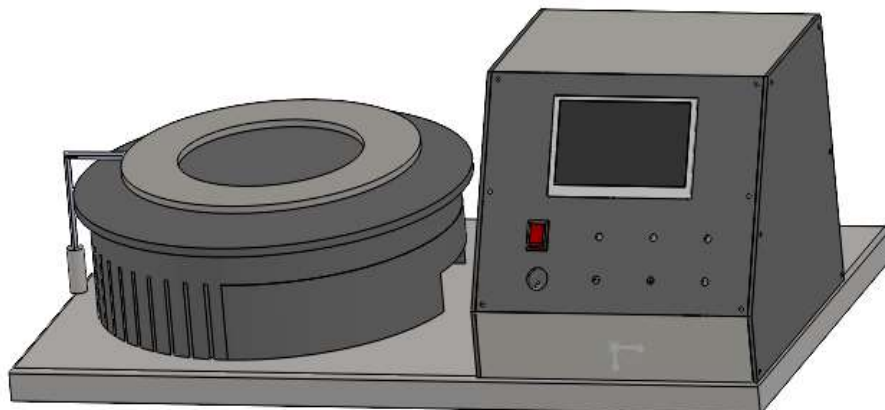


Ilustración 3-18: Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.1.1. Aro para activar inducción

Se ha diseñado la pieza mecánica de la Ilustración 3-19 con la finalidad de adecuar una estructura que soporte la base en la que se colocará el rodamiento, posee un diámetro externo de 209,85 mm y un diámetro interno de 131mm y tiene la forma de un aro con 3 cuadrados pequeños sobresalientes para la adaptación de los soportes.

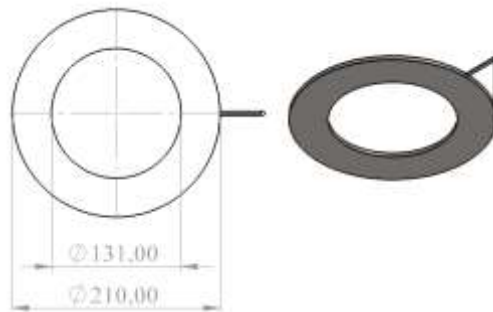


Ilustración 3-19: Aro para activar inducción

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.1.2. Estructura para el sistema de control.

Con el objetivo de ofrecer una solución aún más completa, se ha trabajado en la planificación del diseño de la estructura para albergar los componentes de control del módulo, la estructura ha sido cuidadosamente elaborada, teniendo en cuenta cada detalle para garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente del sistema. Se han tenido en cuenta las dimensiones, la ubicación y la interacción de la pantalla, los botones y los elementos de alarma. Además, se ha prestado especial atención a la ergonomía y la usabilidad, asegurando que los estudiantes puedan interactuar intuitivamente con los distintos componentes del módulo de control. Cada elemento ha sido ubicado estratégicamente, considerando la facilidad de acceso y operatividad, lo que se traduce en una experiencia de usuario optimizada. En la Ilustración 3-20 se puede apreciar el diseño final.

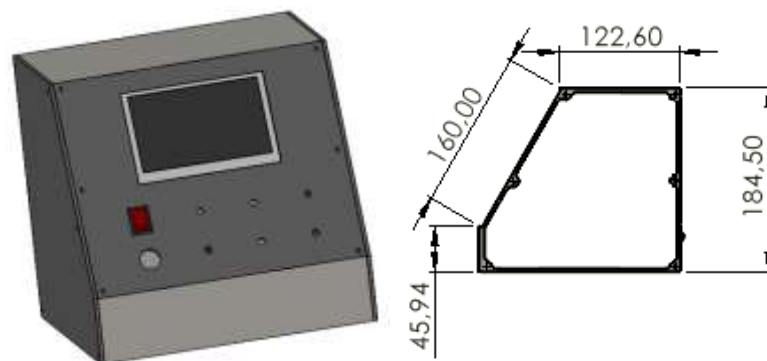


Ilustración 3-20: Estructura para el sistema de control

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.1.3. Máscara de botonera del sistema de control

Con la finalidad de otorgarle al sistema de control del módulo un acabado más elegante y resistente se ha incorporado en la parte frontal de la estructura de control del módulo un acabado en acrílico, el diseño y el detalle de las dimensiones más importantes se pueden apreciar en la Ilustración 3-21.

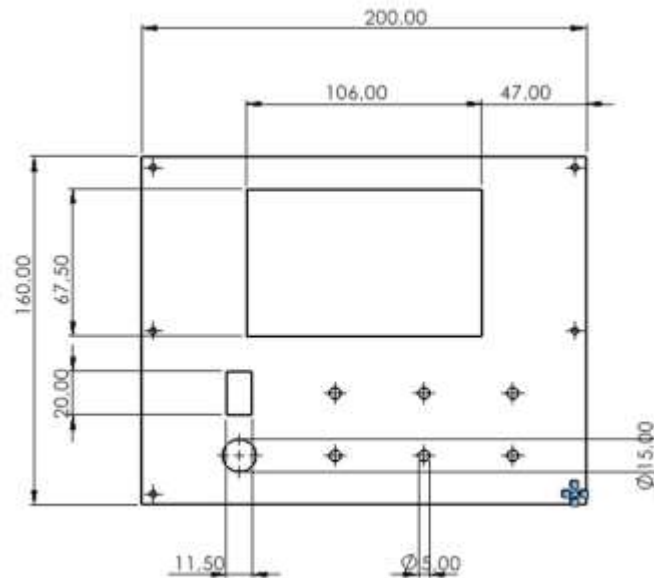


Ilustración 3-21: Máscara de botonera de sistema de control

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.1.4. Portada para máscara de botonera

La portada del sistema de control ha sido meticulosamente diseñada, centrándose en los controles principales del calentador de rodamientos para proporcionar una experiencia intuitiva y funcional para los estudiantes. Cada botón ha sido cuidadosamente etiquetado, detallando claramente su función, lo que facilita su utilización y minimiza posibles confusiones, en la Ilustración 3-22 se puede apreciar el diseño final de la portada. En el caso específico del calentador inductivo, se han incorporado los siguientes controles en la portada:

- Interruptor principal de encendido y apagado: Este botón permite activar o desactivar todo el sistema de calentamiento de manera rápida y sencilla.
- Paro de emergencia: La seguridad es una prioridad, por lo que se ha incluido un botón de paro de emergencia que detendrá inmediatamente cualquier proceso de calentamiento en caso de una situación crítica.

- Botón de inicio y fin del proceso de calentamiento: Con un solo toque, los usuarios pueden iniciar y finalizar el proceso de calentamiento de los rodamientos de manera controlada y eficiente.
- Botones para incrementar y disminuir la potencia: Estos controles permiten ajustar la potencia del calentador según las necesidades específicas de cada rodamiento, brindando flexibilidad en el manejo del sistema.
- Botones para incrementar y disminuir la temperatura: La precisión es fundamental en el calentamiento de rodamientos, por lo que se han incorporado botones dedicados para ajustar la temperatura con la máxima exactitud.

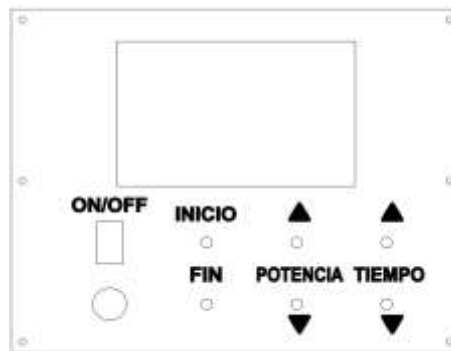


Ilustración 3-22: Portada de sistema de control

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.1.5. Base para unificar las partes del calentador inductivo

Para lograr la integración fluida y cohesionada de cada componente del armazón del calentador de rodamientos inductivo, se ha concebido una base especialmente diseñada para albergar todas las partes mencionadas. Esta base desempeña un papel fundamental al proporcionar un soporte estable y seguro donde se ensamblarán y colocarán todas las piezas del armazón. En la Ilustración 3-23 se detallan las características físicas de la base, brindando una representación visual detallada de su estructura y dimensiones. Esta información resulta crucial para comprender la disposición y configuración del sistema.

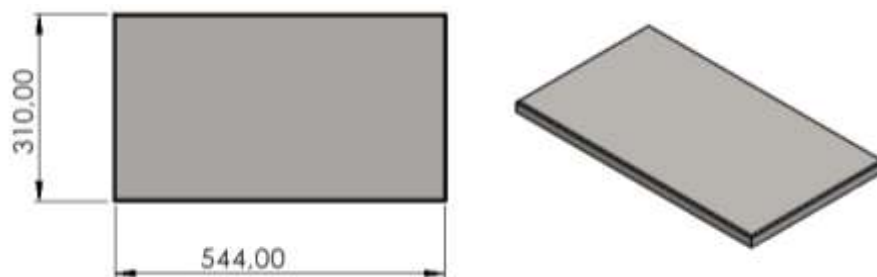


Ilustración 3-23: Base para el calentador de rodamientos inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.2. Bobina de inducción

Después de examinar los catálogos de proveedores que ofrecen bobinas de inducción y considerando los voltajes disponibles en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Se ha elegido una bobina de inducción que cumple las características detalladas en la Tabla 3-9, la cual proporciona información clave sobre sus especificaciones técnicas, tales como potencia, voltaje de funcionamiento y dimensiones relevantes. Estas especificaciones han sido evaluadas cuidadosamente para garantizar que la bobina de inducción seleccionada se ajuste de manera óptima a los parámetros y necesidades específicas del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

Tabla 3-9: Especificaciones técnicas de bobina

Especificaciones técnicas de bobina	
Voltaje	110-120 V
Frecuencia	60 Hz
Diámetro	205 mm
Potencia	1400 W

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

En la Ilustración 3-24 se muestra la bobina, el componente que genera un campo magnético a través de corriente alterna, la bobina de inducción se activa únicamente cuando el rodamiento rígido de bola se coloca en la base del calentador con el fin de calentar al rodamiento en un rango de temperatura de 80°C a 120°C.



Ilustración 3-24: Bobina de inducción

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.5.3. Tarjeta electrónica universal de inducción

Este componente electrónico ha sido adquirido para actuar como controlador de la bobina de inducción, se ha seleccionado esta tarjeta debido a que es menos robusta, pues incluye en la tarjeta, un microcontrolador que nos brinda las instrucciones de control de potencia deseadas, los

circuitos integrados de potencia acompañados de los transistores y diodos de potencia que gestionan y controlan la cantidad energía suministrada a la bobina inductora de acuerdo a los niveles de potencia, un circuito de control y regulación que mediante resistencias, capacitores y circuitos de realimentación permiten ajustar y regular la potencia y la frecuencia del campo magnético generado, además la placa cuenta con un fusible como componente eléctrico de protección ante sobrecargas o cortocircuitos. En la Ilustración 3-25 se puede apreciar la forma física de la tarjeta electrónica inductiva.

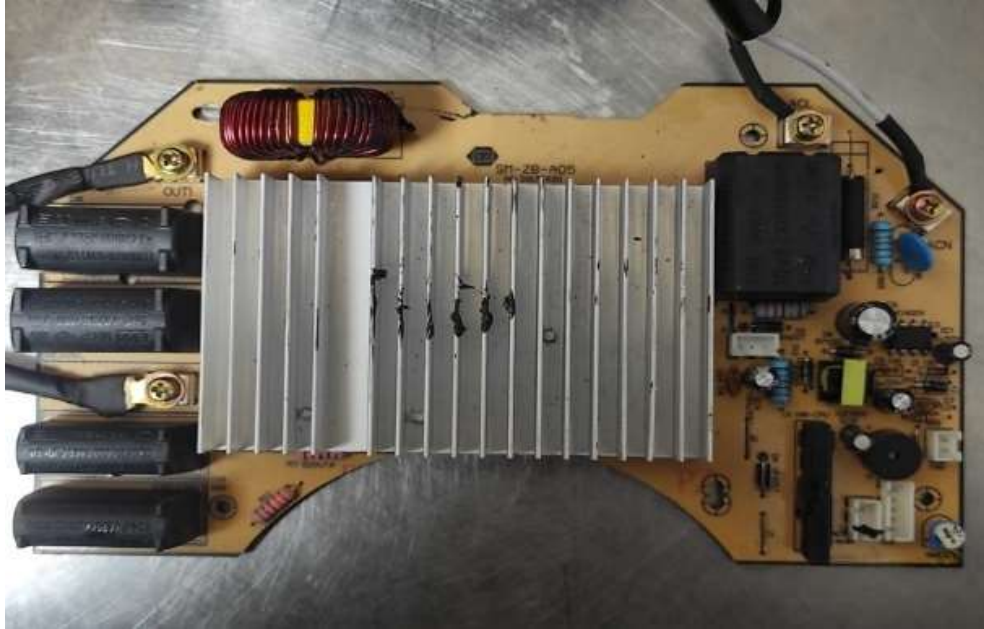


Ilustración 3-25: Tarjeta electrónica universal de inducción

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.6. Dimensionamiento de calentador de rodamientos resistivo

El dimensionamiento del calentador de rodamientos resistivo inicia por considerar los aspectos principales definidos anteriormente como el tipo de rodamientos que se utilizará, el tamaño de rodamientos, el voltaje de alimentación, el rango de temperatura y también será necesario definir el tipo de control de temperatura, la potencia de calentamiento, el material del armazón y demás aspectos a considerar.

3.6.1. Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo

En la Ilustración 3-26 se puede apreciar el diseño en CAD del armazón del calentador de rodamientos inductivo, a continuación, se realizará el detalle de la forma y dimensionamiento de cada pieza que conforma el armazón

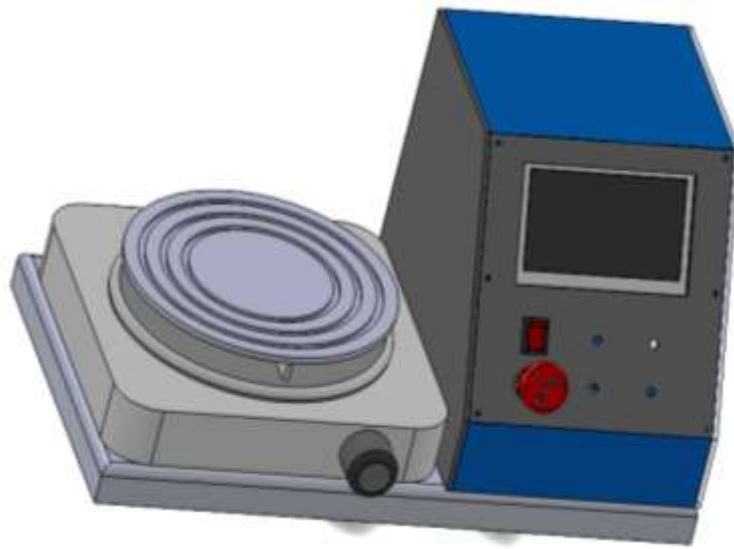


Ilustración 3-26: Diseño del armazón del calentador de rodamientos inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.6.1.1. Estructura de resistencia eléctrica

La estructura que albergará la resistencia eléctrica ha sido cuidadosamente diseñada para adaptarse de manera precisa a la forma espiral de la resistencia y a la vez tener una apariencia estética. Las dimensiones clave de esta estructura se encuentran en la Ilustración 3-27, lo que proporciona una representación visual clara de su tamaño y proporciones principales. La finalidad de este diseño meticuloso es garantizar un ajuste perfecto y seguro de la resistencia eléctrica dentro de la estructura, permitiendo un funcionamiento eficiente y seguro del calentador. Además, se ha tenido en cuenta la estética de la estructura para que no solo cumpla con su función práctica, sino que también se integre visualmente con el resto de las partes del calentador de rodamientos resistivo.

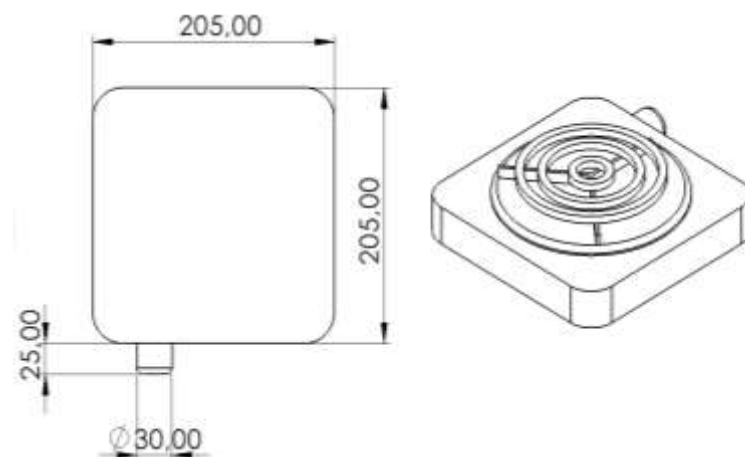


Ilustración 3-27: Estructura de resistencia eléctrica

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.6.1.2. Estructura para el sistema de control

La estructura que se ha diseñado para albergar el sistema de control del calentador de rodamientos resistivo a comparación con la estructura del calentador inductivo es más compacta debido a la necesidad de un control más simple, en la Ilustración 3-28 se puede apreciar el diseño de la estructura con las dimensiones más relevantes.

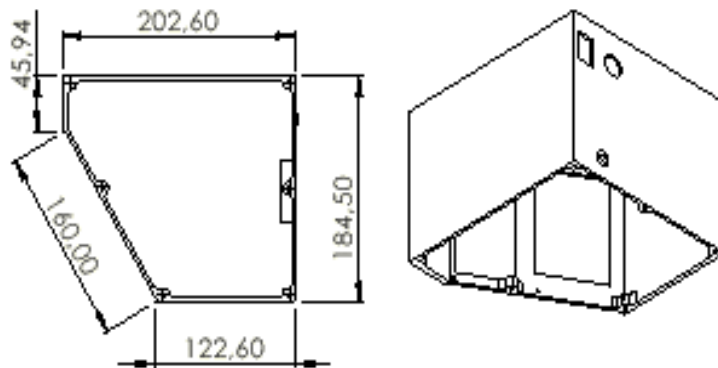


Ilustración 3-28: Estructura para el sistema de control resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.6.1.3. Base para asentar el rodamiento

Debido a la necesidad de realizar un calentamiento del rodamiento más uniforme se ha diseñado una base plana circular como se puede apreciar en la Ilustración 3-29, misma que cuenta con un diámetro de 165 mm y grosor de 4 mm, será acoplada a la resistencia eléctrica con la finalidad de lograr que el calor se distribuya de manera más uniforme y se transmita de manera efectiva a través de la superficie de la base circular. Esto garantizará que el rodamiento reciba una distribución homogénea de calor, lo que mejorará el proceso de calentamiento y evitará puntos calientes o irregularidades térmicas en el rodamiento.

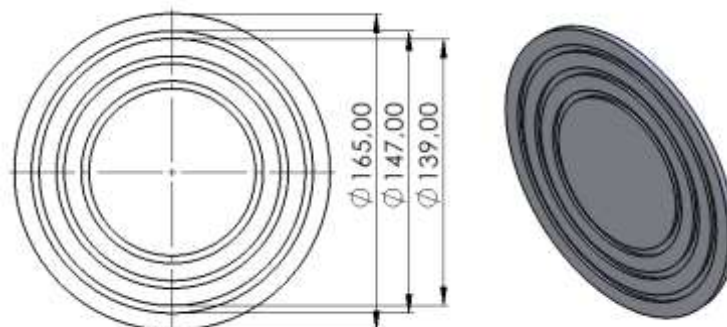


Ilustración 3-29: Base para asentar el rodamiento

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.6.2. Resistencia eléctrica.

Para la selección de la resistencia eléctrica del calentador de rodamientos resistivo se ha tomado en cuenta los parámetros por considerar detallados en la Tabla 3-10 para la posterior selección de una resistencia eléctrica que se adecue a los requerimientos técnicos establecidos.

Tabla 3-10: Parámetros por considerar para selección de resistencia eléctrica.

Parámetros por considerar	
Voltaje de Laboratorio	110-120 V
Frecuencia	60 Hz
Diámetro máximo de rodamiento	100 mm
Forma de elemento a calentar	Circular

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

De acuerdo con los parámetros por considerar y tras un minucioso análisis de las distintas opciones disponibles, se ha tomado la decisión de seleccionar una resistencia eléctrica en forma de espiral de 3 vueltas, como claramente se puede apreciar en la Ilustración 3-30.



Ilustración 3-30: Resistencia eléctrica.

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

La Tabla 3-11 muestra de manera detallada las especificaciones técnicas de la resistencia eléctrica seleccionada. Estos datos son fundamentales para garantizar una correcta integración en el circuito y asegurar un funcionamiento óptimo del sistema en su conjunto.

Tabla 3-11: Especificaciones técnicas de resistencia eléctrica.

Especificaciones técnicas de resistencia eléctrica	
Voltaje de alimentación	120 V
Potencia	1000 W
Intensidad	8.33 A
Resistencia	14.4 Ω

Fuente: (FERRE Suministros).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.7. Construcción de control de temperatura

El proceso de construcción del control de temperatura tanto inductivo como resistivo se ha realizado mediante la aplicación del método de grabado químico para la construcción la PCB y para el montaje de los componentes electrónicos se ha utilizado la soldadura con estaño. A continuación, se detallará la secuencia de construcción de los controles de temperatura de los calentadores de rodamiento resistivo e inductivo.

3.7.1. Elaboración de la PCB del control de temperatura.

Para la elaboración de la PCB del control de temperatura se ha utilizado el método de grabado químico debido a que brinda algunas ventajas en comparación a otros métodos, la ventaja primordial es que no se requiere de equipos especiales, y los materiales para el grabado químico son accesibles en el medio.

3.7.1.1. Grabado químico de diseño PCB en baquelita

El método de grado químico de ambas PCB requiere de los materiales detallados a continuación:

Tabla 3-12: Materiales para elaboración de PCB

Cantidad	Material
2	Baquelita
2	Papel fotográfico A4
1	Ácido cloruro férrico
1	Recipiente
1	Litro de agua

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Luego de haber obtenido los materiales necesarios ver Tabla 3-12 se ha procedido a iniciar con la elaboración de las PCB de control de temperatura de ambos calentadores de rodamientos, los pasos para la construcción están detallados a continuación:

- Se realiza la impresión de los dos circuitos PCB diseñados en el software asistido por computadora en papel fotográfico
- Luego se coloca y adhiere cada una las impresiones sobre la baquelita de modo que el lado de la baquelita cubierto de cobre quede sobre la impresión del diseño PCB
- Mediante una plancha se aplica calor sobre el lado del papel fotográfico a 80°C
- A continuación, se retira el papel fotográfico de la baquelita aplicando agua tibia y realizando movimientos ligeros con un cepillo de cerdas suaves.

- Se prepara en un recipiente de plástico 100 ml de agua y se ha vertido 10 mg de ácido cloruro férrico y colocamos la PCB en su interior durante 15 minutos.
- Como resultado final se obtiene las PCBs con las respectivas líneas de cobre del diseño impreso, como último paso se realizan los agujeros para colocar los componentes electrónicos con la broca de 1/32.

3.7.1.2. Soldadura de componentes electrónico en tarjeta de control

Para colocar los elementos electrónicos en las PCB se ha utilizado el método de soldadura con estaño que consiste en:

- Preparar las superficies: Se realiza una limpieza de los componentes electrónicos y de la PCB de manera que no exista ninguna impureza que afecte la calidad de la soldadura.
- Colocar los componentes: Se coloca cada uno de los componentes electrónicos en el lugar correspondiente según el diseño de la PCB.
- Aplicar estaño: Se aplica una pequeña cantidad de estaño en la punta del cautín y se coloca en contacto con la unión entre la PCB y los pines del componente. La punta caliente del cautín derrite el estaño y crea una conexión entre el componente y la PCB.
- Enfriamiento y solidificación: Una vez aplicado el estaño, se permite que la unión se enfríe y solidifique. Durante este proceso, el estaño se solidifica y crea una conexión permanente.

En la Ilustración 3-31 se puede apreciar la tarjeta de control del calentador de rodamientos resistivo luego de pasar por el proceso de grabado químico y por el proceso de soldadura de los componentes electrónicos.



Ilustración 3-31: Tarjeta de control del calentador resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

La construcción de la tarjeta de control inductiva como se describió en el proceso de diseño es más robusta a comparación con la tarjeta del calentador resistivo, en la Ilustración 3-32 se puede apreciar físicamente le tarjeta de control inductiva.

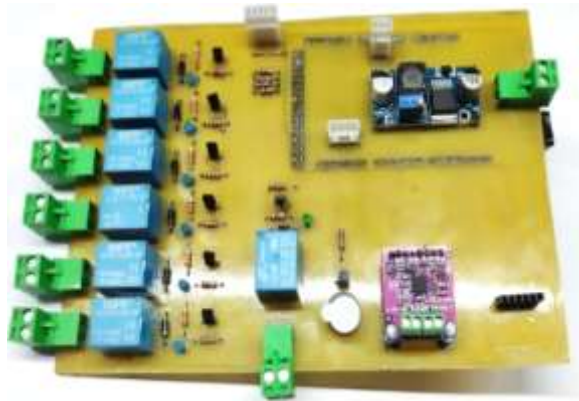


Ilustración 3-32: Tarjeta control del calentador inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8. Construcción del calentador de rodamientos inductivo

La construcción del armazón del calentador de rodamientos inductivo se llevará a cabo siguiendo los diseños detallados en el apartado de dimensionamiento previamente realizado. Se prestará especial atención a la selección de los materiales, priorizando aquellos que puedan soportar altas temperaturas para garantizar la durabilidad y el rendimiento óptimo del calentador y evitar que se deformen, deterioren o comprometan la eficiencia del sistema durante el proceso de calentamiento. Además, se considerará el aislamiento térmico adecuado en ciertas áreas del armazón para evitar que el calor se disipe hacia partes no deseadas del calentador, mejorando así la eficiencia del proceso de calentamiento y protegiendo a los operadores del contacto con superficies extremadamente calientes ver Ilustración 3-33.



Ilustración 3-33: Calentador de rodamientos inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.1. Construcción del aro para activar inducción

Para la construcción del aro base del calentador de rodamientos inductivo, se inicia por seleccionar el material adecuado para su construcción, la selección del material se centra en que el material elegido cumpla con aspectos técnicos como la resistencia a altas temperaturas mayores a 110°C, que el material sea ferroso pues de esta manera será compatible con la tarjeta de inducción y la bobina de acuerdo con los requerimientos mencionados se optó por utilizar el acero ASTM A36, en la Tabla 3-13 se detallan las especificaciones técnicas primordiales tomadas en cuenta para la selección.

Tabla 3-13: Especificaciones técnicas ASTM A36

Especificaciones técnicas ASTM A36	
Temperatura máxima	400°C
Ferroso	98% Fe
Límite elástico	45000 Psi
Resistencia a la tracción	67000 Psi
Dureza Brinell	137
Espesor	19 mm

Fuente: (Import Aceros, 2023)

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Adicionalmente en la Tabla 3-14 se detalla la composición química y las propiedades mecánicas como la fluencia, esfuerzo máximo o alargamiento del acero ASTM A36

Tabla 3-14: Calidad estructural de acero ASTM A36

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas				
	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cu	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	Norma Equivalente
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,4	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,30	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 S541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,8 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,2 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

Fuente: (Import Aceros, 2023).

Luego de la selección y la adquisición del acero ASTM A36 se realiza el proceso de corte y torneado de la base tomando en cuenta las dimensiones proporcionadas por el diseño realizado en CAD, en la Ilustración 3-34 se puede apreciar el resultado final del proceso de mecanizado de la pieza.



Ilustración 3-34: Aro para activar inducción

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.2. Construcción de soporte del aro para activar inducción

Para la construcción del soporte del aro no es necesario que el material seleccionado sea ferroso, debido a que es una pieza que cumple la función de mantener el aro en la posición adecuada para activar la inducción, para evitar que el soporte sea expuesto al calentamiento inductivo se debe seleccionar un material que no tenga propiedades magnéticas, por tal razón se ha seleccionado aluminio ASTM A1200, en la Tabla 3-15 se describen las especificaciones técnicas tomadas en cuenta para su selección.

Tabla 3-15: Especificaciones técnicas del Aluminio

Especificaciones técnicas del Aluminio	
Temperatura máxima	660 °C
Ferroso	No
Resistencia mecánica	135 kg/mm ²
Temple	H 14
Elongación	7%
Diámetro	4mm

Fuente: (Import Aceros, 2023).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

En la Ilustración 3-35 se puede apreciar el soporte construido para servir como soporte del aro diseñado para activar la inducción.



Ilustración 3-35: Soporte del aro

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.3. Construcción de estructura para el sistema de control

Para la construcción de la estructura que albergará el sistema de control del calentador de rodamientos inductivo, se tomó en cuenta la facilidad de modelado del material seleccionado, la resistencia a la flexión y esfuerzo del material, el peso, la temperatura máxima que soporta, la adaptabilidad que el material ofrece a futuras modificaciones, debido a los requerimientos ya mencionados se seleccionó como material de construcción el filamento de ácido poliláctico (PLA), en la Tabla 3-16 se describen las especificaciones técnicas consideradas para la selección del material.

Tabla 3-16: Especificaciones técnicas de PLA

Especificaciones técnicas de PLA	
Módulo de elasticidad a la tracción	2346.5 MPa
Esfuerzo de tracción a la deformación	49.5 MPa
Esfuerzo de tracción a la rotura	45.6 MPa
Alargamiento a la deformación	3.3%
Alargamiento a la rotura	5.2%
Temperatura máxima	60°C
Color	PLA Azul

Fuente: (ULTIMAKER, 2017).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Luego de seleccionar el material adecuado para la construcción de la estructura se seleccionó el método más factible para la modelación de la pieza, se tomó en cuenta la facilidad de personalización y exactitud de fabricación, se llegó a la conclusión que el mejor método de construcción era mediante impresión en 3D debido a sus múltiples beneficios de personalización de construcción de piezas ya que este método posee un programa compatible con el software utilizado para el diseño. En la Ilustración 3-36 se logra apreciar la estructura que albergará el sistema de control impreso en 3D.

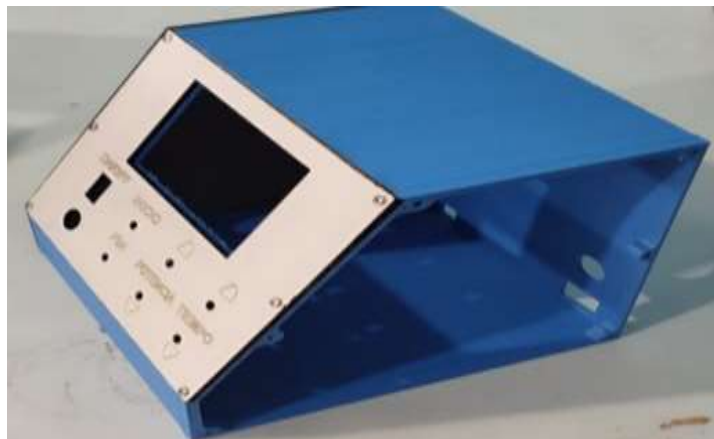


Ilustración 3-36: Estructura para sistema de control inductivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.4. Construcción de máscara y portada para botonera del sistema de control

La construcción de la máscara y portada para la botonera del sistema de control del calentador inductivo se ha realizado con el objetivo de otorgarle al equipo un acabado elegante y resistente debido a que estará expuesto a constante manipulación por parte de los estudiantes, por tal razón se ha seleccionado como material de construcción el acrílico porque satisface con los requerimientos ya mencionados. En la Tabla 3-17 se pueden apreciar las características principales tomadas en cuenta para la selección.

Tabla 3-17: Especificaciones técnicas del acrílico

Especificaciones técnicas del acrílico	
Temperatura de deformación	72°C
Resistencia al impacto	15kJ/m ²
Fuerza de tensión	56.2 MPa
Transmitancia	93.30%
Módulo de elasticidad a la tracción	3100MPa
Espesor	3mm

Fuente: (Corporación Limatambo, 2023).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

En la Ilustración 3-37 se evidencia de lado izquierdo la portada y máscara antes de realizar el montaje en la estructura principal y de lado derecho se aprecia el resultado final de la portada y máscara montadas en la estructura de control.



Ilustración 3-37: Máscara y portada para el sistema de control

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.5. Construcción de base para unificar las partes del calentador inductivo

Para la selección del material de construcción de la base principal de Módulo del calentador de rodamientos inductivo se tomó en cuenta, la ligereza del material, la resistencia a altas temperaturas, la resistencia a la corrosión, la facilidad de mecanizado que ofrece el material y su durabilidad, en base a las necesidades ya descritas se ha seleccionado una plancha de aluminio de

2mm de espesor, en la Tabla 3-18 podemos encontrar las especificaciones técnicas consideradas para su selección.

Tabla 3-18: Especificaciones técnicas de plancha de aluminio

Especificaciones técnicas de plancha de aluminio	
Espesor (mm)	2
Resistencia mecánica (kg/mm ²)	137-135
Elongación (%)	6,5-7,5
Temperatura máxima (°C)	660

Fuente: (DIPAC, 2023).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.6. *Ensamble de partes del calentador inductivo en la base*

En esta sección, se llevó a cabo el ensamblaje de las diversas piezas estructurales que conforman el calentador de rodamientos inductivo, mismas que se han dispuesto meticulosamente en la base principal especialmente diseñada para unificar todas las partes del calentador. La Ilustración 3-38 permite apreciar claramente cómo se han montado todas las piezas en la base principal. El montaje meticuloso y preciso asegura la integridad y estabilidad del calentador de rodamientos, proporcionando un dispositivo confiable y eficiente para su propósito.



Ilustración 3-38: Proceso de montaje de piezas en base principal

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.8.7. *Montaje de sistema eléctrico y electrónico*

La implementación del sistema eléctrico y electrónico del calentador de rodamientos inductivo involucra diversos componentes cruciales. Entre ellos, se encuentran la colocación de la tarjeta universal de inducción, la estratégica ubicación de la bobina de inducción, la instalación de la tarjeta de control del equipo, la incorporación de la pantalla de monitoreo, así como la disposición de la botonera y la configuración de las instalaciones eléctricas del módulo. La secuencia del proceso de montaje del sistema eléctrico y electrónico se muestra de manera detallada en la Ilustración 3-39, en la primera imagen se puede apreciar la conexión entre la tarjeta universal de

inducción y la bobina, en la segunda imagen se distingue la ubicación de la tarjeta y bobina de inducción en la estructura correspondiente para ambas partes, en la tercera imagen se realizó la instalación de los componentes del sistema de control, la tarjeta de control, la pantalla de monitoreo, el contactor para el sistema de potencia, el sensor de temperatura, los botones para el control de potencia, para el control de temperatura, para iniciar y finalizar el ciclo de calentamiento y el paro de emergencia. Además de estos componentes fundamentales, es importante destacar que se llevaron a cabo diversas etapas de pruebas y ajustes para garantizar el óptimo funcionamiento del calentador de rodamientos inductivo. Estas pruebas aseguran que todos los elementos del sistema estén correctamente sincronizados y calibrados para proporcionar un rendimiento excepcional.



Ilustración 3-39: Proceso de montaje de sistema eléctrico y electrónico

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.9. Construcción del calentador de rodamientos resistivo.

Para la construcción del calentador de rodamientos resistivo se han seguido los lineamientos dimensionales detallados en el apartado de diseño y dimensión de las partes que conformaran el equipo. Se tomaron en consideración aspectos importantes para la selección de los materiales de construcción como las condiciones de funcionamiento del equipo. En la Ilustración 3-40 se puede apreciar a detalle el calentador de rodamientos resistivo.



Ilustración 3-40: Calentador de rodamientos resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.9.1. Construcción de estructura para resistencia eléctrica

Se tuvieron en cuenta varios aspectos fundamentales durante la construcción de la estructura que contendría la resistencia eléctrica del calentador de rodamientos resistivo. Estos aspectos incluyeron la temperatura máxima que la resistencia eléctrica alcanzaría, la elección de un material con propiedades de alta resistencia al desgaste, esfuerzo y deformación, además de ser fácilmente maquinable o moldeable. Tomando en cuenta los requerimientos del equipo se ha seleccionado una plancha de acero inoxidable de 2 mm de espesor. En la Tabla 3-18 se puede apreciar las propiedades mecánicas que ofrece el material.

Tabla 3-19: Especificaciones técnicas del acero inoxidable 304

Especificaciones técnicas del acero inoxidable 304	
Resistencia mecánica (kg/mm ²)	49
Punto de fluencia (kg/mm ²)	18
Elongación (%)	40
Dureza (Rockwell)	81,7
Temperatura máxima (°C)	925

Fuente: (DIPAC, 2023).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Luego de seleccionar el material adecuado para la construcción de la estructura, se procede a realizar el maquinado de la pieza de acuerdo con las dimensiones proporcionadas por el diseño mecánico. En la ilustración 3-41 se puede apreciar el resultado final del proceso de maquinado.



Ilustración 3-41: Estructura para resistencia eléctrica

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.9.2. Construcción de estructura para el sistema de control.

Los aspectos considerados para la construcción de la estructura que contendrá el sistema de control son similares a las del módulo inductivo, por tal razón se ha considerado la selección del mismo material detallado en la Tabla 3-16, el método de construcción de igual manera se optó por la impresión en 3D debido a los beneficios que ofrece, la impresión en 3D de la estructura se realizó en base a las características estructurales detalladas en el diseño y dimensionamiento. En la Ilustración 3-42 se puede apreciar físicamente el resultado de la impresión 3D.

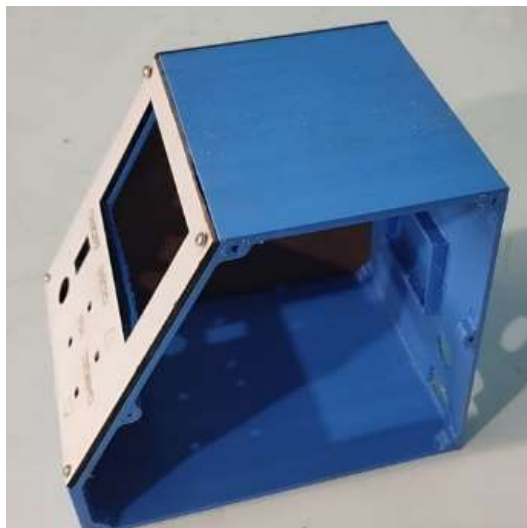


Ilustración 3-42: Estructura para sistema de control resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.9.3. Construcción de base para asentar el rodamiento

Para la construcción de la base para asentar el rodamiento durante el proceso de calentamiento, se tomó en cuenta que el material de construcción debe ser un buen conductor de calor y soportar

temperaturas elevadas, por tal razón se ha seleccionado una plancha de aluminio de 5mm de espesor, las especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 3-15. Luego de la selección del material adecuado se realizó el proceso de maquinado de la pieza mediante un torno CNC siguiendo las especificaciones dimensionales del diseño realizado previamente. En la Ilustración 3-43 se puede apreciar físicamente el resultado de la construcción de la base.



Ilustración 3-43: Base para asentar el rodamiento

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.9.4. Construcción de base para unificar las partes del calentador resistivo

Para la construcción de la base del calentador de rodamientos resistivo se tomó en consideración los aspectos tomados en cuenta para la construcción de la base del calentador inductivo, en base a lo descrito anteriormente se seleccionó como material de construcción una plancha de aluminio de 2mm de espesor, en la Tabla 3-19 se describen las especificaciones técnicas del material seleccionado.

3.9.5. Ensamble de partes del calentador resistivo en la base

Luego de la construcción de todas las partes constitutivas del calentador de rodamientos resistivo se realizó el ensamble de todas las piezas en la base principal, en la Ilustración 3-44 claramente se puede apreciar a el proceso de ensamble del equipo, mismo que inicia por el montaje de la estructura que albergará el sistema de control, luego se ensambló la resistencia eléctrica en la estructura y se acopló la base para asentar el rodamiento, luego se realizó la instalación del termostato para regular la potencia de la resistencia eléctrica, y finalmente se montó la estructura de la resistencia eléctrica.



Ilustración 3-44: Proceso de montaje de piezas en la base principal

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

3.9.6. *Montaje de sistema eléctrico y electrónico*

El montaje del sistema eléctrico y electrónico del calentador de rodamiento resistivo contempla la instalación de la tarjeta de control del equipo, la conexión de la pantalla, botones, sensor y dispositivos de protección, luego de concluir con las instalaciones eléctricas y electrónicas se procede a encender el equipo y verificar que presente un funcionamiento eléctrico adecuado. En la Ilustración 3-45 se puede apreciar el proceso de montaje del sistema eléctrico y electrónico del calentador de rodamientos resistivo.

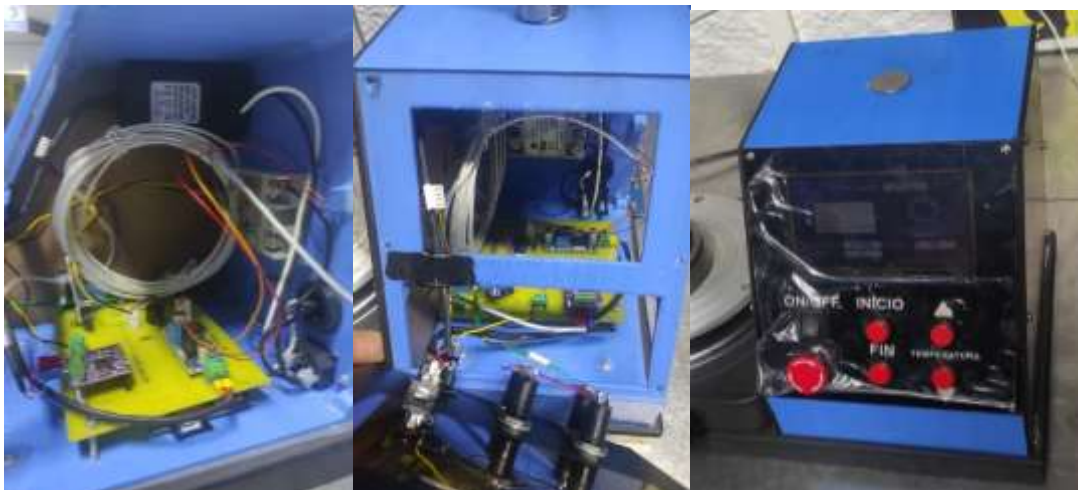


Ilustración 3-45: Proceso de montaje eléctrico y electrónico

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En el presente capítulo se describirá a detalle, las pruebas de funcionamiento de cada uno de los calentadores de rodamientos, se establecerá una Tabla de temperaturas de calentamiento de rodamientos según rangos de diámetro externo sugeridas por los autores en base a pruebas realizadas con distintos tamaños de rodamientos, se mencionará el plan de mantenimiento para cada calentador acompañada de las respectivas hojas de tareas de mantenimiento (MTS) y su respectivas hojas de instrucciones de tarea (TIS), todo esto se puede apreciar en los Anexos A,B,C,D,F.

4.1. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento de los dos calentadores de rodamientos son importantes para garantizar su rendimiento eficaz y otorgar seguridad durante su uso. En este apartado se realizarán pruebas de calentamiento, se comprobará la precisión de los sensores de temperatura de ambos calentadores de rodamientos, se medirá el tiempo de calentamiento, se comprobará si existe buena distribución de calor, se verificará el correcto funcionamiento de los interruptores de protección.

4.1.1. Pruebas de calentamiento

La metodología empleada para la verificación de la capacidad de los calentadores de rodamientos para alcanzar y mantener la temperatura de calentamiento deseada se llevó a cabo mediante un minucioso monitoreo utilizando un termómetro infrarrojo. Este dispositivo de medición no invasivo permitió obtener mediciones precisas y en tiempo real del calentamiento de los rodamientos. El procedimiento de monitoreo se llevó a cabo con meticulosidad y se implementaron estrictas consideraciones para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos. Durante la prueba, se tomaron en cuenta diversos factores que podrían influir en el proceso de calentamiento, como la emisividad del material de los rodamientos y las condiciones ambientales.

La selección del valor de la emisividad se realizó en base a las Tablas de emisividad que existen para diferentes materiales, en este caso se tomó como material general de construcción de los rodamientos el acero y según la Tabla de emisividad proporcionado por testo se configuró la emisividad en 0,52 y la temperatura ambiente en 22°C. En la Tabla 4-1 se puede apreciar el valor de emisividad del acero y de otros materiales.

Tabla 4-1: Tabla de emisividad

Material (Temperatura del material)	Emisividad
Acero laminado en frío (93 °C)	0,75-0,85
Acero oxidado (200 °C)	0,79
Placa de Aluminio	0,09
Placa de cobre	0,06
Hierro fundido, pulido	0,21
Acero superficie tratada térmicamente (200 °C)	0,52
Algodón (20 °C)	0,77

Fuente: (TESTO, 2022).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

En la Ilustración 4-1 se detalla el procedimiento de monitoreo utilizado en esta verificación. En ella, se muestra cómo el termómetro de infrarrojos se posicionó cuidadosamente para medir la temperatura en puntos estratégicos de los rodamientos y del área circundante. En el lado derecho se pueden observar las pruebas realizadas en el calentador de rodamientos inductivo, mientras que en el lado izquierdo se puede observar las pruebas realizadas en el calentador de rodamientos resistivo.



Ilustración 4-1: Pruebas de calentamiento inductivo y resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.2. Prueba de exactitud de sensor de temperatura del sistema de control

Para realizar la prueba de exactitud de los sensores de temperatura que forman parte del sistema de control de los calentadores tanto inductivo como resistivo se utilizó una metodología que consiste en la comparación de valores obtenido de dos sensores de temperatura similares, a continuación, se detalla el paso a paso del método empleado:

- Preparar las PT100: Para esta prueba se necesita de una PT100 conectada al sistema de control de temperatura, y otra PT100 con las terminales sin conexión
- Toma de datos: Para este paso se utilizó un multímetro y un convertor de resistencias de PT100, se procede a leer y registrar las mediciones de resistencia obtenidas con el multímetro en el sensor del sistema de control y en el sensor libre en el mismo instante de tiempo. Es importante que las lecturas se tomen simultáneamente para evitar cambios de temperatura durante el proceso de registro.
- Tabla comparativa: Se procede a realizar una Tabla comparativa, en la que se detallan los valores de resistencia obtenidos de cada sensor y se realiza la conversión de resistencia de cada PT100 a temperatura en °C como se puede apreciar en la Tabla #.
- Análisis de datos: De acuerdo con los datos proporcionados por la Tabla comparativa realizamos el análisis de exactitud de los valores de temperatura, mediante una resta de las temperaturas de ambos sensores y determinamos el valor de error de temperatura.

En la Tabla 4-1 se puede apreciar los datos obtenidos para determinar la exactitud del sensor del control de temperatura, se han realizado 9 mediciones en ambos sensores a distintas temperaturas y se determinó que existe un error de 2,41°C, es decir el sensor de temperatura del sistema de control nos arroja mediciones con un error absoluto negativo

Tabla 4-2: Prueba de exactitud de sensor de temperatura

Prueba de exactitud de sensor de temperatura				
PT100 sin conexión Ω	Temperatura A (°C)	PT100 con conexión Ω	Temperatura B (°C)	Δ_T (Temperatura A-Temperatura B) (°C)
111,6 Ω	29,8 °C	111,4 Ω	28 °C	1,8 °C
112,8 Ω	33,42 °C	112,6 Ω	30,42 °C	3 °C
116,8 Ω	43,26 °C	116,4 Ω	40,33 °C	2,93 °C
118,6 Ω	47,93 °C	118,3 Ω	44,1 °C	3,83 °C
119,4 Ω	50 °C	118,9 Ω	48,1 °C	1,9 °C
120 Ω	51,56 °C	119,3 Ω	49,8 °C	1,76 °C
120,7 Ω	53,38 °C	120,5 Ω	51,3 °C	2,08 °C
121,4 Ω	55,22 °C	121,2 Ω	53,2 °C	2,02 °C
122,3 Ω	57,54 °C	122,1 Ω	55,2 °C	2,34 °C
PROMEDIO				2,41 °C

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

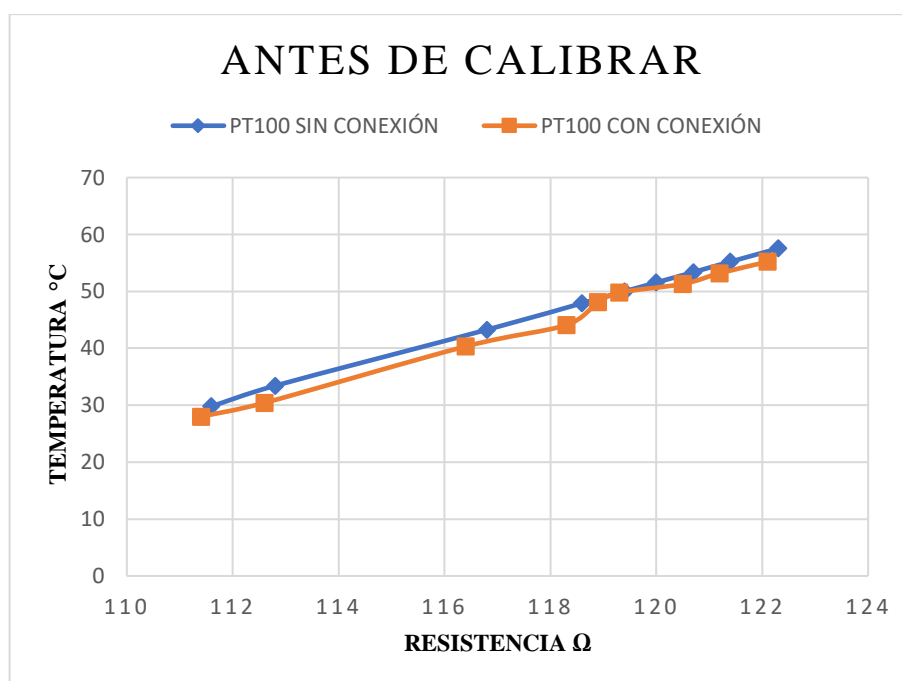


Ilustración 4-2: Datos antes de calibrar

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Para corregir el error significativo de los sensores de temperatura se realizó una compensación del valor obtenido en el código de programación del sistema de control de temperatura, de esta manera se redujo el error de 2,41°C a 0,81°C como se puede apreciar en la Tabla 4-2, adicionalmente se agregó un mini potenciómetro de precisión para calibrar manualmente los errores de medición del sensor de temperatura.

Tabla 4-3: Prueba de exactitud luego de calibración de sensor

Prueba de exactitud de sensor de temperatura I				
PT100 sin conexión Ω	Temperatura A (°C)	PT100 con conexión (Ω)	Temperatura B (°C)	Δ_T (Temperatura A-Temperatura B) (°C)
111,6	29,8	111,5	29	0,8
112,8	33,42	112,9	32	1,42
116,8	43,26	116,9	42,40	0,86
118,6	47,93	118,3	46,50	1,43
119,4	50	118,9	49,40	0,60
120 Ω	51,56	119,3	50,5	1,06
120,7	53,38	120,5	53	0,38
121,4	55,22	121,6	54,8	0,42
122,3	57,54	122,1	57,2	0,34
PROMEDIO				0,81

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

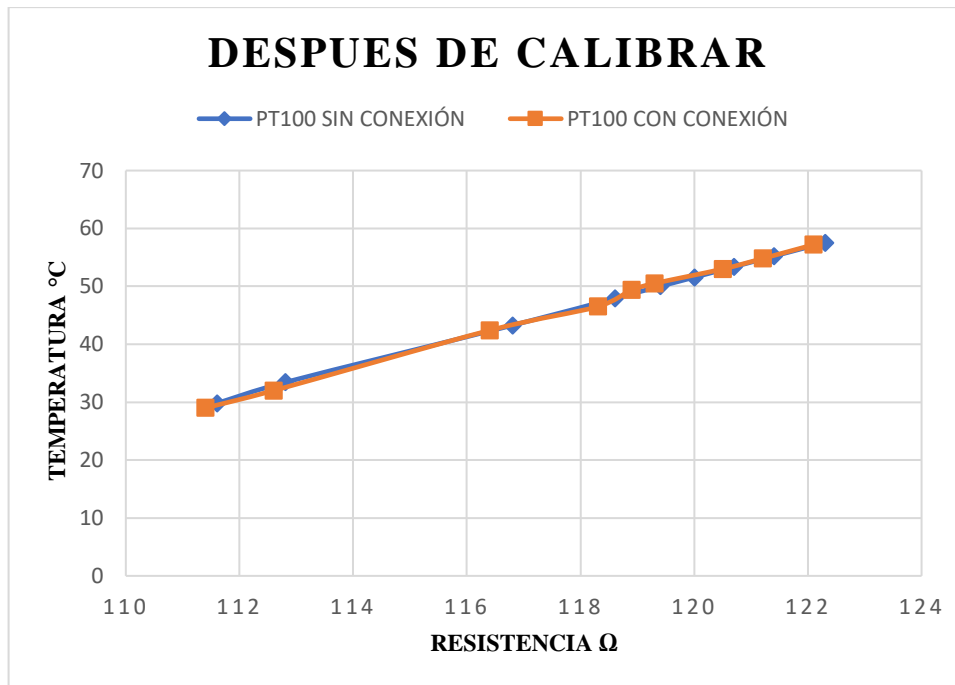


Ilustración 4-3: Después de calibrar

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Para verificar mediante otro método la precisión del control de temperatura de ambos calentadores se utilizó un termómetro de infrarrojos para realizar mediciones de temperatura en tiempo real. En la Tabla 4-4 se detallan las especificaciones técnicas del termómetro de infrarrojos utilizado para la toma de datos.

Tabla 4-4: Especificaciones técnicas de termómetro de infrarrojos

Especificaciones técnicas de termómetro infrarrojo	
Modelo	FLUKE VT04A
Campo de visión	28°x28°
Rango de medida de temperatura (°C)	-10 a +250
Formato de archivo	bmo o is2
Software	SmartView

Fuente: (FLUKE, 2020).

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

Utilizando un termómetro de infrarrojos altamente preciso y confiable, se procedió a tomar meticulosamente las mediciones durante todo el ciclo de calentamiento de los dos equipos en estudio. En la Ilustración 4-4, se presentan detalladamente las mediciones obtenidas durante el proceso de calentamiento del calentador de rodamientos resistivo. La temperatura emitida por el instrumento de medición se comparó rigurosamente con la temperatura proyectada en la pantalla del módulo. Esta comparación sistemática se realizó en numerosos puntos a lo largo del proceso de calentamiento. El objetivo era corroborar la precisión y fiabilidad del método aplicado previamente para determinar el aumento de temperatura en el calentador de rodamientos resistivo.

Los resultados obtenidos satisfactorios, ya que las mediciones realizadas mostraron una correspondencia casi perfecta entre las temperaturas registradas por el termómetro y las proyectadas en la pantalla del módulo.



Ilustración 4-4: Mediciones calentador de rodamientos resistivo

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

En la Ilustración 4-5 se detallan las mediciones realizadas en el calentador de rodamientos inductivo para validar la precisión del sensor de temperatura durante el proceso de calentamiento.



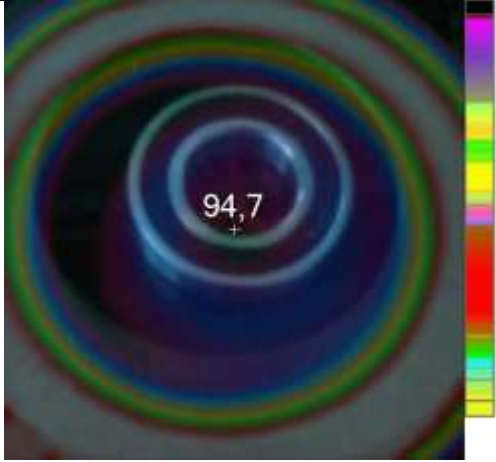
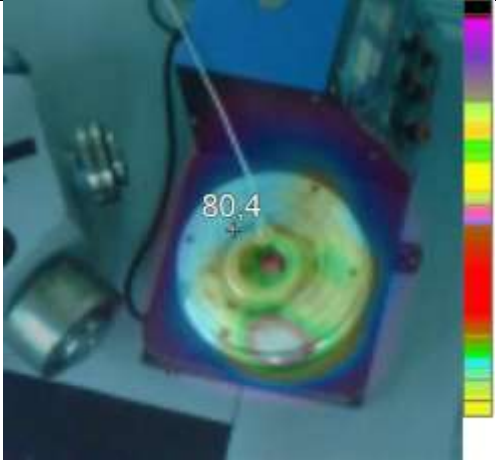
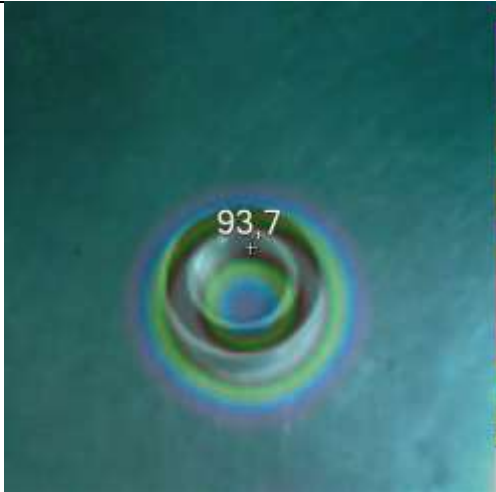
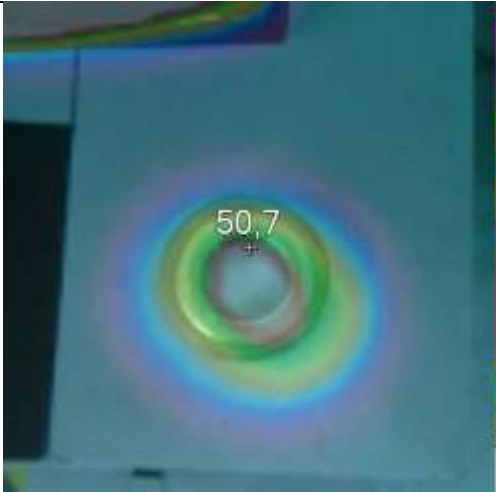
Ilustración 4-5: Mediciones calentador de rodamientos inductivo

Realizado por: .Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.3. Prueba de calentamiento uniforme del rodamiento

Un calentamiento uniforme permite una expansión controlada del rodamiento, evita posibles daños y brinda una reducción del esfuerzo durante el montaje, para comprobar que ambos calentadores de rodamientos brinden un calentamiento uniforme se ha realizado una prueba de montaje de rodamientos utilizando ambos calentadores y durante el proceso de calentamiento se realizaron termogramas utilizando un termómetro infrarrojo, donde se evidencia mediante una paleta de colores la coloración uniforme del rodamiento durante el calentamiento. En la Tabla 4-5 se pueden apreciar los termogramas obtenidos de ambos calentadores de rodamientos, en la parte superior se encuentran los termogramas de rodamientos calentados en cada uno de los módulos y en la parte inferior los termogramas de los rodamientos luego del proceso de calentado ubicados sobre una superficie, donde se puede apreciar que existe un calentamiento uniforme en la pista interna y externa del rodamiento.

Tabla 4-5: Pruebas de calentamiento uniforme

Pruebas de calentamiento uniforme	
Calentador inductivo	Calentador resistivo
	
Rodamiento calentado	Rodamiento calentado
	

Realizado por: .Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.4. Prueba de dilatación térmica de rodamientos

Esta prueba consiste en validar los resultados obtenidos previamente en el cálculo de dilatación térmica de rodamientos mediante pruebas reales. De acuerdo con los resultados proporcionados por la Tabla 4-6 donde se realizaron pruebas con rodamientos de diferentes dimensiones, se realizó una comparativa entre las medidas de diámetro externo del rodamiento antes de ser sometido al calentamiento y después de ser sometido al calentamiento, mediante una resta entre ambas medidas se determinó la dilatación real de cada rodamiento y se compararon los datos con la dilatación teórica de cada uno de los rodamientos obteniendo un comportamiento similar. Como resultado final se pudo concluir que existe una relación inversamente proporcional entre el diámetro externo del rodamiento y la temperatura de calentamiento, es decir a menor diámetro externo del rodamiento mayor será la temperatura de calentamiento para lograr una dilatación adecuada.

Tabla 4-6: Prueba de dilatación térmica de rodamientos

Calentamiento mediante dilatación térmica									
Tipo	T (+/-)	Antes		Calentamiento Temperatura °	Después		Dilatación		Tiempo de calentamiento (s)
		Diámetro E(mm)	Diámetro I(mm)		Diámetro E(mm)	Diámetro I(mm)	Real (mm)	Teórica (mm)	
6201-2RS	P6(0 a 11)	31,98	11,98	80	32,02	12,02	0,04	0,0304	140
6202-2RS	P6(0 a 11)	34,98	14,98	80	35,03	15,03	0,05	0,0333	125
6203Z	P6(0 a 11)	40	16,98	80	40,06	17,4	0,06	0,0380	95
6206Z	P6(0 a 11)	62	29,94	80	62,07	30,01	0,07	0,0590	95
6208-2RS	P6(0 a 11)	79,98	40	80	80,06	40,08	0,08	0,0761	95

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

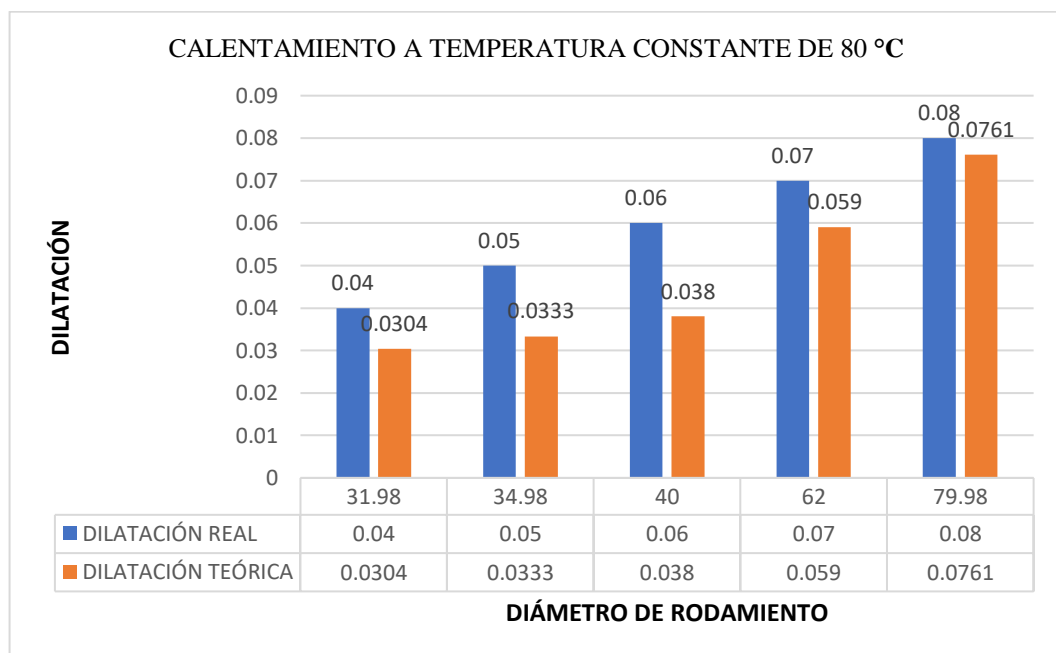




Ilustración 4-6: Comportamiento de pruebas de calentamiento

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.5. Pruebas de montaje en los módulos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

En la siguiente sección, se llevarán a cabo pruebas de montaje en los diferentes módulos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, especialmente en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, el módulo del sistema de poleas, el módulo del sistema de engranajes y los motores WEG presentes en las mesas de trabajo. El objetivo principal de estas pruebas es determinar con precisión si se ha realizado el montaje correcto de los rodamientos en cada caso. Para alcanzar este propósito, se emplearán las descripciones detalladas en la Tabla 4-7, que nos servirán como referencia clave para evaluar y verificar el proceso de montaje en cada uno de los componentes mencionados. Estas pruebas de montaje no solo asegurarán la eficiencia y confiabilidad de los equipos en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, sino que también sentarán las bases para un enfoque metodológico sólido y preciso en futuros proyectos de montaje de rodamientos.

Tabla 4-7: Características de montaje de rodamientos.

Características de montaje	
Descripción	Ilustración
No hay montaje: El rodamiento no se monta en el eje	
Montaje parcial: El rodamiento ingresa parcialmente en el eje, requiere de golpes para en la pista interna para lograr el montaje total	
Montaje total: El rodamiento ingresa totalmente en el eje.	
Montaje total, evaporación de lubricante	
Montaje total, evaporación de lubricante, daños superficiales.	

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.5.1. Montaje de rodamiento mediante dilación térmica en el módulo de montaje y desmontaje

La presente prueba fue realizada en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, específicamente en la práctica 5 destinada al montaje y desmontaje de rodamientos rígidos de bola de diámetro interno de 40mm. En la Tabla 4-8 se pueden apreciar las pruebas de montaje realizadas a distintas temperaturas.

Tabla 4-8: Pruebas de montaje en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos

Calentador Inductivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6208 TFN	80	40	50	60	SI	Montaje total
6208 TFN	80	40	60	75	SI	Montaje total
6208 TFN	80	40	70	90	SI	Montaje total, evaporación de lubricante
6208 TFN	80	40	80	110	SI	Montaje total, evaporación de lubricante, daños superficiales.
6208 TFN	80	40	90	120	SI	Montaje total, evaporación de lubricante, daños superficiales.
Calentador Resistivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6208 TFN	80	40	50	60	SI	Montaje total
6208 TFN	80	40	60	100	SI	Montaje total
6208 TFN	80	40	70	110	SI	Montaje total, evaporación de lubricante, daños superficiales.
6208 TFN	80	40	80	120	SI	Montaje total, evaporación de lubricante
6208 TFN	80	40	90	145	SI	Montaje total, evaporación de lubricante, daños superficiales.

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.5.2. Montaje de rodamientos mediante dilación térmica en el motor del sistema de poleas

Como parte de las pruebas necesarias para determinar el funcionamiento óptimo de los calentadores de rodamientos, se realizaron pruebas de montaje de rodamientos en el motor del sistema de poleas del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. En la Tabla 4-9 se detallan las pruebas realizadas, especificando el tipo de calentador utilizado, el tipo de rodamiento, la temperatura de calentamiento, el tiempo estimado de duración del calentamiento y la descripción del montaje.

Tabla 4-9: Pruebas de montaje en el motor del sistema de poleas

Calentador Inductivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6201 2RS C3	31,98	11,94	50	38	NO	
6201 2RS C3	31,98	11,94	60	38	NO	
6201 2RS C3	31,98	11,94	70	48	NO	
6201 2RS C3	31,98	11,94	80	53	SI	Montaje parcial
6201 ZZ TFN	31,98	11,94	80	62	SI	Montaje parcial
6201 2RSC3	31,98	11,94	90	70	SI	Montaje parcial
6201 ZZ TFN	31,98	11,94	90	86	SI	Montaje parcial
62012RSC3	31,98	11,94	100	95	SI	Montaje total
6201 ZZ TFN	31,98	11,94	100	125	SI	Montaje total
6201 2RS C3	31,98	11,94	110	200	SI	Montaje total, se evidencia evaporación de lubricante
6201 ZZ TFN	31,98	11,94	110	183	SI	Montaje total, se evidencia evaporación de lubricante
Calentador Resistivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6201 ZZ TFN	31,98	11,94	80	125	SI	Montaje parcial
6201 ZZ TFN	31,98	11,94	90	140	SI	Montaje total
6201 2RS C3 CMB	31,98	11,94	100	152	SI	Montaje total
6201 2RS C3 CMB	31,98	11,94	110	165	SI	Montaje total, se evidencia evaporación de lubricante

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.5.3. *Montaje de rodamientos mediante dilatación térmica en el motor del sistema de engranajes*

La presente prueba de montaje de rodamientos se realizó en el sistema de engranajes del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo con la finalidad de determinar cuál es la temperatura adecuada para el montaje de rodamientos. Las pruebas consisten en desmontar los rodamientos del motor del sistema de engranajes y realizar varias pruebas de montaje mediante dilatación térmica a diferentes temperaturas en orden ascendente, a cada temperatura se analiza si el rodamiento logra montarse parcialmente, totalmente o si presenta evaporación del lubricante o daños superficiales al rodamiento. En la Tabla 4-10 se pueden apreciar los resultados obtenidos en las pruebas de montaje.

Tabla 4-10: Pruebas de montaje de rodamientos en el motor del sistema de engranajes

Calentador Resistivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6202 2RS	35	15	50	80	NO	
6202 2RS	35	15	60	90	NO	
6202 2RS	35	15	70	105	SI	Montaje parcial
6202 2RS	35	15	80	120	SI	Montaje total
6202 2RS	35	15	90	142	SI	Montaje total
Calentador Inductivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6202 2RS	35	15	50	53	NO	
6202 2RS	35	15	60	60	SI	Montaje parcial
6202 2RS	35	15	70	89	SI	Montaje total
6202 2RS	35	15	80	100	SI	Montaje total
6202 2RS	35	15	90	124	SI	Montaje total, se evidencia evaporación de lubricante

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.5.4. *Montaje de rodamiento mediante dilatación térmica en motores WEG*

En la presente prueba se realizó el montaje de rodamientos en los motores WEG de las mesas de trabajo, siguiendo la misma metodología anterior para la toma de datos. En la Tabla 4-11 se pueden apreciar los resultados obtenidos.

Tabla 4-11: Pruebas de montaje de rodamientos en motores WEG de las mesas de trabajo

Calentador Resistivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6202RS	35	15	50	85	NO	
6202RS	35	15	60	90	NO	
6202RS	35	15	70	105	SI	Montaje parcial
6202RS	35	15	80	120	SI	Montaje total
6202RS	35	15	90	142	SI	Montaje total
Calentador Inductivo						
Tipo	Diámetro E (mm)	Diámetro I (mm)	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento(s)	Montaje en eje	Observación
6203Z TFN	40	17	50	53	SI	Montaje total
6203Z TFN	40	17	60	60	SI	Montaje total
6203Z TFN	40	17	70	89	SI	Montaje total
6203Z TFN	40	17	80	100	SI	Montaje total
6203Z TFN	40	17	90	124	SI	Montaje total, se evidencia evaporación de lubricante

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.1.6. Rango de temperatura de calentamiento según diámetro externo de rodamiento.

Según los resultados de las pruebas efectuadas en los módulos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, donde se llevaron a cabo montajes de rodamientos de distintos tamaños a diferentes temperaturas, se evaluó la calidad del montaje en cada caso. En base a los hallazgos obtenidos, se elaboró una Tabla con los rangos de temperatura de calentamiento recomendados en función del diámetro externo de los rodamientos. Es importante destacar que la determinación de los rangos de temperatura se realizó con el objetivo de maximizar el rendimiento y prolongar la vida útil de los rodamientos, evitando daños prematuros y reduciendo el desgaste innecesario. En la Tabla 4-12 se detallan los resultados obtenidos

Tabla 4-12: Temperaturas de calentamiento sugeridas

Temperatura de calentamiento sugerida	
Diámetro externo rodamiento	Temperatura de calentamiento °C
< hasta 30	90-100
30 a 35	80-90
35 a 40	70-80
40 a 60	60-70
60 a90	50-60

Realizado por: (Quisnia, B; Soria, E, 2023)

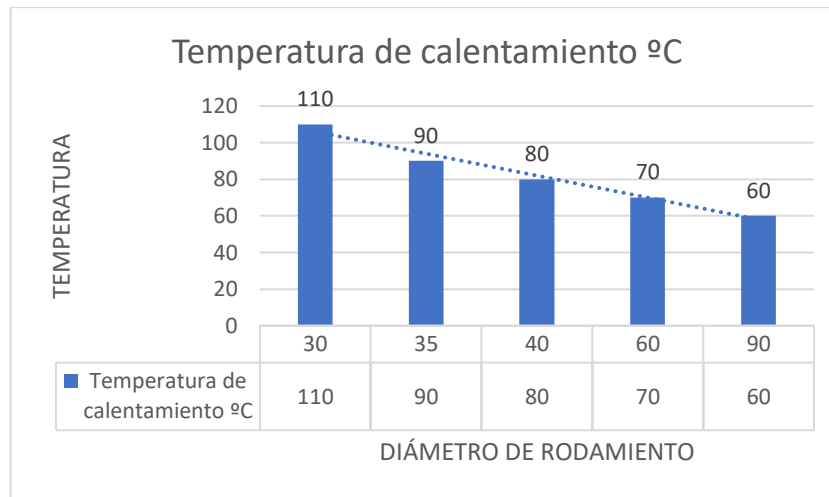


Ilustración 4-7: Temperaturas de calentamiento sugeridas
Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.2. Comparación de costos de equipo

Tabla 4-13: Comparación de costos de equipos

Calentador de rodamientos inductivo		
Equipo construido	Equipo comprado	
	FAG	BETEX
600	1299	22947
Calentador de rodamientos resistivo		
Equipo construido	Equipo comprado	
	BESSEY GCS-CB	EDDYTHERM Portable
600	750	800

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.3. Características técnicas de los calentadores de rodamientos

Tabla 4-14: Características técnicas de los calentadores de rodamientos

Características técnicas	
Calentador Inductivo	
Peso (kg)	240
Dimensiones (mm)	550x310
Potencia (W)	1400
Consumo energético	0,0233 kWh
Calentador Resistivo	
Peso (kg)	120
Dimensiones (mm)	367x215
Potencia (W)	1000
Consumo energético	0,033 kWh

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.4. Comparación de las características de los calentadores de rodamientos

Tabla 4-15: Comparación de las características de los calentadores de rodamientos

Características	Calentador inductivo	Calentador resistivo
Menor tiempo de calentamiento	X	
Peso		X
Equipos portátiles	X	X
Dimensiones adecuadas		X
Consumo energético	X	
Calidad de calentamiento	X	

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

4.5. Plan de mantenimiento de calentador inductivo y resistivo

Al finalizar las pruebas de funcionamiento de los calentadores resistivo e inductivo se elaboró el plan de mantenimiento preventivo y correctivo con la finalidad de garantizar la vida útil de los calentadores, en el presente plan se detalla el tipo de calentador, modo de fallo, tipo de mantenimiento, la frecuencia de ejecución, responsable de realizar dichas actividades y las herramientas necesarias para la ejecución. Además, se presenta la elaboración de MTS Y TIS de las tareas preventivas y correctivas. El plan de mantenimiento preventivo y correctivo se aprecia en el Anexo C y la elaboración de las MTS Y TIS del plan de mantenimiento se observa en el Anexo D.

4.6. Guía de laboratorio

La guía de laboratorio de la práctica número 5 mediante dilatación térmica se desarrolló con la finalidad de brindar a los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial una experiencia práctica y enriquecedora en el estudio de los fenómenos de dilatación térmica en los rodamientos. A lo largo de esta práctica se detallan los equipos de protección a utilizar en la práctica, las instrucciones de cada actividad, herramientas y equipos a utilizar. Además, se desarrolló un banco de preguntas con la finalidad de que los estudiantes comprendan mejor la práctica. La guía de laboratorio se puede observar en el Anexo A. Asimismo, la elaboración de las MTS Y TIS se detallan en base a la guía de laboratorio ver Anexo B.

4.7. MTS y TIS

En la cátedra de Mantenimiento industrial es indispensable que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas en el desmontaje y montaje de equipos industriales, por tal razón en la elaboración de MTS (hojas de tareas de mantenimiento) se detallan las tareas que se desarrollan, el tiempo que tardará la operación. Además, en dicha hoja se describe la base de conocimientos

que tiene el estudiante y la capacitación o entrenamiento que necesita. Asimismo, la elaboración de la TIS (hoja de instrucciones de tarea) se detalla cada tarea establecida en la MTS mediante descripción de paso, detalle de pasos, diagramas, etc. Este documento es en base a la práctica de montaje de rodamientos mediante dilatación térmica esto se puede observar en el Anexo B.

4.8. Costos de construcción

Tabla 4-16: Costos de construcción

Costos de construcción			
Calentador Inductivo			
Descripción	cantidad	Dimensión	Costo
Base principal	1	550 mm x 22 mm	80
Estructura de inducción	1	280 mm x 81 mm	100
Aro de inducción	1	210 mm x 4mm	40
Estructura de control	1	200 mm x 202,60 mm	100
Tarjeta de control de temperatura	1	185 mm x 123 mm	180
Sensor de temperatura PT100	1	20 mm	60
Pantalla NX4827T04	1	120 mm x 74 mm	80
Pintura resistente al calor	1	360 mL	10
Guantes resistentes al calor SKF	1		25
Rodamiento rígido de bolas	2	100mm Diámetro E	30
Calentador Resistivo			
Base principal	1	367 mm x 215 mm	700
Estructura resistiva	1	205 mm x 170mm	100
Base para colocar el rodamiento	1	165 mm x 4 mm	40
Estructura de control	1	150 mm x 202,60	100
Tarjeta de control de temperatura	1	127 mm x 94 mm	160
Guantes resistentes al calor SKF	1		25
Total			\$ 1,200

Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Tras el dimensionamiento de los módulos de calentadores de rodamientos, se ha identificado la importancia de tener en cuenta factores como el tamaño y tipo de rodamientos, las propiedades térmicas de los materiales y las condiciones de dilatación. La correcta elección de materiales y dimensiones permitió asegurar la eficiencia y precisión requeridas en el proceso de montaje de rodamientos a diferentes temperaturas, estos hallazgos son esenciales para garantizar que los equipos sean capaces de manejar adecuadamente los cambios dimensionales durante el proceso de calentamiento y enfriamiento, evitando posibles fallos o deformaciones que puedan afectar el resultado final.

La construcción exitosa de los equipos resistivo e inductivo representa un logro significativo en el trabajo de integración curricular. La implementación de ambos módulos abre oportunidades para abordar diferentes casos de montaje de rodamientos en función de las necesidades específicas y las características de los componentes. Cada equipo fue diseñado y construido considerando los requerimientos técnicos y de seguridad, lo que asegura su eficacia y confiabilidad durante el montaje de rodamientos en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

Las pruebas de funcionamiento de los métodos resistivo e inductivo proporcionaron resultados alentadores. Ambos métodos demostraron ser efectivos en el calentamiento controlado de los rodamientos, facilitando así su montaje y desmontaje de manera segura y precisa. Como resultado de las pruebas de funcionamiento se puede interpretar que, la dilatación térmica emitida en rodamientos rígidos de bolas dependerá del diámetro externo del rodamiento, es decir, los rodamientos de diámetro pequeño su temperatura de dilatación será en un rango de 90 a 100°C y rodamientos de diámetros grandes su grado de temperatura será 50 a 60 °C. Estos resultados validan la viabilidad y eficiencia de los métodos propuestos para el montaje de rodamientos y abren el camino para su aplicación en futuros proyectos y operaciones en el Laboratorio.

La elaboración del plan de mantenimiento y operación, junto con la guía de laboratorio para los dos métodos de montaje de rodamientos, representa una contribución significativa al Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Estos documentos proporcionan una hoja de ruta clara y detallada para la correcta utilización y mantenimiento de los equipos resistivo e inductivo, asegurando la continuidad y la eficacia en el proceso de montaje de rodamientos. Además, la guía de laboratorio

servirá como una valiosa herramienta de referencia para el personal estudiantil, técnico y docente, facilitando la capacitación y formación adecuada en el uso de estos equipos. La existencia de estos planes y guía fortalece la capacidad del laboratorio para llevar a cabo futuros proyectos y tareas de montaje de rodamientos con altos estándares de calidad y seguridad.

5.2. Recomendaciones

Tener en cuenta los rangos de temperatura de calentamiento proporcionados por las pruebas realizadas en el capítulo 4 en el presente Trabajo de Integración Curricular.

Para la práctica de laboratorio de dilatación térmica, mediante los calentadores de rodamientos el estudiante, técnico o docente manipule los rodamientos calientes con guantes resistentes al calor.

Es de suma importancia que, los estudiantes conozcan fundamentos teóricos acerca de la dilatación térmica, a que temperatura sufre daños el rodamiento, y a que rango de temperatura el lubricante sufre evaporación o daños para evitar errores al momento de realizar la práctica.

Se recomienda implementar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo elaborado en el presente Trabajo de Integración Curricular, con el propósito de disminuir fallas y garantizar la disponibilidad de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AI-THINKER**. *Nodemcu-32s WIFI MODULE V1 Nodemcu-32s Datasheet*. [blog]. [Consulta: 25 abril 2023]. Disponible en: <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>.
2. **BOERO, Carlos**. *Mantenimiento industrial*. [en línea]. Córdoba: Jorge Sarmiento Editor – Universitas, 2020. [Consultado: 26 abril 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/172523?prev=as>
3. **CORONA RAMÍREZ, Leonel Germán, et al**. *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino*. [en línea]. 2ª ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2019. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/121284>
4. **ESPRESSIF SYSTEMS**. *Datasheet Esp32*. [blog]. 2020. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>.
5. **FAG**. *Rodamientos de bolas, Rodamientos de rodillos, Rodamientos de agujas, Rodillos-guía, Rodamientos para husillos roscados, Rodamientos autoalineables, soportes para rodamientos Accesorios*. [blog]. 2014. pp. 1–204. [consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <https://tresnaklema.com/wp-content/uploads/2021/07/CATALOGO-GENERAL-RODAMIENTOS-FAG-1.pdf>
6. **GALLARÁ, I., & PONTELLI, D**. *Mantenimiento industrial*. [en línea]. Córdoba: Jorge Sarmiento Editor – Universitas, 2020. [consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/172527>.
7. **IRANZO PONTES, M., et al**. *Electrónica analógica discreta*. [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/73950>
8. **JIMÉNEZ PADILLA, B**. *Montaje y reparación de los sistemas mecánicos: FMEE0208 (2a. ed.)*. [en línea]. 2. ed. Málaga: IC Editorial, 2022. [Consultado en: 05 May 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/226992>
9. **LÓPEZ PÉREZ, V. P., & RAMÍREZ MONTESDEOCA, W. A**. *Diseño de un horno para tratamiento térmico del rodete de la turbina Francis (Celec Unidad de Negocio Hidroagoyán)*. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 73-81. [Consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1398/1/15T00485.pdf>

10. MARTÍN SEGURA, G. Induction heating converter's design, control and modeling applied to continuous wire heating [en línea]. Tesis doctoral, UPC, Departament d'Enginyeria Elèctrica, 2012. DOI 10.5821/dissertation-2117-94610. [Consulta: 14 Agost 2023]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2117/94610>

11. PILLAJO CORELLA, Boris Marcelo, & ROMERO VELASCO, Fabricio Ismael. Diseño u construcción de un horno calentando por resistencias eléctricas que trabaje en un rango de temperaturas entre 1000 a 1350 grados centígrados, y controlado por un sistema computarizado. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). [en línea]. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2016. pp. 27-50 [Consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/14106>

12. PIZETTA, D. C., & MASTELARO, V. R. “*Construção de um dilatômetro e determinação do coeficiente de dilatação térmica linear*”. *Revista Brasileira de Ensino de Física* [en línea], 2014, 36(1), pp. 1313. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100013>

13. RECABARREN, P. G. *Introducción a la electrónica digital: teoría, circuitos y ejercicios de aplicación.*

14. SEGURA, Guillermo Martín. Induction heating converter's design, control and modeling applied to continuous wire heating (Trabajo de Titulación) (Doctoral). [en línea]. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. 2012. pp. 37-41. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/94610>

15. SHUGULI PAREDES, Christian Javier. *Construcción de una prensa hidráulica manual para el montaje y desmontaje de rodamientos rígidos de bolas con diámetro interior desde 20 mm hasta 30 mm.* 2006. Tesis de Licenciatura. QUITO/EPN/2007.

16. SHUGULÍ PAREDES, Cristhian Javier. Construcción de una prensa hidráulica manual para el montaje y desmontaje de rodamientos rígidos de bolas con diámetro interior desde 20mm hasta 30mm. [en línea]. Escuela Politécnica Nacional, Escuela de formación Tecnológica. Quito-

17. SKF. Calentadores de inducción [blog]. [Consulta: 09 abril 2023]. Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d196804b8364-10921ESAR_SKF_InductionHeaters_tcm_201-37444.pdf

18. SUÁREZ VARGAS, F. C. Sistema de comunicaciones.

19. ZANDANEL, ARMANDO., & BERRUCHIO, G. Física V : porqué el mundo funciona como lo hace : desde Tales a la teoría electromagnética de la luz.



ANEXOS

ANEXO A: GUÍA DE LABORATORIO

GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: MONTAJE DE RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS
MEDIANTE DILATACIÓN TÉRMICA

1. DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar el montaje de rodamientos rígidos de bolas de 40 mm de diámetro interno y 90 mm de diámetro externo mediante dilatación térmica.

2.2. Objetivo específico

- Identificar el calentador resistivo e inductivo correspondientes a la práctica
- Comprender los parámetros de temperatura y tiempo adecuados para la dilatación de los rodamientos y evitar daños o deformaciones.
- Describir el procedimiento de dilatación térmica del rodamiento rígido de bolas

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Técnicas de montaje de rodamientos

Para lograr un montaje apropiado, se necesita experiencia, precisión, un área de trabajo limpio, herramientas y técnicas adecuadas.(SKF, 2019, p.199)

Las técnicas de montaje se pueden clasificar en:

- Técnica de montaje mecánica
- Técnica de montaje hidráulica
- Técnicas de montaje mediante dilatación térmica

3.2. Transformación de energía térmica a energía eléctrica

Estos transductores funcionan gracias a las propiedades eléctricas de los conductores y semiconductores y están compuestos principalmente por varios tipos de dispositivos, incluyendo termistores, termopares, resistencias eléctricas, medidores de radiación y medidores ópticos, como se observa en la Tabla 1.(Ramírez et al., 2019, pp.174-175)

Tabla 1: Clasificación de sensores de temperatura

Sensor	Ventajas	Desventajas
Termistor	Alta salida Rápido Alta sensibilidad Implementación fácil	No lineal Rango de temperaturas limitado Requiere fuente de corriente Autocalentamiento
Termopar	Implementación simple y fácil Bajo costo Amplio rango de temperaturas	No lineal Bajo voltaje Requiere referencia Baja estabilidad
RTD	Alta estabilidad Alta precisión	Alto costo Lento Poco cambio en la resistencia Medida con puente
IC	Alta linealidad Salida alta Bajo costo	Rango de temperatura limitado Requiere fuente de alimentación Lento Autocalentamiento

Fuente: Ramírez et al., 2019

Realizado por: (Quisnia, B; Soria, E, 2023)

3.3. Calentamiento por inducción electromagnética

Dentro de la técnica de dilatación térmica para calentar un rodamiento podemos encontrar el método de calentamiento mediante inducción recomendado por el Grupo SKF debido a que son

una forma moderna, eficaz y segura de calentar rodamientos y otros componentes de maquinaria. A diferencia de otros sistemas de calentamiento, los calentadores mediante inducción utilizan un campo magnético para generar calor en el componente y lograr expandirlo a una determinada temperatura. En la Ilustración 1 se puede apreciar un calentador inductivo. (Grupo SKF, 2020, p.2)



Ilustración 1. Calentador inductivo SKF.

La dilatación térmica por inducción consiste en calentar materiales conductores de electricidad mediante la generación de corrientes de Foucault en su interior, y ofrece numerosas ventajas en comparación con otros métodos de calefacción, como los hornos de gas y petróleo. Entre las ventajas se encuentran un calentamiento más rápido y uniforme, un mayor ahorro de energía, ofrecen mayor seguridad y capacidad de producción. (Segura, 2012, p.1)

4. INSTRUCCIONES

La práctica de laboratorio se desarrollará mediante el cumplimiento secuencial de los siguientes pasos:

- Inspección de los equipos de protección personal
- Implementación de las 5S en el puesto de trabajo y en los calentadores de rodamiento
- Desmontar el rodamiento rígido de bolas del eje 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos
- Comprobar que los módulos de montaje y desmontaje esté operativos como se observa en la Ilustración 2.



Ilustración 2. Inspección visual del módulo

Verificar que los seguros de las llantas delanteras de los dos módulos estén puestos correctamente ver Ilustración 3



Ilustración 3. Seguro de las llantas delanteras.

Se procede alzar los abatibles laterales de los dos módulos verificando que sus seguros estén correctamente colocados como se observa en la Ilustración 4.



Ilustración 4. Asegurar los abatibles.

Colocar los calentares tanto inductivo y resistivo en el lateral izquierdo de cada módulo con el fin de que la práctica sea efectiva ver Ilustración 4.



Ilustración 5. Colocación de los calentadores en los laterales de los módulos

Adquirir las herramientas necesarias como el extractor de rodamientos y una llave mixta N.º 17, herramientas necesarias para el desmontaje de rodamientos y se procede a colocar las

herramientas en el lateral izquierdo con el fin de tener un mayor manejo de herramientas ver Ilustración 6.



Ilustración 6. Herramientas a utilizar en el desmontaje del rodamiento

Colocar el hexágono en la posición 5 correspondiente a la práctica de dilatación térmica, se procede a girar en sentido antihorario el mango de fijación del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos para girar el hexágono en la posición 5 correspondiente a la práctica de dilatación térmica como se puede apreciar en la Ilustración 7.



Ilustración 7. Posición del hexágono

Se procede a colocar el seguro del mango de fijación del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos en sentido horario para su fijación y asegurando el eje de la práctica 5 destinada a la dilatación térmica como se observa en la Ilustración 7.

Una vez asegurado el hexágono, se procede a extraer el rodamiento de cada módulo, colocar el extractor en el rodamiento de la posición 5 de los módulos, colocando la llave mixta N° 17 para el desmontaje ver Ilustración 8.



Ilustración 8. desmontaje de rodamientos.

Para el calentador de rodamientos inductivo, se verifica que el seguro del aro de acero esté bien fijo y seguro, para que el calentador inductivo detecte la inducción y realice su proceso de calentamiento correctamente, tomando en cuenta que la distancia recomendada de la base es de 2 mm de distancia entre la base y el aro de acero como se muestra en la Ilustración 9.



Ilustración 9. Colocar el seguro del aro de inducción.

En el caso del calentador resistivo, se verifica que la base de aluminio esta correctamente fijada a la niquelina. Además, verificar el estado de los tornillos que sujeta a la base, en el caso de que la base muestre rasgos de lubricante derramado, se procede a limpiar con waipa hasta retirar los excesos de lubricante en la base conductora de calor, ver Ilustración 10.



Ilustración 10. Seguro de la base del calentador resistivo.

Por consiguiente, se verifica que los cables del calentador inductivo y resistivo de conexión a fuente se encuentren en perfecto estado, identificar los principales controles, como el botón de emergencia, botón inicio/fin de calentamiento, botón de control de temperatura, botón ON/OFF y el botón de potencia en el caso del calentador inductivo, así mismo del calentador resistivo se identifica el botón de emergencia, el botón de inicio/fin, botón de control de temperatura y el botón ON/OFF para proceder a encender los calentadores de rodamientos como se observa en la Ilustración 11.



Ilustración 11. Encendido del calentador inductivo y resistivo.

Se configura la temperatura de calentamiento en los dos calentadores inductivo y resistivo, se debe seleccionar la temperatura correcta, para este paso se debe verificar la Tabla 2 con el propósito de proteger el rodamiento y el equipo, una vez seleccionada la temperatura se procede a insertar la temperatura de 60 °C en el calentador inductivo y resistivo para iniciar cada proceso de calentamiento del rodamiento rígidos de bolas de 40 mm de diámetro interno y con 80 mm de diámetro externo ver Ilustración 12.



Ilustración 12. Insertar la temperatura.

Colocar los respectivos rodamientos en el calentador inductivo y resistivo, así mismo, insertar la sonda magnética de temperatura en la pista interna de cada rodamiento e iniciamos el calentamiento en los dos calentadores como se puede observar en la Ilustración 13.





Ilustración 13. Colocación de los rodamientos en las bases del calentador inductivo y resistivo.

Iniciar el proceso de calentamiento en los dos calentadores inductivo y resistivo, monitoriar el mismo ver Ilustración 14 y 15. Así mismo, procedemos a colocar los guantes resistente al calor correspondiente a cada calentador como se aprecia en la Ilustración 16.



Ilustración 14. Inicio de calentamiento en el calentador inductivo.



Ilustración 15. Inicio de calentamiento en el calentador resistivo.



Ilustración 16. Colocación de los guantes resistentes al calor.

Cuando el proceso de calentamiento del calentador inductivo y resistivo finalizó, se emitirá un sonido de finalización el cual indicará que el rodamiento está apto para su montaje, se procede a retirar la sonda magnética de cada uno de los rodamientos que están posicionados en el calentador inductivo y resistivo como se aprecia en la Ilustración 17



Ilustración 17. Separar la sonda magnética de la pista interna del rodamiento

colocar la sonda magnética en la base imantada que se encuentra en la parte superior de cada calentador de rodamientos para que el montaje de rodamientos no tenga ninguna interrupción, esta táctica debe ser inmediata, como se aprecia en la Ilustración 18.



Ilustración 18. Colocación de la sonda magnética en su posición inicial.

A continuación se debe retirar el rodamiento de las bases de los calentadores inductivo como del resistivo para el montaje inmediato del rodamiento en la práctica número 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos ver Ilustración 19.



Ilustración 19. Montaje de rodamientos.

Finalmente, se verifica que el montaje total sea exitoso, y que el tiempo de enfriamiento se completo y que el rodamiento este fijo y seguro en el eje de la práctica 5, para la culminacion de la practica se implementa las 5S en el puesto de trabajo, ver Ilustración 20.



Ilustración 20. Montaje total

5. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

A continuación, se detallan los instrumentos y equipos necesarios para la práctica número 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, así mismo se detalla los límites de temperatura de acuerdo a las grasas de los rodamientos rígidos de bolas, finalmente, se detalla una Tabla de temperatura recomendada para diferentes diámetros de rodamientos rígidos de bola.

5.1. Observación y recomendación de instrumentos y equipos

5.1.1. Equipos de protección personal

- Guantes
- Guantes resistentes al calor
- Gafas de seguridad
- Botas industriales
- Mandil
- Lentes de protección

5.1.2. Equipos y Herramientas

- Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.
- Extractor de rodamientos
- Llave mixta N°17
- Rodamientos de rígido de bolas de 40 mm de diámetro interior y 90 a 100 mm de diámetro externo
- Calentador de rodamientos inductivo
- Calentador de rodamientos resistivo



Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos



Calentador inductivo



Calentador resistivo



Rodamiento rígido de bolas de 40 mm



Llaves mixta N° 17
calor



Extractor de rodamientos



2 pares de guantes resistentes al calor

- Tabla física de valores de designación de grasas SKF y rangos de temperatura

La temperatura de funcionamiento admisible para los rodamientos rígidos de bolas puede estar limitada por lo siguiente:



Ilustración 21. Límites de temperatura de lubricantes

Los rodamientos rígidos de bolas soportan temperaturas de hasta 110°C. El lubricante es el aspecto más importante para considerar durante el calentamiento del rodamiento debido a que se debe evitar exponer el lubricante a temperaturas que estén fuera de su rango de funcionamiento pues podría ocasionar la degradación del lubricante, pérdida de viscosidad o la oxidación del lubricante, por tal razón se ha determinado la temperatura adecuada para los lubricantes comunes, estableciendo un rango de temperatura de 80°C a 110°C detallado en la Ilustración 21.

5.2. Toma y recolección de datos

Rango de temperatura de calentamiento según diámetro externo de rodamiento.

Según los resultados de las pruebas efectuadas en los módulos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, donde se llevaron a cabo montajes de rodamientos de distintos tamaños a diferentes temperaturas, se evaluó la calidad del montaje en cada caso. En base a los hallazgos obtenidos, se elaboró una Tabla con los rangos de temperatura de calentamiento recomendados en función del diámetro externo de los rodamientos. Es importante destacar que la determinación de los rangos

de temperatura se realizó con el objetivo de maximizar el rendimiento y prolongar la vida útil de los rodamientos, evitando daños prematuros y reduciendo el desgaste innecesario. En la Tabla 2 se detallan los resultados obtenidos

Tabla 2: Temperaturas de calentamiento sugeridas

Temperatura de calentamiento sugerida	
Diámetro externo rodamiento	Temperatura de calentamiento °C
< hasta 30	90 - 100
30 a 35	80 - 90
35 a 40	70 - 80
40 a 60	60 - 70
60 a 90	50 - 60

5.3. Observaciones

1. ¿Cuál es el rango de temperatura al que puede estar expuesto el rodamiento según los fabricantes? Justifique su respuesta.

.....

2. ¿Cuál es la razón principal que los rodamientos de diámetros pequeños necesitan mayor temperatura para su dilatación? Justifique su respuesta

.....

3. ¿Cuáles son los daños visibles que sufre el rodamiento?

.....

4. ¿Cuál es la ventaja y desventaja de utilizar dilatación térmica para el montaje de rodamientos?

.....

5. ¿A qué temperatura el rodamiento de 80 mm de diámetro externo sufre daño en el lubricante interno del rodamiento?

.....
.....
.....

6. CONCLUSIONES

.....
.....
.....

7. RECOMENDACIONES

.....
.....
.....
.....

8. BIBLIOGRAFÍA

SKF. *calentadores de inducción [blog]*. [Consulta: 09 abril 2023]. Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d196804b8364-10921ESAR_SKF_InductionHeaters_tcm_201-37444.pdf

CORONA RAMÍREZ, Leonel Germán, et al. *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino*. [en línea]. 2ª ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2019. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/121284>









SEGURA, Guillermo Martín. *Induction heating converter's design, control and modeling applied to continuous wire heating (Trabajo de titulación) (Doctoral)*. [en línea]. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. 2012. pp. 37-41. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/94610>



9. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD



(Nombres y apellidos)
AYUDANTE DE CÁTEDRA








Ing. Félix Antonio García Mora
DOCENTE SUPERVISOR




ANEXO B: MTS Y TIS DE LA GUÍA DE LABORATORIO





Nombre Planta: ESPOCH								MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)															
Departamento/Área			Tiempo Disponible de Operación		Realizada por:		Quisnia Bryan; Soria Elizabeth																
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			70.0		Fecha:		26/06/2023																
Nombre de la Operación			Equipo		Página :		1 de 1																
Montaje de rodamientos rígidos de bolas mediante dilatación térmica			calentadores de rodamientos inductivo																				
MTS Base de Conocimientos/Formación(Entrenamiento) - _____																							
BASE DE CONOCIMIENTOS					CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Mantenimiento Industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad Industrial</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Correctivo</td></tr> <tr><td>Electrónica analógica y digital</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td>Equipos electrónicos</td></tr> <tr><td>Dilatación térmica</td></tr> </table>					Mantenimiento Industrial	Seguridad Industrial	Mantenimiento Correctivo	Electrónica analógica y digital	Manejo de herramientas	Equipos electrónicos	Dilatación térmica	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>											
Mantenimiento Industrial																							
Seguridad Industrial																							
Mantenimiento Correctivo																							
Electrónica analógica y digital																							
Manejo de herramientas																							
Equipos electrónicos																							
Dilatación térmica																							
<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA			TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia(D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total de tiempo de ciclo(Diario)													
	1	Verificar los equipos de protección			MC-CI01	Según TIS	5.00		1.0	5.0													
	2	Realizar las 5 S			MC-CI02	Según TIS	5.00		1.0	5.0													
	3	Desmontar el rodamiento rígido de bolas del eje 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			MC-CI03	Según TIS	25.00		1.0	25.0													
	4	Encender el calentador de rodamientos			MC-CI04	Según TIS	5.00		1.0	5.0													
	5	Colocar el rodamiento rígido de bolas en la base del calentador			MC-CI05	Según TIS	15.00		1.0	15.0													
	6	Monitoriar el calentamiento del rodamiento rígido de bolas			MC-CI07	Según TIS	3.00		1.0	3.0													
	7	Retirar el rodamiento rígido de bola del calentador inductivo			MC-CI09	Según TIS	2.00		1.0	2.0													
	8	Tiempo de enfriamiento del rodamiento rígido de bolas en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			MC-CI10	Según TIS	10.00		1.0	10.0													
TOTAL TIEMPO									70.0														
Bloque de firmas						Historial de cambios en el trabajo																	
Turno	Firma	Revisado	Aprobado		Fecha	Nombre	Cambio																
1	Fecha	Ing. Heriberto Santillán	Ing. Félix García																				
		12/7/2023	12/7/2023																				




Página 1 de 8	MC-CI01		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo		
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Verificar los equipos de protección			Fecha de Realización: 25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		+ Seguridad ▽ Crítico ○ Secuencia mandatoria en los pasos ◇ Calidad □ Secuencia mandatoria de pasos 🌐 Medio Ambiente		Tiempo estándar 5 min			
	Equipos de protección personal		Lab. Mtto. C.						Símbolo	
✓		Sim. No.		Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)		
		+		1		Inspeccionar el uso de los EPP's antes de ingresar al Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		El docente encargado del Laboratorio debe inspeccionar que los estudiantes utilicen correctamente los EPP's		
		+		2		Guantes resistentes al calor TMBA G11		Para la manipulación segura de componentes calentados hasta 150 °C en este caso los rodamientos calientes.		
								 <p>IMAGEN 1</p> <p>→ CASCO</p> <p>→ GAFAS DE PROTECCIÓN</p> <p>→ MANDIL</p> <p>→ GUANTES</p> <p>→ ZAPATOS CERRADOS</p>		
								 <p>IMAGEN 2</p> <p>→ GUANTES RESISTENTES AL CALOR</p>		
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno		Revisado		Aprobado						
1		Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García						
Fecha		7/12/2023		12/7/2023						




Página 2 de 8	MC-CI02		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Realizar las 5 S			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	☒	▽	○	◇	☐	🌐	Tiempo estándar 5 min
	Calentador de rodamientos inductivo		Lab. MTTO C.			Seguridad	Crítico	Secuencia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de pasos	Medio Ambiente	
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
🌐		1	Implementar las 5s en el puesto de trabajo antes y despues de relizar la práctica correspondiente		Limpiar el puesto de trabajo y el módulo de calentador de rodamientos inductivo en el caso de que exista derrame de lubricante en la base del calentador, utilizando waipe o franela.			 				
🌐		2	Limpieza de los calentadores		Limpiar la base de los calentadores en caso de que se observe derrame de lubricante, utilizando waipe.							
Bloque de Firmas												
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre		Descripcion del cambio			
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García								
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023								



Página 3 de 8	MC-CI03		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Desmontar el rodamiento rígido de bolas del eje 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad <input checked="" type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input checked="" type="checkbox"/> Calidad <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input checked="" type="checkbox"/> Medio Ambiente		Tiempo estándar		
	Calentador de rodamientos inductivo		Lab. MTTO C						25 min		
✓		Sim. No		Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		<input checked="" type="checkbox"/>		1		Comprobar que el módulo de montaje y desmontaje este operativo		Realizar inspección visual		 	
		<input checked="" type="checkbox"/>		2		Colocar los seguros de las llantas		Se verifica que los seguros de las llantas delanteras delanteras estén puestos correctamente.			
		<input checked="" type="checkbox"/>		3		Alzar los abales del módulo		Alzar los abales laterales del módulo, y colocar los seguros correctamente			
		<input checked="" type="checkbox"/>		4		Colocar el calentador inductivo en el módulo		Una vez alzados los abales de los módulos con sus respectivos seguros, colocamos el calentador de rodamientos en el abal derecho con el fin de que el cable de alimentación alcance el toma corriente			
		<input checked="" type="checkbox"/>		5		Adquirir las herramientas necesarias para la extracción del rodamiento		Para la extracción de rodamientos las herramientas a utilizar son: extractor de rodamientos, llave N° 17, los mismos que se colocarán en el abal izquierdo			
		<input checked="" type="checkbox"/>		6		Colocar el hexágono en la posición 5		Para colocar el hexágono en la posición 5, para el desajuste del hexágono giramos el mango dirección antihoraria, para colocar la posición 5, cuando el hexágono este en la posición 5 ajustar en dirección horaria para mayor seguridad		 	
		<input checked="" type="checkbox"/>		7		Retirar el rodamiento rígido de bolas del eje número 5		Colocar el extractor de rodamientos en el rodamiento rígido de bolas y con ayuda de la llave mixtas N° 17 extraer el rodamiento		  	
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha		Nombre		Descripción del cambio	
1		Firma Fecha		Ing. Heriberto Santillán 12/7/2023		Ing. Félix García 12/7/2023					

Página 4 de 8	MC-CI04		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 4		Descripción de la tarea: Encender el calentador de rodamientos			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		+ Seguridad	▽ Crítico	○ Secuencia mandatoria en los pasos	◇ Calidad	□ Secuencia mandatoria de pasos	 Medio Ambiente	Tiempo estándar
	Calentador de rodamiento inductivo		Lab. MTTO C.								
P											
Sim.	No	Descripción de Pasos			Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
◇	1	Verificar el seguro del aro			Antes de encender el calentador, se debe verificar que el seguro que sujeta el aro para que no se mueva y ajustar de ser necesario tomando en cuenta que a la distancia correcta (2 mm) para que se detecte la inducción			 			
◇	2	Encender el calentador de rodameintos			Verificar que los cables de conexión a fuente se encuentren en perfecto estado, Identificando el set point de temperatura, paro de emergencia, controlador ON/OFF, potencia, inicio y fin de la operación						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre		Descripción del cambio		
Turno		Revisado		Aprobado							
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023							

Página 5 de 8	MC-CI05		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo					
	Tarea: 5		Descripción de la tarea: Colocar el rodamiento rígido de bolas en el calentador inductivo			Fecha de Realización		25/06/2023	Realizada por:	Quisnia Bryan, Soria Elizabeth			
	Descripción del equipo/No.			Ubicación		Símbolo	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad	<input type="checkbox"/> Crítico	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos	<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos	<input type="checkbox"/> Medio Ambiente	Tiempo estándar
	Calentador de rodamientos inductivo			Lab. MTTO C.									15 min
	✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
<input type="checkbox"/>	1	Configurar la temperatura de calentamiento		Insertar la temperatura de 60 °C para rodamientos de 40 mm de diámetro interno y con 80 mm de diámetro externo.			   						
<input type="checkbox"/>	2	Colocar el rodamiento rígido de bolas en la base del calentador inductivo		Una vez que se realizó la extracción de rodamientos, y el set point de temperatura este en 60 °C, se procede a colocar el rodamiento en la base del calentador inductivo									
<input type="checkbox"/>	3	Colocar la sonda PT100 imantada en el rodamiento		Colocar la sonda PT100 imantada en la pista interna del rodamiento rígido de bolas									
<input type="checkbox"/>	4	Inicio de calentamiento		Iniciar el proceso de calentamiento, verificar que el botón de emergencia no esté presionado.									
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio					
Turno	Firma	Revisado		Aprobado									
1		Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García									
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023									

Página 6 de 8	MC-CI06		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 6		Descripción de la tarea: Monitoriar el calentamiento del rodamiento rígido de bolas			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizado por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.			Ubicación		Símbolo	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente			Tiempo estándar	
	Calentador de rodamientos inductivo			Lab. MTTO C.							
Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)											
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)						
	<input type="checkbox"/>	1	Verificar el estado del rodamiento		Verificar el estado del rodamiento en el proceso del calentamiento en el caso de que exista un derrame del lubricante exterior del rodamiento rígido de bolas			 IMAGEN 1  IMAGEN 2  IMAGEN 3			
	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Colocarse guantes especiales		Para esta práctica se deben utilizar guantes especiales resistentes al calor, en este caso los guantes para esta práctica son TMBA G11 este tipo de guantes estan diseñados para la manipulación de rodamientos calientes a una temperatura de 150 °C						
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Limpiar el eje 5		Utilizar waipé para limpiar cualquier impureza y que el montaje no tenga ninguna viruta o suciedad.						
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado	Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán	Ing. Félix García								
	Fecha	12/7/2023	12/7/2023								

Página 7 de 8			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 7		Descripción de la tarea: Retirar el rodamiento rígido de bola del calentador inductivo			Fecha de Realización	25/06/2023	Realizada por:	Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente			Tiempo estándar		
	Calentador de rodamientos inductivo		Lab. MTTO C.							2 min
P	Sim.	No.	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input type="checkbox"/>	1	Retirar la PT100 imantada		Se retira la PT100 de la pista interna del rodamiento, la PT100 se debe colocar en su base imantada.		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">IMAGEN 1</div>  </div> <div style="margin-top: 20px;">IMAGEN 2</div>  <div style="margin-top: 20px;">IMAGEN 3</div>  </div>			
	<input type="checkbox"/>	2	Retirar el rodamiento		Se debe retirar el rodamiento del calentador inductivo					
	<input type="checkbox"/>	3	Montaje del rodamiento		Se procede a montar el rodamiento rígido de bolas en el eje de la posición 5 del modulo de montaje y desmontaje de rodamientos hasta el final del eje					
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio	
Turno		Revisado		Aprobado						
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García						
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023						

Página 8 de 8	MC-CI08		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 8		Descripción de la tarea: Tiempo de enfriamiento del rodamiento rígido de bolas en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente		Tiempo estándar		
	Calentador de rodamientos inductivo		Lab. MTTO C.								10 min
Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)											
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)						
	<input type="checkbox"/>	1	Tiempo de enfriado		Una vez colocado correctamente el rodamiento, se debe esperar alrededor de 60 segundos a 2 minutos para verificar que el rodamiento este montado correctamente			 			
	<input type="checkbox"/>	2	Realizar las 5S		Se realizó las 5S en el puesto de trabajo						
		3	Limpieza de los calentadores		Se procede a desmontar la base de acero para limpiar con un waipe la base del calentador inductivo en caso de que haya derrames de lubricante.						
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023							

Nombre Planta: ESPOCH

MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)

Departamento/Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	Quisnia Bryan; Soria Elizabeth
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	70.0	Fecha:	26/06/2023
Nombre de la Operación	Equipo	Página :	1 de 1
Montaje de rodamientos rígidos de bolas mediante dilatación térmica	Calentadores de rodamientos resistivo		

MTS Base de Conocimientos/Formación(Entrenamiento) - _____

BASE DE CONOCIMIENTOS

Mantenimiento Industrial
Seguridad Industrial
Mantenimiento Correctivo
Electrónica analógica y digital
Manejo de herramientas
Equipos electrónicos
Dilatación térmica



CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO











<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia(D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)	Total de tiempo de ciclo(Diario)
<input type="checkbox"/>	1	Verificar los equipos de protección	MC-CR01	Según TIS	5.00	1.0	5.0
<input type="checkbox"/>	2	Realizar las 5 S	MC-CR02	Según TIS	5.00	1.0	5.0
<input type="checkbox"/>	3	Desmontar el rodamiento rígido de bolas del eje 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	MC-CR03	Según TIS	25.00	1.0	25.0
<input type="checkbox"/>	4	Encender el calentador de rodamientos	MC-CR04	Según TIS	5.00	1.0	5.0
<input type="checkbox"/>	5	Colocar el rodamiento rígido de bolas en la base del calentador	MC-CR05	Según TIS	15.00	1.0	15.0
<input type="checkbox"/>	6	Monitoriar el calentamiento del rodamiento rígido de bolas	MC-CR06	Según TIS	3.00	1.0	3.0
<input type="checkbox"/>	7	Retirar el rodamiento rígido de bola del calentador inductivo	MC-CR07	Según TIS	2.00	1.0	2.0
<input type="checkbox"/>	8	Tiempo de enfriamiento del rodamiento rígido de bolas en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	MC-CR08	Según TIS	10.00	1.0	10.0
TOTAL TIEMPO							70.0








Bloque de firmas



Historial de cambios en el trabajo





Turno	Firma	Revisado	Aprobado	Fecha	Nombre	Cambio
1	Ing. Heriberto Santillán	Ing. Félix García				
	Fecha	12/7/2023	12/7/2023			

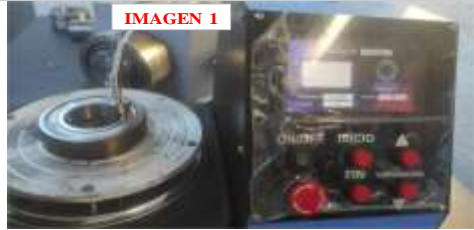


Página 1 de 8	MC-CR01		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Verificar los equipos de protección			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.			Ubicación		Símbolo		<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente		Tiempo estándar	
	Equipos de protección personal			Lab. Mtto. C.						5 min	
✓	Sim.	No.	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
<input type="checkbox"/>	1	Inspeccionar el uso de los EPP's antes de ingresar al Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		El docente encargado del Laboratio debe inspeccionar que los estudiantes utilicen correctamente los EPP's			<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">IMAGEN 1</div>  <div style="margin-left: 10px;"> <p>→ CASCO</p> <p>→ GAFAS DE PROTECCIÓN</p> <p>→ MANDIL</p> <p>→ GUANTES</p> <p>→ ZAPATOS CERRADOS</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">IMAGEN 2</div>  <div style="margin-left: 10px;"> <p>→ GUANTES RESISTENTES AL CALOR</p> </div> </div> </div>				
<input type="checkbox"/>	2	Guantes resistentes al calor TMBA G11		Para la manipulación segura de componentes calentados hasta 150 °C en este caso los rodamientos calientes.							
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado			Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	7/12/2023		12/7/2023							




Página 2 de 8	MC-CR02		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo					
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Realizar las 5 S			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por:		Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatoria en los pasos  Calidad  Secuencia mandatoria de pasos  Medio Ambiente		Tiempo estándar				
	Calentador de rodamientos resistivo		Lab. MTO C.								5 min		
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)						
		1	Implementar las 5s en el puesto de trabajo antes y despues de relizar la práctica correspondiente		Limpiar el puesto de trabajo		 						
		2	Limpieza de los calentadores		Limpiar la base de los calentadores en caso de que se observe derrame de lubricante, utilizando waipe.								
Bloque de Firmas											Fecha	Nombre	Descripción del cambio
1	Firma	Revisado		Aprobado									
	Fecha	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García									
		12/7/2023		12/7/2023									

Página 3 de 8	MC-CI03		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Desmontar el rodamiento rígido de bolas del eje 5 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Fecha de Realización		25/06/2023	Realizada por:	Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.			Ubicación		Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente	Tiempo estándar		25 min	
	Calentador de rodamientos resistivo			Lab. MTTO C							
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
<input checked="" type="checkbox"/>	○	1	Comprobar que el módulo de montaje y desmontaje este operativo		Realizar inspección visual			IMAGEN 1	IMAGEN 2		
<input type="checkbox"/>	□	2	Colocar los seguros de las llantas		Se verifica que los seguros de las llantas delanteras delanteras estén puestos correctamente.			      			
<input type="checkbox"/>	3	Alzar los abales del módulo		Alzar los abales laterales del módulo, y colocar los seguros correctamente							
<input type="checkbox"/>	4	Colocar el calentador inductivo en el módulo		Una vez alzados los abales de los módulos con sus respectivos seguros, colocamos el calentador de rodamientos en el abal derecho con el fin de que el cable de alimentación alcance el toma corriente							
<input type="checkbox"/>	5	Adquirir las herramientas necesarias para la extracción del rodamiento		Para la extracción de rodamientos las herramientas a utilizar son: extractor de rodamientos, llave N° 17, los mismos que se colocarán en el abal izquierdo							
<input type="checkbox"/>	6	Colocar el hexágono en la posición 5		Para colocar el hexágono en la posición 5, para el desajuste del hexágono giramos el mango dirección antihoraria, para colocar la posición 5, cuando el hexágono este en la posición 5 ajustar en dirección horaria para mayor seguridad							
<input type="checkbox"/>	7	Retirar el rodamiento rígido de bolas del eje número 5		Colocar el extractor de rodamientos en el rodamiento rígido de bolas y con ayuda de la llave mixtas N° 17 extraer el rodamiento							
Bloque de Firmas											
Turno	Firma	Revisado	Aprobado	Fecha	Nombre	Descripción del cambio					
1	Ing. Heriberto Santillán	Ing. Félix García	Ing. Félix García	12/7/2023	12/7/2023						


Página 4 de 8	MC-CR04		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 4		Descripción de la tarea: Encender el calentador de rodamientos			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente		Tiempo estándar		
	Calentador de rodamiento inductivo		Lab. MTTO C.						5 min		
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input type="checkbox"/>	1	Verificar la base de aluminio		Antes de encender el calentador, se debe verificar que la base de aluminio este sujeta a la niquelina para que el calentamiento sea uniforme			 			
	<input type="checkbox"/>	2	Encender el calentador de rodameintos		Verificar que los cables de conexión a fuente se encuentren en perfecto estado. Identificando el set point de temperatura, paro de emergencia, controlador ON/OFF, potencia, inicio y fin de la operación						
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1		Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
		Fecha 12/7/2023		Fecha 12/7/2023							


Página 5 de 8	MC-CR05		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 5		Descripción de la tarea: Colocar el rodamiento rígido de bolas en el calentador resistivo			Fecha de Realización		25/06/2023	Realizada por:	Quisnia Bryan, Soria Elizabeth		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad	<input type="checkbox"/> Crítico	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos	<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos	<input type="checkbox"/> Medio Ambiente	Tiempo estándar
	Calentador de rodamientos resistivo		Lab. MITTO C.									15 min
	✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input type="checkbox"/>	1	Configurar la temperatura de calentamiento		Insertar la temperatura de 60 °C para rodamientos de 40 mm de diámetro interno y con 80 mm de diámetro externo.			   				
	<input type="checkbox"/>	2	Colocar el rodamiento rígido de bolas en la base del calentador inductivo		Una vez que se realizó la extracción de rodamientos, y el set point de temperatura este en 60 °C, se procede a colocar el rodamiento en la base del calentador resistivo							
	<input type="checkbox"/>	3	Colocar la sonda PT100 imantada en el rodamiento		Colocar la sonda PT100 imantada en la pista interna del rodamiento rígido de bolas							
	<input type="checkbox"/>	4	Inicio de calentamiento		Iniciar el proceso de calentamiento, verificar que el botón de emergencia no esté presionado.							
Bloque de Firmas												
Turno	Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio					
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán	Firma	Ing. Félix García								
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023								

Página 6 de 8	MC-CR05		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 6		Descripción de la tarea: Monitoriar el calentamiento del rodamiento rígido de bolas			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos	<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos	<input checked="" type="checkbox"/> Medio Ambiente	Tiempo estándar	
	Calentador de rodamientos resistivo		Lab. MTTO C.							3 min	
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input type="checkbox"/>	1	Verificar el estado del rodamiento		Verificar el estado del rodamiento en el proceso del calentamiento en el caso de que exista un derrame del lubricante exterior del rodamiento rígido de bolas			  			
	<input type="checkbox"/>	2	Colocarse guantes especiales		Para esta práctica se deben utilizar guantes especiales resistentes al calor, en este caso los guantes para esta práctica son TMBA G11 este tipo de guantes estan diseñados para la manipulación de rodamientos calientes a una temperatura de 150 °C						
	<input type="checkbox"/>	3	Limpiar el eje 5		Utilizar waipe para limpiar cualquier impureza y que el montaje no tenga ninguna viruta o suciedad.						
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023							

Página 8 de 8	MC-CR08		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 8		Descripción de la tarea: Tiempo de enfriamiento del rodamiento rígido de bolas en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Fecha de Realización		Realizada por:		Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente		Tiempo estándar		
	Calentador de rodamientos resistivo		Lab. MITO C.								10 min
✓											
Sim.	No	Descripción de Pasos			Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Tiempo de enfriado			Una vez colocado correctamente el rodamiento, se debe esperar alrededor de 60 segundos a 2 minutos para verificar que el rodamiento este montado correctamente			  			
<input type="checkbox"/>	2	Realizar las 5S			Se realizó las 5S en el puesto de trabajo						
<input type="checkbox"/>	3	Limpieza de los calentadores			Se procede a limpiar la base de aluminio en caso de que se presente derrame de lubricante, para esté procedimiento es recomendable esperar que se enfrie la base de aluminio						
Bloque de Firmas											
Turno	Firma	Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1		Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023							





ANEXO C: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO




					TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS		Versión: 001 Fecha de elaboración: 19-07-2023- Fecha de revisión: 27-07/2023 Fecha de aprobación: 03/08/2023
Elabora: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth					Revisa: Ing. Heriberto Santillán		Aprueba: Ing. Félix García
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.							
Nombre del equipo: Calentador de rodamientos					Código técnico: ESPOCH-FM-LC-MCRI01		
Tipo de calentador	Sistema	Modo de falla	Tareas	Tipo de tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas para utilizar
Calentador Inductivo	Sistema de Inducción	Sobrecalentamiento en sistema de inducción	Realizar la limpieza y reposición de pasta térmica	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Juego de llaves inglesa Franela Pasta térmica
			Limpieza de ventilador	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Juego de llaves inglesa Franela
	Sistema de control	No enciende el calentador de rodamientos	Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Multímetro
			Limpieza general	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Franela Alcohol isopropílico
Calentador Resistivo	Sistema resistivo	No calienta la niquelina	Inspección visual y ajuste de conexión eléctrica de niquelina	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Juego de llaves inglesa Multímetro
	Sistema de control	No enciende el calentador de rodamientos	Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Multímetro
			Limpieza general	Preventiva	Semestral	Encargado del laboratorio de	Destornilladores Franela



						Mantenimiento Correctivo	Alcohol isopropílico
						TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS	Versión: 001
							Fecha de elaboración: 19-07-2023-
							Fecha de revisión: 27/07/2023
							Fecha de aprobación: 03/08/2023
Elabora: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth						Revisa: Ing. Heriberto Santillán	Aprueba: Ing. Félix García
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.							
Nombre del equipo: Calentador de rodamientos						Código técnico: ESPOCH-FM-LC-MCRI01	
Tipo de calentador	Sistema	Modo de falla	Tareas	Tipo de tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas para utilizar
Calentador Inductivo	Sistema de Inducción	Sistema de inducción no activa el calentamiento	Cambiar bobina de inducción.	Correctiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Juego de llaves inglesa
		Sobrecalentamiento en sistema de inducción	Reemplazar disipador de calor	Correctiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Juego de llaves inglesa
	Sistema de control	No enciende el calentador de rodamientos	Cambio de cable de alimentación.	Correctiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Alicate
Calentador Resistivo	Sistema resistivo	No calienta	Cambio de niquelina	Correctivo	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Juego de llaves inglesa
	Sistema de control	No enciende el calentador de rodamientos	Cambio de cable de alimentación.	Correctiva	Semestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Destornilladores Alicate





ANEXO D: MTS Y TIS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO




Nombre Planta: ESPOCH MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)																			
Departamento/Área			Tiempo Disponible de Operación		Realizada por:		Quisnia Bryan; Soria Elizabeth												
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			110.0		Fecha:		26/06/2023												
Nombre de la Operación			Equipo		Página :		1 de 1												
Tareas de mantenimiento preventivo			Calentador inductivo y resistivo																
MTS Base de Conocimientos/Formación(Entrenamiento) - _____																			
BASE DE CONOCIMIENTOS					CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Mantenimiento Industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad Industrial</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Correctivo</td></tr> <tr><td>Electrónica analógica y digital</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td>Equipos electrónicos</td></tr> <tr><td>Dilatación térmica</td></tr> </table>					Mantenimiento Industrial	Seguridad Industrial	Mantenimiento Correctivo	Electrónica analógica y digital	Manejo de herramientas	Equipos electrónicos	Dilatación térmica	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Capacitación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgo</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el uso de herramientas</td></tr> </table>					Capacitación en procesos de gestión	Capacitación en riesgo	Entrenamiento en el uso de herramientas
Mantenimiento Industrial																			
Seguridad Industrial																			
Mantenimiento Correctivo																			
Electrónica analógica y digital																			
Manejo de herramientas																			
Equipos electrónicos																			
Dilatación térmica																			
Capacitación en procesos de gestión																			
Capacitación en riesgo																			
Entrenamiento en el uso de herramientas																			
<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia(D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)	Total de tiempo de ciclo(Diario)												
	1	Realizar la limpieza y reposición de pasta térmica	MC-CI01	Según TIS	15.00		1.0	15.0											
	2	Limpieza de ventilador	MC-CI02	Según TIS	10.00		1.0	10.0											
	3	Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas	MC-CI03	Según TIS	15.00		1.0	15.0											
	4	Limpieza general	MC-CI04	Según TIS	20.00		1.0	20.0											
	5	Inspección visual y ajuste eléctrica de niquelina	MC-RS05	Según TIS	15.00		1.0	15.0											
	6	Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas	MC-RS07	Según TIS	15.00		1.0	15.0											
	7	Limpieza general	MC-RS09	Según TIS	20.00		1.0	20.0											
TOTAL TIEMPO								110.0											
Bloque de firmas					Historial de cambios en el trabajo														
Turno	Firma	Revisado	Aprobado	Fecha	Nombre	Cambio													
1	Ing. Heriberto Santillán	Ing. Félix García	12/7/2023																














Página 1 de 7	MC-CI01		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Realizar la limpieza y reposición de pasta térmica			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		Seguridad		Crítico		Secuencia mandatoria en los pasos	
	Calentador inductivo		Lab. Mtto. C.				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
						Calidad		Secuencia mandatoria de pasos		Medio Ambiente		
										Tiempo estándar 15 min		
<input checked="" type="checkbox"/>		Sim. No		Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
<input type="checkbox"/>		1		Desmontaje la estructura del sistema de inducción		Retirar los tuercas de fijación que sostienen la estructura y se procede a desmontar las bases de protección del sistema de control del calentador		   				
<input type="checkbox"/>		2		Retirar la pasta térmica		Cuidadosamente se retira la pasta térmica, y se procede a limpiar con waipa los restos de la pasta térmica						
<input type="checkbox"/>				Reponer pasta térmica		Colocar la pasta térmica nueva						
<input type="checkbox"/>				Montaje de la estructura		Colocar de manera correcta la estructura de control y ajustar con los tuercas de fijación						
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha		Nombre		Descripción del cambio		
1		Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García								
Firma		712/07/2023		12/7/2023								
Fecha												

Página 2 de 7	MC-CI02		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza de ventilador			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente	Tiempo estándar 10 min				
	Calentador inductivo		Lab. MTTO C.								
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
	<input type="checkbox"/>	1	Desmontaje de la base de calentamiento		se procede a desajustar las turcas de fijación de la base de calentamiento, se retira la la bobnia de induccion y se procede a desmontar el ventilador cuidadosamente.		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> IMAGEN 1  </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> IMAGEN 2  </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> IMAGEN 3  </div> </div>				
	<input type="checkbox"/>	2	Limpieza del ventilador		Se utiliza waipe para la limpieza del ventilador						
	<input type="checkbox"/>	3	Montaje del calentador		Despues de raralizar la limpieza del ventilador se procede a montar las partes de la base del calentador, asegurandose que las tuercas esten fijas y seguras						
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023							

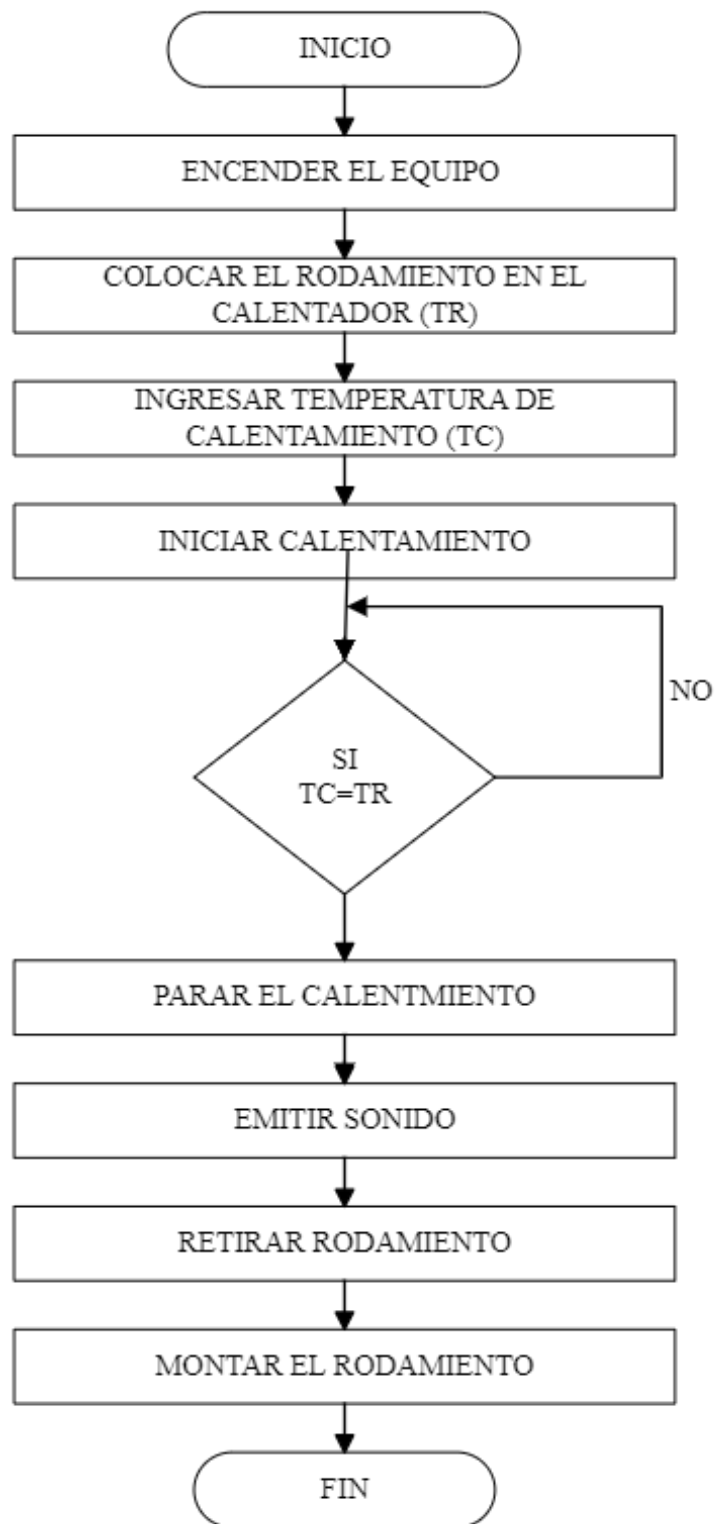
Página 3 de 7	MC-CI03		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad <input checked="" type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input checked="" type="checkbox"/> Calidad <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input checked="" type="checkbox"/> Medio Ambiente	Símbolo		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	Calentador inductivo		Lab. MTT0 C								Tiempo estándar 15 min
<input checked="" type="checkbox"/> Sim. <input type="checkbox"/> No		Descripción de Pasos			Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)						
<input checked="" type="checkbox"/> 1		Inspección visual			Se realiza inspeccion visuual a todo el equpo desde la funte de alimentación hasta las tuerca de fijación y verificar que el equipo encienda exitosamente.			<div style="text-align: center;">  <p>IMAGEN 1</p>  <p>IMAGEN 2</p> </div>			
<input checked="" type="checkbox"/> 2		Conéxiones eléctricas			Verificar las conecciones eléctricas del sisitema de control del calentador inductivo, con la finalidad de verificar si algun cable se desconecto y garantizar la disponibilidad del equipo inductivo						
Bloque de Firmas											
Turno		Revisado		Aprobado		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023							

Página 4 de 7	MC-CI04		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo					
	Tarea: 4		Descripción de la tarea: Limpieza general			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por:		Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.			Ubicación		Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos	<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos	<input type="checkbox"/> Medio Ambiente	Tiempo estándar		
	Calentador inductivo			Lab. MTO C.							20 min		
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Limpieza en la base del calentador		la limpieza general del calentador inductivo se basa en limpiar la base de toda impureza o derrame de grasa del rodamiento con el material waipe, en el caso de que el calentador conste de polvo o alguna viruta que perjudique el funcionamiento del calentador inductivo			<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>IMAGEN 1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>IMAGEN 2</p>  </div> </div>					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Pintado		De manera semestral el proceso de pintado se realiza para el recubrimiento de de las bases que están expuestas al ccalentamiento directo para evitar daños frecuentes en la estrucra o base principal del calentador, este proceso de pintado se realiza con pintura resistente al calor aproximadamente a 600 °C			<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Colocar el calentador en su puesto		Despues de realizar la lipieza general del calentador y el proceso de pintado este seco en su totalidad, se procede a guardar en su puesto designado en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos para dicho calentador								
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio					
Turno		Revisado		Aprobado									
1	Firma	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García									
	Fecha	12/7/2023		12/7/2023									

Página 6 de 7	MC-CR07		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.			Ubicación		Símbolo		<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Crítico <input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatoria en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatoria de pasos <input type="checkbox"/> Medio Ambiente		Tiempo estándar	
	Calentador resistivo			Lab. MTT C						15 min	
✓		Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)		
		<input checked="" type="checkbox"/>		1	Inspección visual	Se realiza inspeccion visuual a todo el equipo desde la funte de alimentación hasta las tuerca de fijación y verificar que el equipo encienda exitosamente.			<div style="text-align: center;">  <p>IMAGEN 1</p>  <p>IMAGEN 2</p>  </div>		
		<input type="checkbox"/>		2	Conéxiones eléctricas	Verificar las conecciones eléctricas del sisitema de control del calentador inductivo, con la finalidad de verificar si algun cable se desconecto y garantizar la disponibilidad del equipo inductivo					
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno		Revisado		Aprobado							
1	Firma Fecha	Ing. Heriberto Santillán 12/7/2023		Ing. Félix García 12/7/2023							

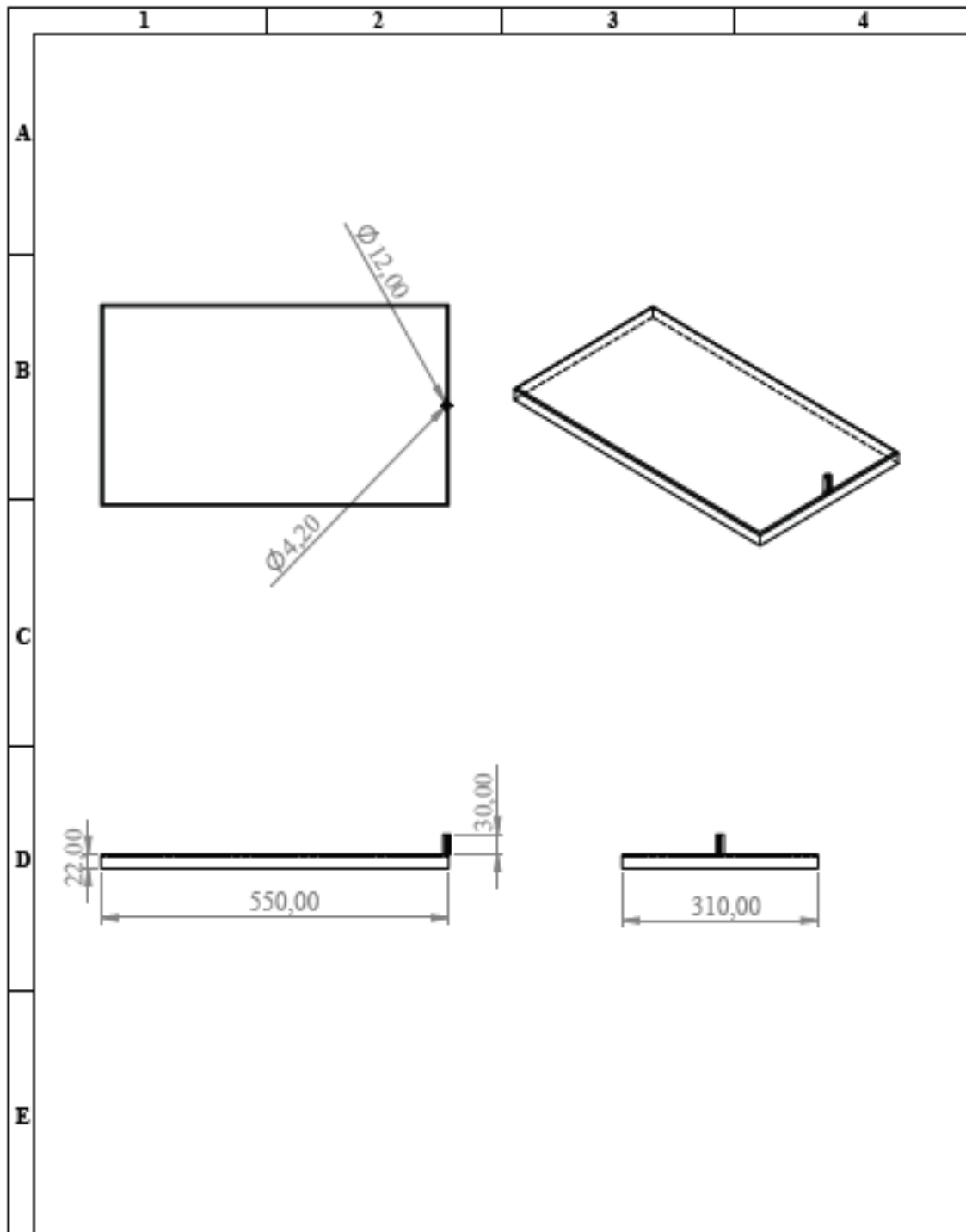
Página 7 de 7	MC-CR07		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 4		Descripción de la tarea: Limpieza general			Fecha de Realización		25/06/2023		Realizada por: Quisnia Bryan, Soria Elizabeth	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de pasos	 Medio Ambiente	Tiempo estándar	
	Calentador inductivo		Lab. MTTO C.							20 min	
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
			1 Limpieza en la base del calentador		la limpieza general del calentador inductivo se basa en limpiar la base de toda impureza o derrame de grasa del rodamiento con el material waipe, en el caso de que el calentador conste de polvo o alguna viruta que perjudique el funcionamiento del calentador inductivo		 				
			2 Pintado		De manera semestral el proceso de pintado se realiza para el recubrimiento de de las bases que están expuestas al ccalentamiento directo para evitar daños frecuentes en la estrucra o base principal del calentador, este proceso de pintado se realiza con pintura resistente al calor aproximadmente a 600 °C						
			3 Colocar el calentador en su puesto		Despues de realizar la lipieza general del calentador y el proceso de pintado este seco en su totalidad, se procede a guardar en su puesto designado en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos para dicho calentador		 				
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
1	Firma	Revisado		Aprobado							
	Fecha	Ing. Heriberto Santillán		Ing. Félix García							
		12/7/2023		12/7/2023							

ANEXO E: MANUAL DE FUNCIONAMIENTO



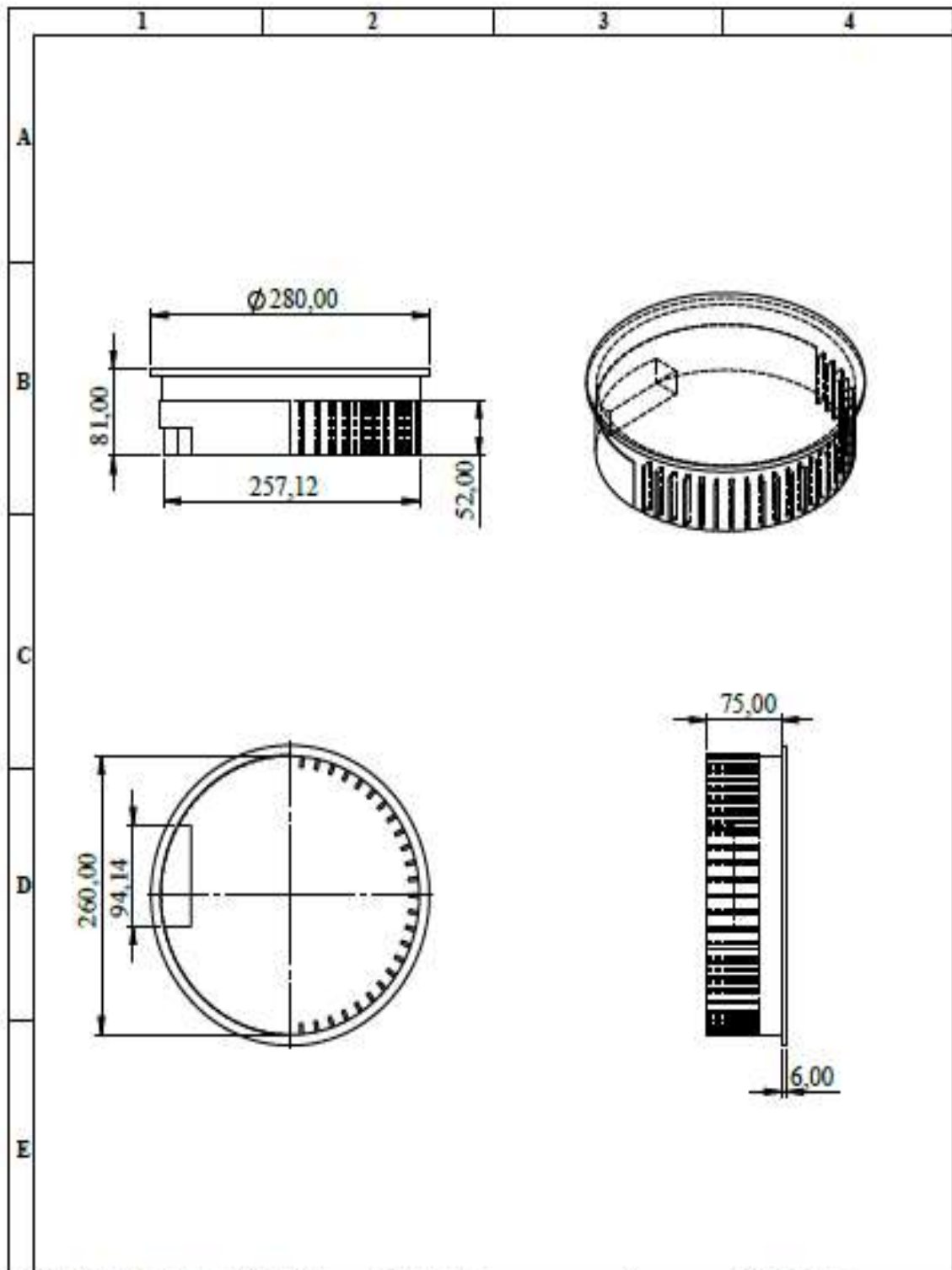
Realizado por: Quisnia, B; Soria, E, 2023.

ANEXO F: PLANOS DE DISEÑO MECÁNICO

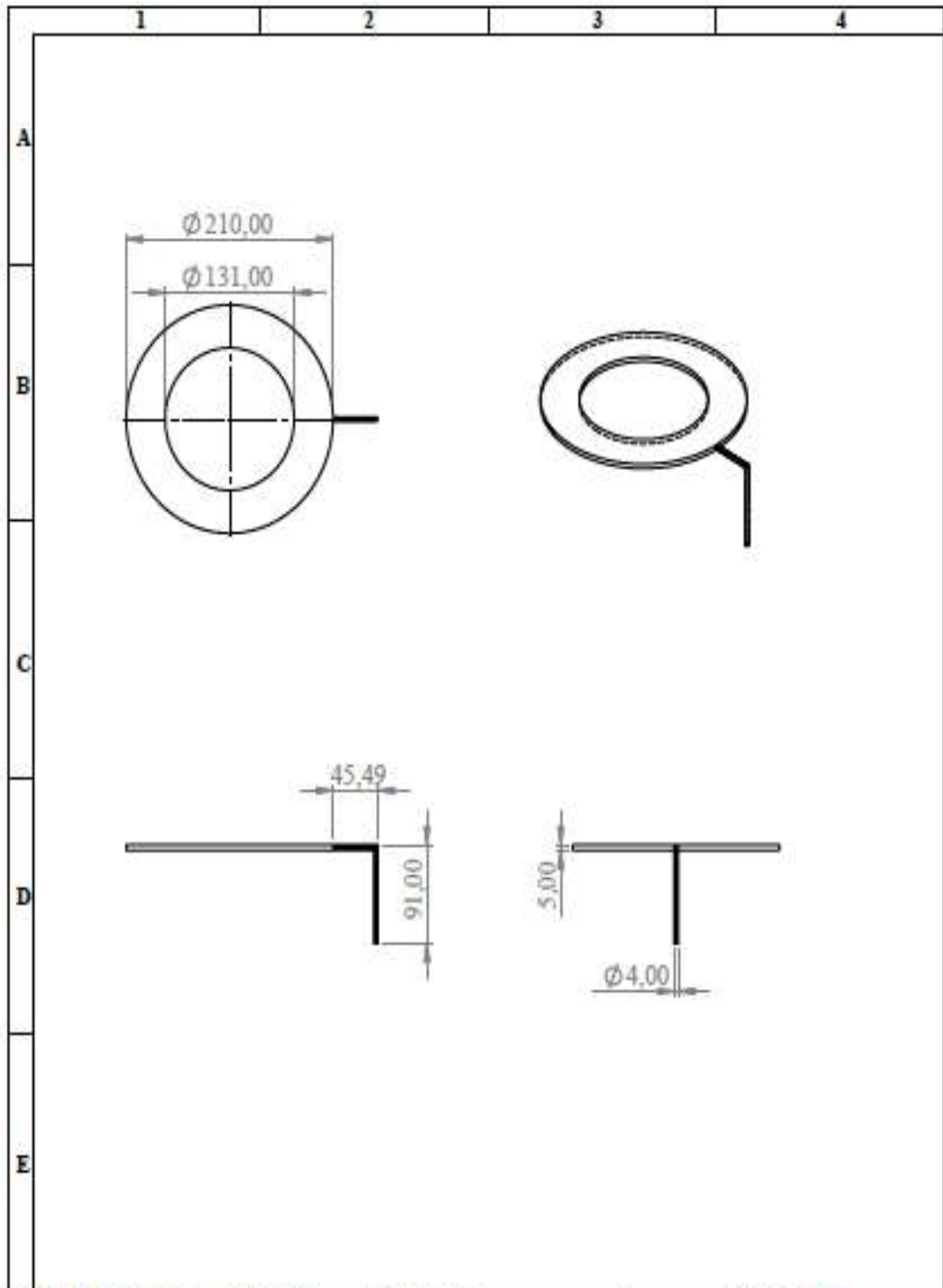


N°. Lámina: 1 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: bryan.quisnia@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0991850459						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		BASE PRINCIPAL			
Proyectó		Quisnia B. Soria E.				2023-08-23					
Dibujó		Quisnia B. Soria E.				2023-08-23		Materiales: ALUMINIO			
Revisó		Ing. Rosalva Rodríguez				2023-08-23					
Aprobó		Ing. Gerardo Páez Ing. Marco Rodríguez				2023-08-23		Nombre de archivo: Baseprincipal.sldprt			

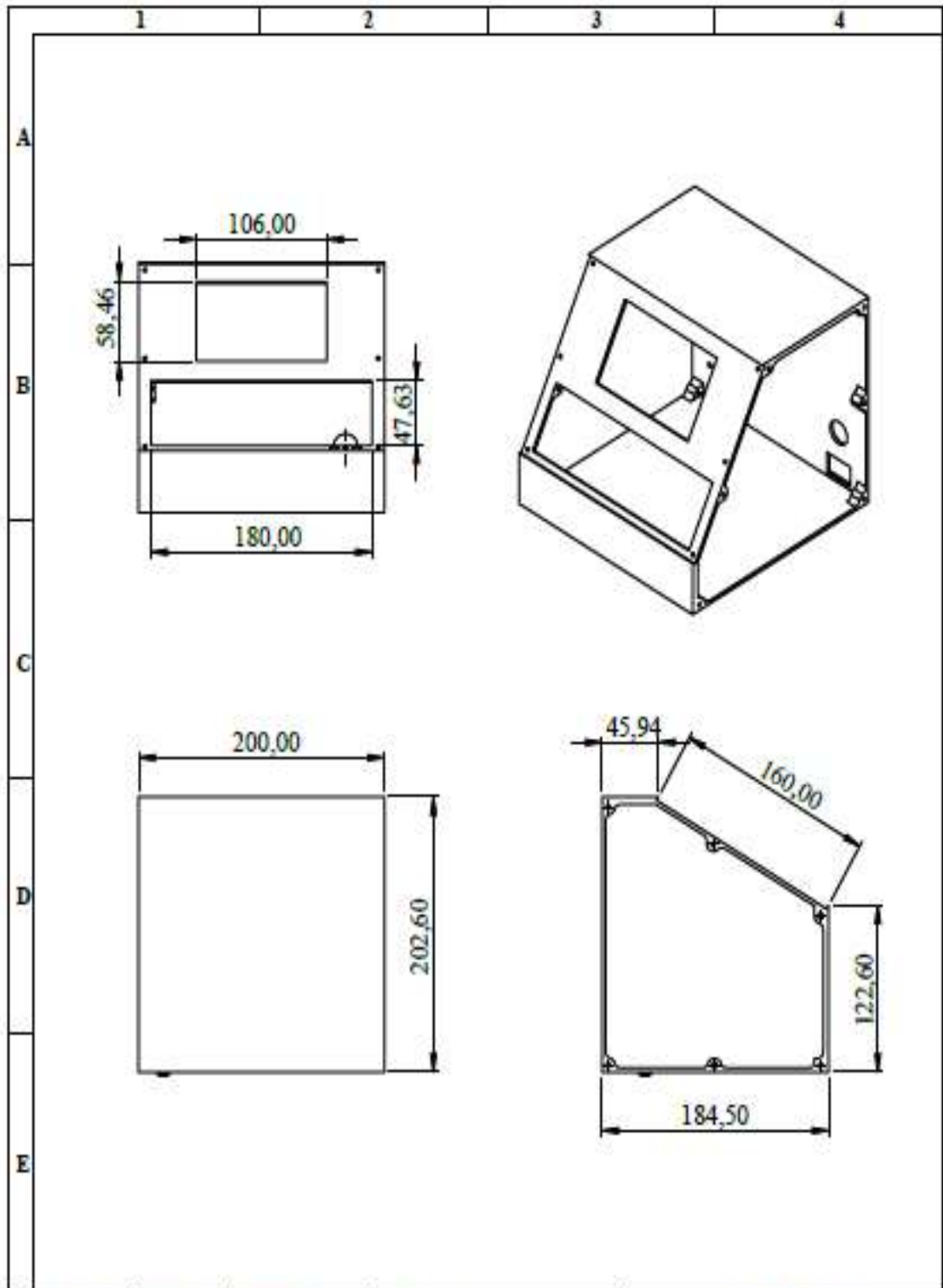




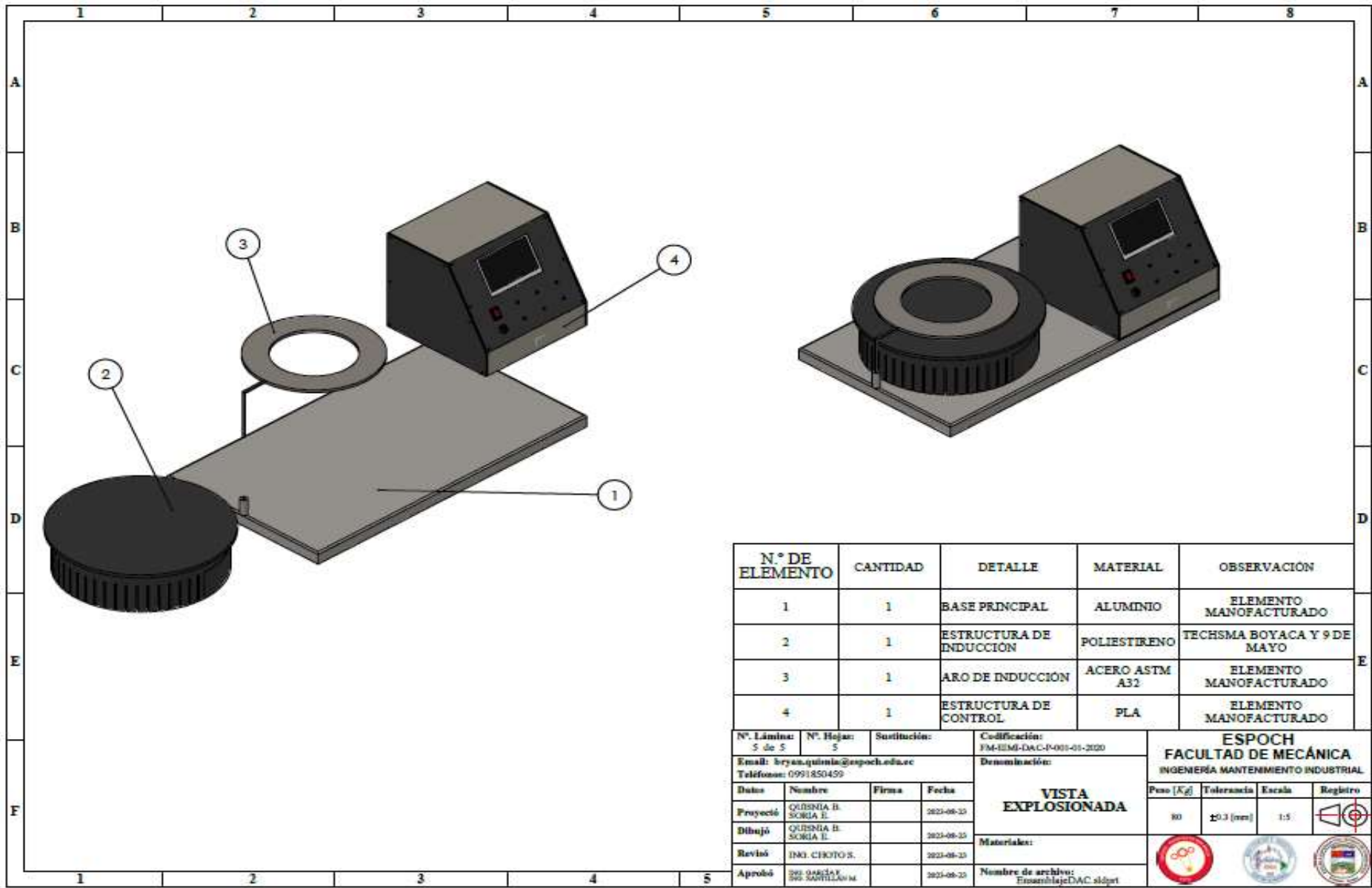
N°. Lámina: 2 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: lrysa.quimica@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0991850459						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ESTRUCTURA DE INDUCCION				80		$\pm 0,3$ [mm]		1:5			
Proyectó		QUISMA II. SORIA II.				2023-08-23						Materiales: POLIESTIRENO							
Dibujó		Quima II. Soria II.				2023-08-23		Nombre de archivo: EstructuraInduccion.sldprt											
Revisó		ING. OSCAR S.				2023-08-23													
Aprobó		ING. JUAN C. P. ING. SANTILLANA				2023-08-23													



N°. Lámina: 3 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL						
Email: bryan.quinla@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0991850459						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia
Aro de inducción		Datos		Nombre		Firma		Fecha		80		±0,3 (mm)	1:5	
Proyectó		QUISNA D. SORIA E.						2023-08-23		Materiales:		Acero ASTM A36		
Dibujó		QUISNA D. SORIA E.						2023-08-23		Nombre de archivo:		Aro de inducción.sldprt		
Revisó		DR. DIEGO S.						2023-08-23						
Aprobó		DR. DIEGO S. DR. SANTIAGO M.						2023-08-23						

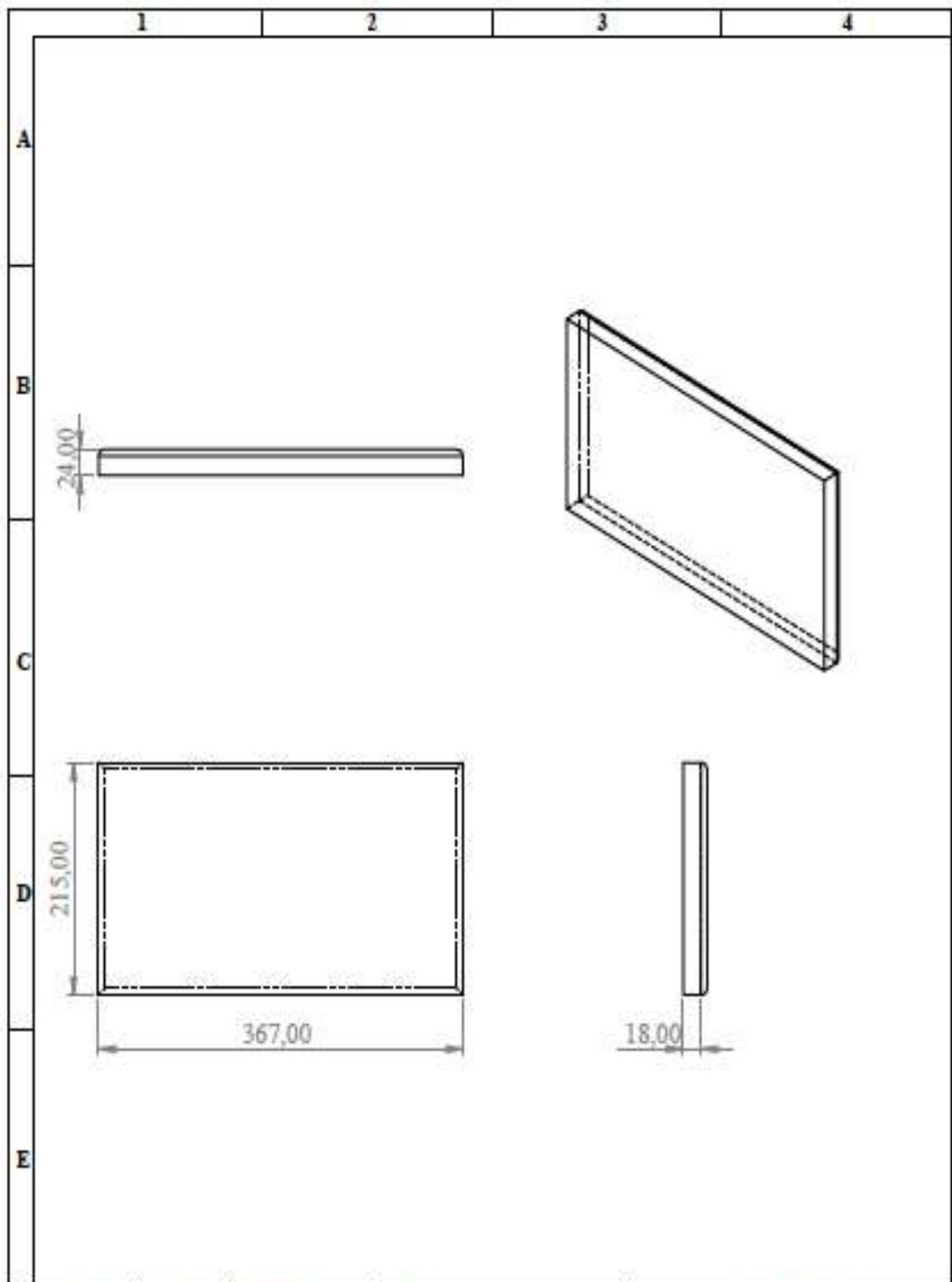


N°. Lámina: 4 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL													
Email: bryan.quisnia@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0991850459						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ESTRUCTURA DE CONTROL				80		±0.3 (mm)		1:4					
Proyectó		QUISNIA B. SORIA E.				2023-08-23						Material:		PLA							
Dibujó		QUISNIA B. SORIA E.				2023-08-23						Nombre de archivo:		Estructura de control.sldprt							
Revisó		DR. GARCIA R. SANTIAGU				2023-08-23															
Aprobó		DR. GARCIA R. SANTIAGU				2023-08-23															

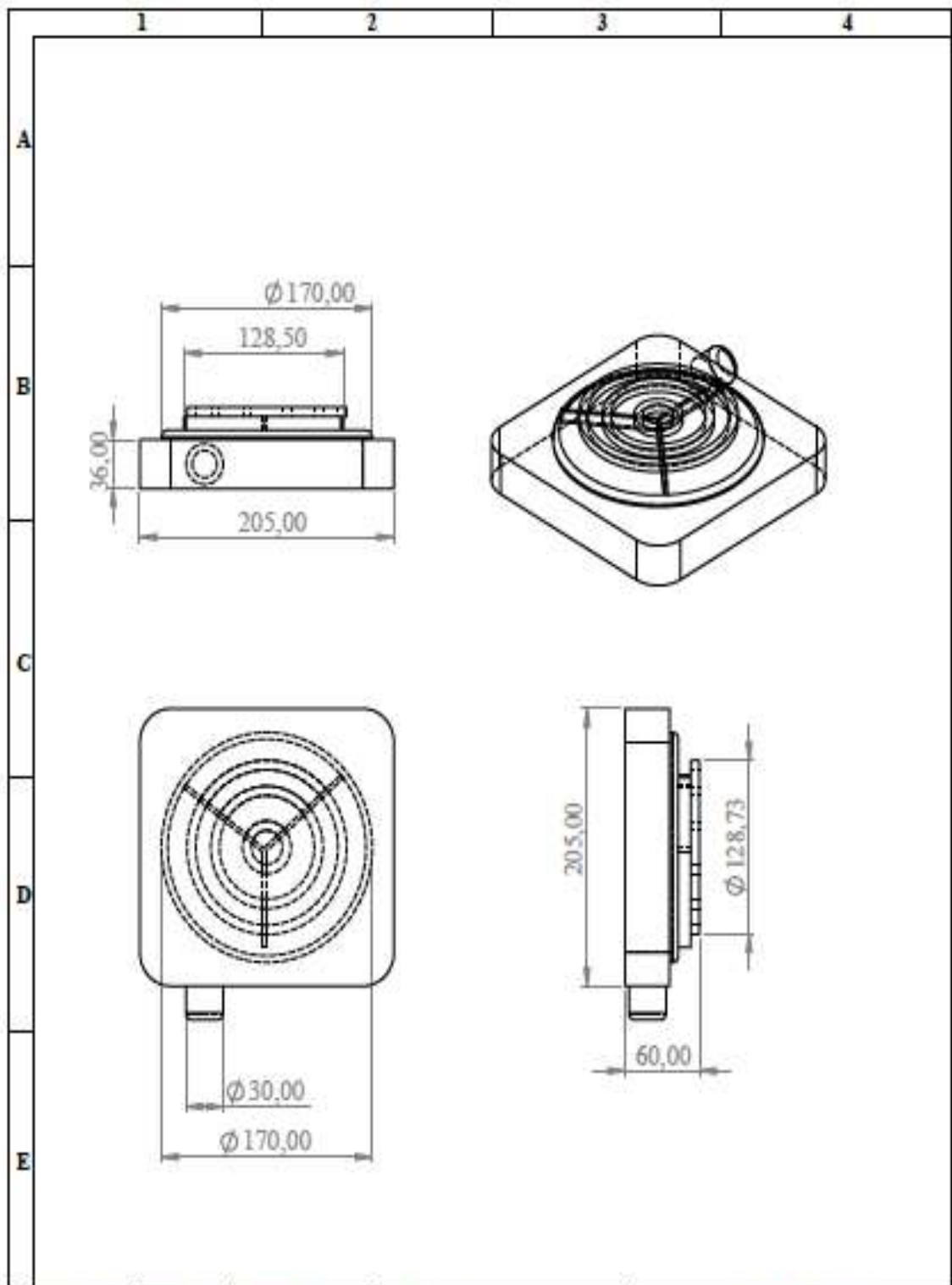


N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DETALLE	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1	1	BASE PRINCIPAL	ALUMINIO	ELEMENTO MANUFACTURADO
2	1	ESTRUCTURA DE INDUCCIÓN	POLIESTIRENO	TECHSMA BOYACA Y 9 DE MAYO
3	1	ARO DE INDUCCIÓN	ACERO ASTM A32	ELEMENTO MANUFACTURADO
4	1	ESTRUCTURA DE CONTROL	PLA	ELEMENTO MANUFACTURADO

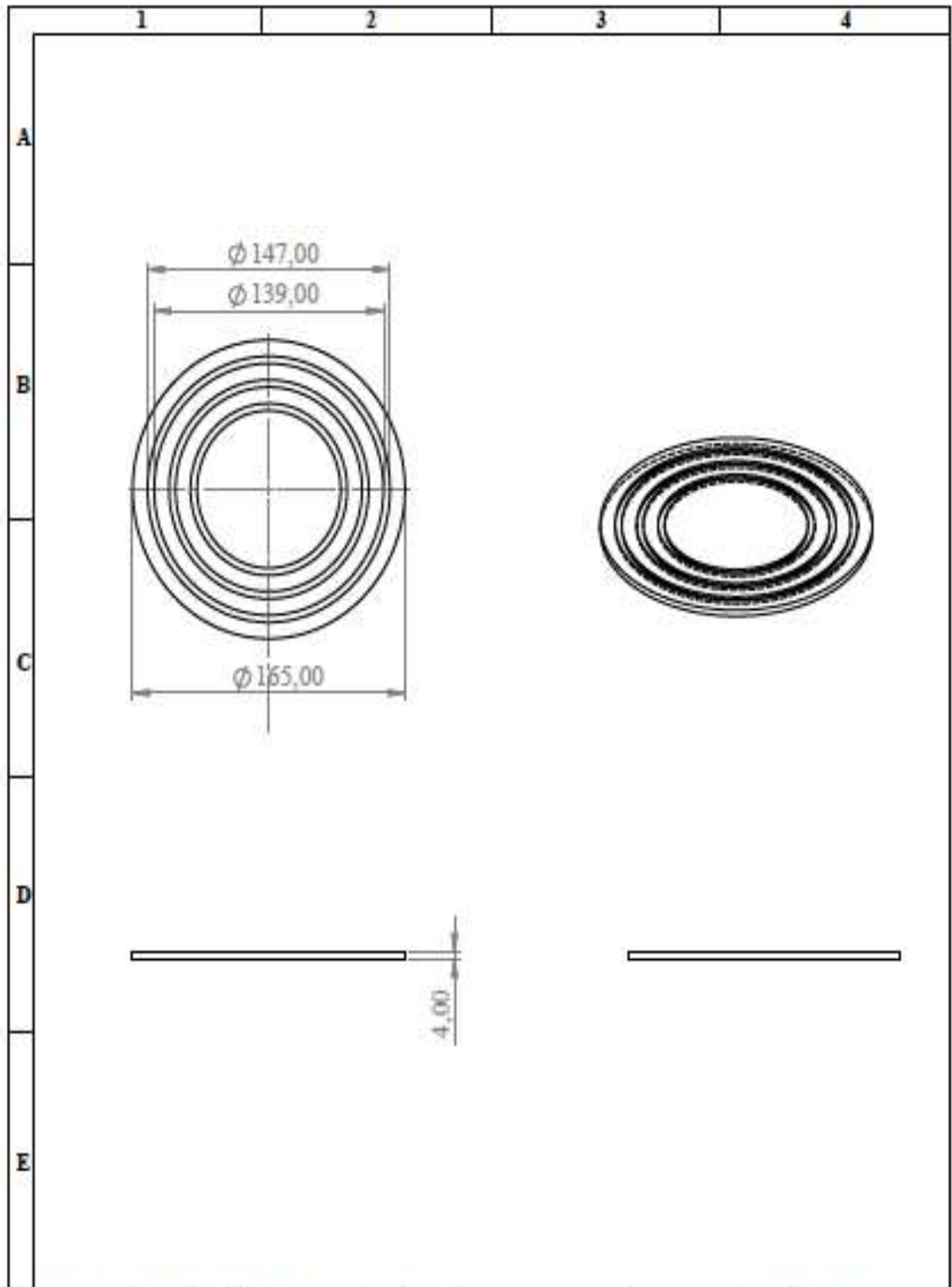
N.º Lámina: 5 de 5	N.º Hojas: 5	Sustitución:	Codificación: FM-EMJ-DAC-P-001-01-2020	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email: bryson.quintanilla@esPOCH.edu.ec			Denominación:					
Teléfono: 0991850459			VISTA EXPLOSIONADA	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
Fecha	Nombre	Firma		Fecha	80	±0.3 (mm)	1:5	
Proyectó	DISEÑÓ	DIBUJÓ		REVISÓ				
Aprobó	DISEÑÓ	DIBUJÓ		REVISÓ				



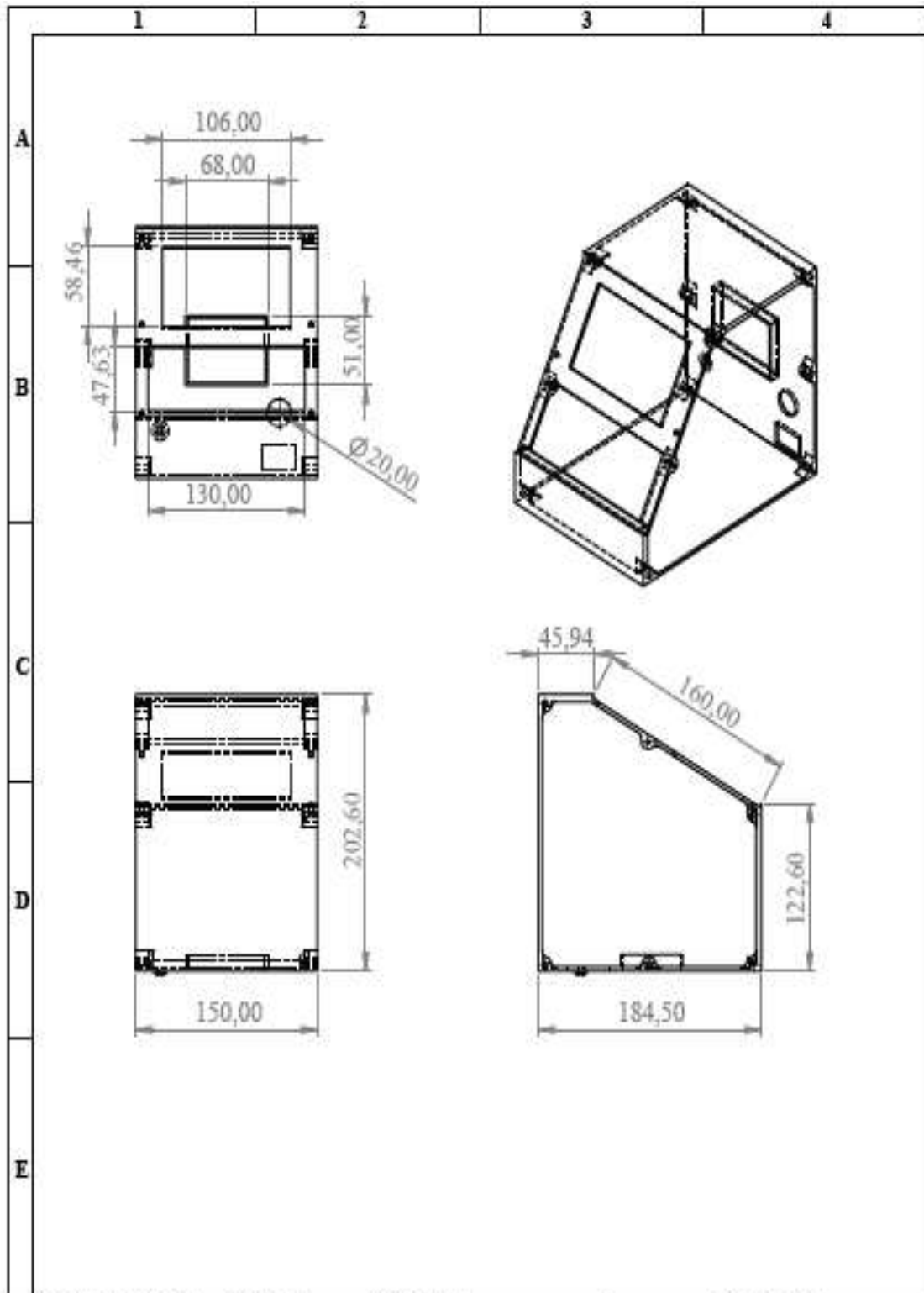
N°. Lámina: 1 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: bryan.quisnia@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0991350459						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		BASE PRINCIPAL			
Proyectó		QUISNIA B. SORIA E.				2023-08-23					
Dibujó		Quisnia B. Soria E.				2023-08-23		Materiales: ALUMINIO			
Revisó		ING. GARCIA F. ING. SANTILLANA M.				2023-08-23					
Aprobó						2023-08-23		Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt			



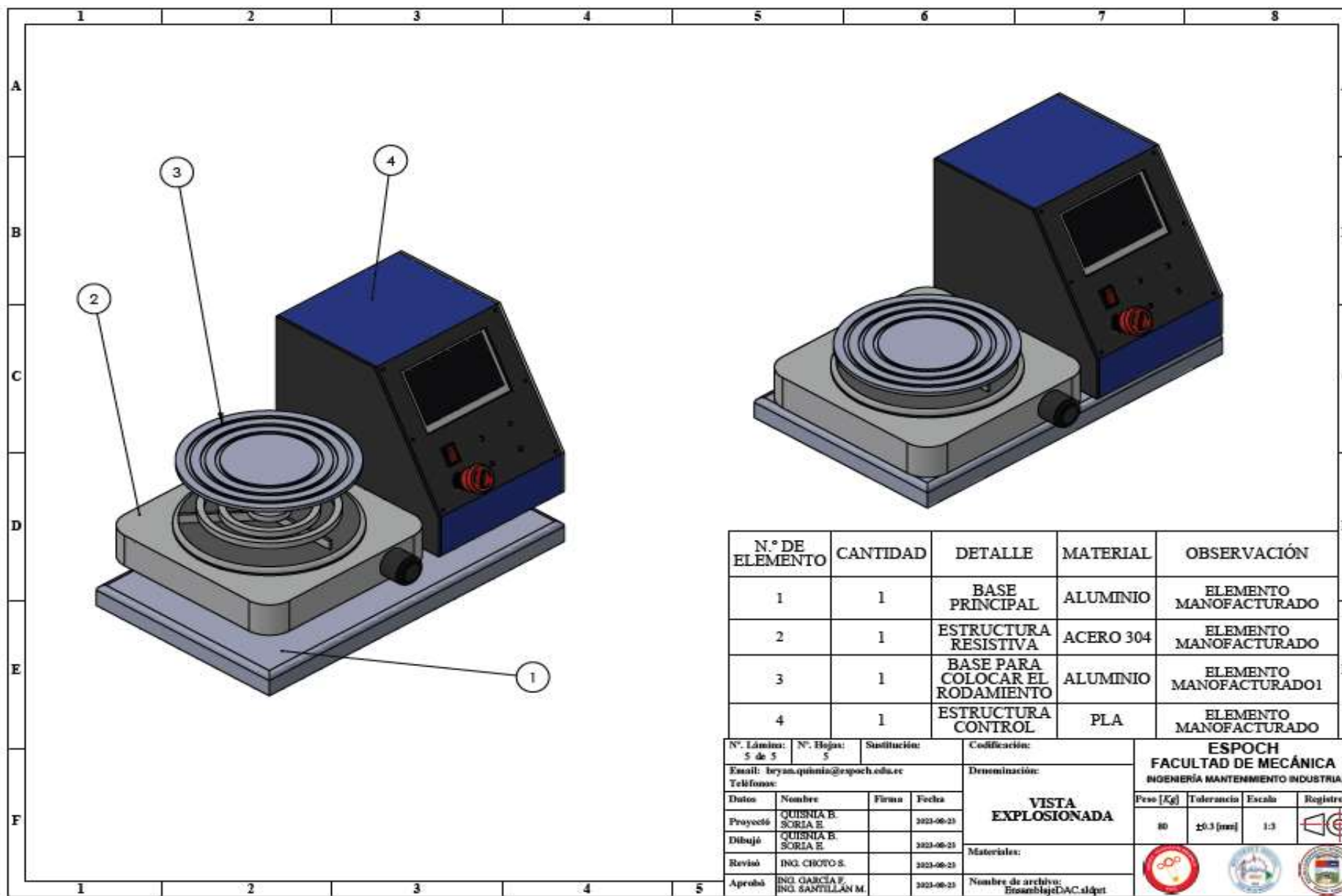
N°. Lámina: 2 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: bryan.quisnia@epoch.edu.ec Teléfono: 0991850459						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ESTRUCTURA RESISTIVA Material: ACERO INOXIDABLE 304 Nombre de archivo: Estructura resistiva.dwg							
Proyectó		QUISNIA B. SONIA E.				2023-08-23									
Dibujó		QUISNIA B. SONIA E.				2023-08-23									
Revisó		DR. CRISTÓBAL				2023-08-23									
Aprobó		ING. GARCÍA P. SANTIAGO				2023-08-23									
Peso [Kg]		80		Tolerancia		±0.3 (mm)		Escala		1:1		Registro			



N°. Lámina: 3 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: bryan.quinla@epoch.edu.ec Teléfono: 0991850459						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		BASE PARA COLOCAR EL RODAMIENTO				80		±0.3 [mm]		1:3			
Proyectó		QUISMA IL SORIA IL				2023-08-23						Material:		ALUMINIO					
Dibujó		Quisma IL Soria IL				2023-08-23						Nombre de archivo:		Basepararoda.sldprt					
Revisó		ING. GARCIA P ING. SANTILLANA M				2023-08-23													
Aprobó																			



N°. Lámina: 4 de 5		N°. Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email: bryan.quisno@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991850459						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala	
ESTRUCTURA CONTROL		Dato		Nombre		Firma		Fecha		80		±0.3 [mm]		1:4			
		Proyectó		Quisno B. Soria E.				2023-08-23									
		Dibujó		Quisno B. Soria E.				2023-08-23									
		Revisó		ana. caceres				2023-08-23									
		Aprobó		Ing. Oscar F. Sarmiento M.				2023-08-23		Materiales:		PLA		Nombre de archivo:		EstructuraControl.sldprt	



N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DETALLE	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1	1	BASE PRINCIPAL	ALUMINIO	ELEMENTO MANUFACTURADO
2	1	ESTRUCTURA RESISTIVA	ACERO 304	ELEMENTO MANUFACTURADO
3	1	BASE PARA COLOCAR EL RODAMIENTO	ALUMINIO	ELEMENTO MANUFACTURADO1
4	1	ESTRUCTURA CONTROL	PLA	ELEMENTO MANUFACTURADO

N.º Lámina: 5 de 5		N.º Hojas: 5		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: bryan.quintanilla@esPOCH.edu.ec						Denominación:					
Teléfonos:						VISTA EXPLOSIONADA		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha								
Proyectó	QUISNIA B. SORIA E.		2021-06-21								
Dibujó	QUISNIA B. SORIA E.		2021-06-21								
Revisó	ING. CHOTO S.		2021-06-21								
Aprobó	ING. GARCIA F. ING. SANTILLAN M.		2021-06-21	Materiales:		Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt					