

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECAÁNICA



Proyecto de Grado

**“REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE
TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
MECÁNICAS Y ELECTROMECAÁNICA”**

Postulante: Andres Jhonatan Rodríguez Cartagena

Tutor: Ing. José Antonio Siñani Vilte

LA PAZ – BOLIVIA

2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTO

A aquellos docentes que me enseñaron la importancia de la autodisciplina en la formación académica y que aquel que no vive para servir, no sirve para vivir

A las personas que me acompañaron y apoyaron en el proceso de realización de este proyecto

DEDICATORIA

A mi mamá, hermano y hermanas, mi abuelo y padre que en paz descansen, quienes, a pesar de las adversidades, me acompañaron y apoyaron en el proceso de formación académica de toda mi vida

A las amistades que estuvieron presentes, apoyando los logros individual y grupal conseguido

A mi Tuna

INDICE GENERAL

1	CONSIDERACIONES GENERALES	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3	OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4	JUSTIFICACIÓN	3
1.4.1	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.4.2	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	3
1.4.3	JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	3
1.5	PROPÓSITOS DE LA SOLUCIÓN.....	3
1.6	FUNDAMENTO TEÓRICO	4
1.6.1	ANTECEDENTES	4
1.6.2	ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	4
1.6.3	TRACCIÓN EN UN MATERIAL.....	5
1.6.4	ENSAYO DE TRACCIÓN	6
1.6.5	CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN UNITARIA.....	7
1.6.6	NORMAS DE ENSAYO DE TRACCIÓN	9
1.6.7	NORMA PARA PROBETA	11
1.6.8	MÁQUINAS DE ENSAYO DE TRACCIÓN	12
1.6.9	CELDA DE CARGA TIPO S	12
1.6.10	SENSOR DIFERENCIAL DE DISTANCIA LVDT.....	13
1.6.11	INVERSIÓN DE GIRO MOTOR MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA ..	14

1.7	LIMITES Y ALCANCES.....	15
1.7.1	LIMITES.....	15
1.7.2	ALCANCES	15
1.8	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	15
1.9	ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	16
2	INGENIERIA DEL PROYECTO	17
2.1	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	17
2.1.1	PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE CONTROL.....	17
2.1.1	Parámetros de diseño del software didáctico	18
2.1	SISTEMAS Y SUBSISTEMAS	19
2.1	CÁLCULOS PREVIOS AL DISEÑO	21
2.1.1	ANÁLISIS CINEMÁTICO.....	21
2.1.2	ANÁLISIS DINÁMICO	25
2.1.3	ANÁLISIS ESTÁTICO	32
2.1	DISEÑO DE ELEMENTOS.....	39
2.1.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	39
2.1.2	DISEÑO DEL SOFTWARE DIDÁCTICO	54
2.1.3	DISEÑO DE PROGRAMACION DEL ARDUINO NANO	70
2.1.4	DISEÑO DE SUJECIÓN.....	71
2.2	ESPECIFICACIÓN DE COMPONENTES	75
2.3	RESUMEN DE MEMORIA DE CALCULO.....	77
2.4	BALANCE DE MATERIALES	78
2.5	PLANOS.....	79
3	INGENIERÍA DE MANUFACTURA.....	81
3.1	FABRICACIÓN.....	81
3.1.1	Tiempos de fabricación	81

3.2	PROCESO DE MONTAJE	86
3.2.1	Ensamblaje de la caja de control.....	87
3.2.2	CABLEADO	88
4	COSTOS.....	90
4.1	COSTO DE ELEMENTOS ESPECIFICADOS.....	90
4.1.1	COSTO TOTAL	91
4.2	COSTO DE MATERIALES	91
4.3	COSTO DE MÁQUINARIA Y HERRAMIENTAS	92
4.4	COSTO DE MANO DE OBRA.....	92
4.5	OTROS COSTOS	92
4.6	COSTO NETO.....	93
4.7	PRECIO FINAL	93
5	EVALUACIÓN.....	95
5.1	EVALUACIÓN TÉCNICA.....	95
5.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA	96
5.3	CONCLUSIONES.....	96
5.4	RECOMENDACIONES	96
	BIBLIOGRAFIA.....	98
	WEBGRAFIA	99
	ANEXOS.....	100

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Comparación de alternativas.....	16
Tabla 2.1 Puntos de calibración Celda de carga	19
Tabla 2.2 Puntos de calibración LVDT	19
Tabla 2.3 Sistemas y Subsistemas	21
Tabla 2.4 Estado de cargas en el engranaje helicoidal	30
Tabla 2.5 Coeficientes de fricción en algunas combinaciones de materiales	32
Tabla 2.6 Comprobación de resistencia en el primer par de poleas	35
Tabla 2.7 Comprobación de resistencia en el segundo par de poleas	37
Tabla 2.8 Comprobación de resistencia en el segundo par de poleas (corregido)	38
Tabla 2.9 Características del 4N35	40
Tabla 2.10 Características de relés comerciales	42
Tabla 2.11 Entradas y salidas PCB.....	44
Tabla 2.12 Equivalente de espesor de pista en ARES	46
Tabla 2.13 Capacidad de conducción para alambres y cables de cobre	50
Tabla 2.14 Medidas de resumen LVDT.....	56
Tabla 2.15 Medidas de resumen Celda de carga.....	59
Tabla 2.16 Acción de comunicación serial	70
Tabla 2.17 Análisis sujeción de probeta diseñada	74
Tabla 2.18 especificación de componentes	76
Tabla 2.19 Resumen de memoria de calculo	77
Tabla 2.20 Balance de materiales.....	78
Tabla 2.21 Referencia de planos	80
Tabla 3.1 Tiempos de fabricación	81
Tabla 3.2 Tiempos del proceso de fabricación	86
Tabla 4.1 Precios de elementos especificados	90
Tabla 4.2 Costo total de elementos especificados	91
Tabla 4.3 Costo de materiales	91
Tabla 4.4 Costo de maquinaria y herramientas.....	92
Tabla 4.5 Costos de mano de obra	92
Tabla 4.6 Costos varios	93
Tabla 4.7 Costo neto.....	93
Tabla 4.8 Precio final	94
Tabla 5.1 Fuerzas límite del sistema.....	95

Índice de Figuras

Figura 1.1 Máquina de ensayo de tracción IIME	1
Figura 1.2 Aplicación de consola de la Máquina de ensayo de tracción	2
Figura 1.3 Tracción en un elemento	5
Figura 1.4 Probeta sometida a tracción.....	6
Figura 1.5 Diagrama Tensión - Deformación unitaria	7
Figura 1.6 Partes del diagrama Tensión-Deformación	9
Figura 1.7 Dimensiones de probetas según DIN 50125	11
.Figura 1.8 Máquina de ensayo de tracción común	12
Figura 1.9 Celda de carga tipo S.....	13
Figura 1.10 Transformador diferencial lineal	14
Figura 1.11 LVDT	14
Figura 1.12 Inversión de giro de motor monofásico de fase partida.....	15
Figura 2.1 Características De Motor.....	17
Figura 2.2 Datalogger DATAQ	18
Figura 2.3 Proceso de Calibración	18
Figura 2.4 Sistema de la máquina de ensayo de tracción	20
Figura 2.5 Reducción por poleas.....	22
Figura 2.6 Análisis Dinámico de transmisión de poleas	25
Figura 2.7 Estado de cargas sobre el tornillo sin fin y engranaje helicoidal	30
Figura 2.8 Estado de cargas en el tornillo de potencia.....	31
Figura 2.9 Circuito de control del Relé	40
Figura 2.10 Circuito base de control.....	44
Figura 2.11 Método gráfico para calcular la sección de la pista	45
Figura 2.12 Método gráfico para calcular el ancho de pista	46
Figura 2.13 Circuito PCB.....	48
Figura 2.14 Modelo 3D placa PCB	48
Figura 2.15 Circuito de inversión de giro de motor monofásico de fase partida ...	49
Figura 2.16 Snubber.....	52
Figura 2.17 Snubber para 2 contactores	54
Figura 2.18 Recta de calibración LVDT.....	57
Figura 2.19 Recta de calibración celda de carga	60

Figura 2.20 Medida aleatoria de la celda de carga.....	62
Figura 2.21 Medida aleatoria Sensor LVDT	62
Figura 2.22 Flujograma filtro Kalman	64
Figura 2.23 Comparación de señales con filtro y sin filtro	65
Figura 2.24 Pantalla principal.....	66
Figura 2.25 Pantalla secundaria 'CALIBRAR'.....	67
Figura 2.26 Pantalla secundaria 'PARAMETROS'	67
Figura 2.27 Flujograma de programa	68
Figura 2.28 Flujograma programación arduino.....	71
Figura 2.29 Base de la caja de control	72
Figura 2.30 Uniones de laterales y base	72
Figura 2.31 Dimensiones probeta de plástico	73
Figura 2.32 Soporte de la probeta.....	74
Figura 2.33 Codificación de planos	79
Figura 3.1 Base caja de control.....	87
Figura 3.2 Caja con laterales.....	87
Figura 3.3 Caja armada.....	88

RESUMEN

En el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánica, en el área de térmica, había una máquina para realizar ensayos de tracción, la cual realizaba las medidas de manera mecánica.

El presente proyecto rehabilita esta máquina de ensayo de tracción, para que sea didáctica y pueda realizar las medidas de forma automática y en tiempo real, diseñando e implementando un software para la interfase, la parte electrónica y eléctrica, parte mecánica, para el tablero o caja de control donde se ubica la parte eléctrica y electrónica, la conexión de sensores y el motor, adaptando los cabezales y realizando un análisis mecánico para el sistema y realizar un análisis de costos para justificación de costos de la rehabilitación de la máquina.

Se identifico los sistemas y subsistemas de la máquina, dimensionando y seleccionando los componentes eléctricos como mecánicos, realizando un análisis estático y dinámico para hallar los parámetros críticos del mismo, se realizaron planos de los diferentes sistemas y subsistemas, también se realizó una ficha técnica del mismo.

Se presenta una máquina eficiente, donde el elemento más crítico es la celda de carga y un software didáctico para el usuario. Con el análisis de costos se demostró que el costo de rehabilitación de esta máquina es económico, comparado con una máquina del mercado que cumpla con las mismas características y parámetros. Finalmente se dieron recomendaciones de uso, para su trabajo optimo y posterior mantenimiento del sistema mecánico

1 CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El laboratorio de ingeniería térmica del Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas (IIME), cuenta con una máquina de ensayo de tracción simple como se muestra en la figura 1.1, la cual tiene la parte mecánica desarrollada, con un motor y un sistema de reducción de velocidad que aumenta el torque y dos sensores de medición: una celda de carga tipo S y un sensor diferencial de distancia LVDT. Este equipo no se encontraba en operación debido a la falta de calibración de los sensores, de un software requerido para su funcionamiento y seguridad debido a que la máquina realiza un ensayo destructivo.

La máquina funciona de forma manual con instrumentos de medición directos, lo cual necesita personal calificado para su manipulación, esta situación complicaba el funcionamiento normal de esta máquina para los efectos didácticos que fue diseñado.

Figura 1.1 Máquina de ensayo de tracción IIME

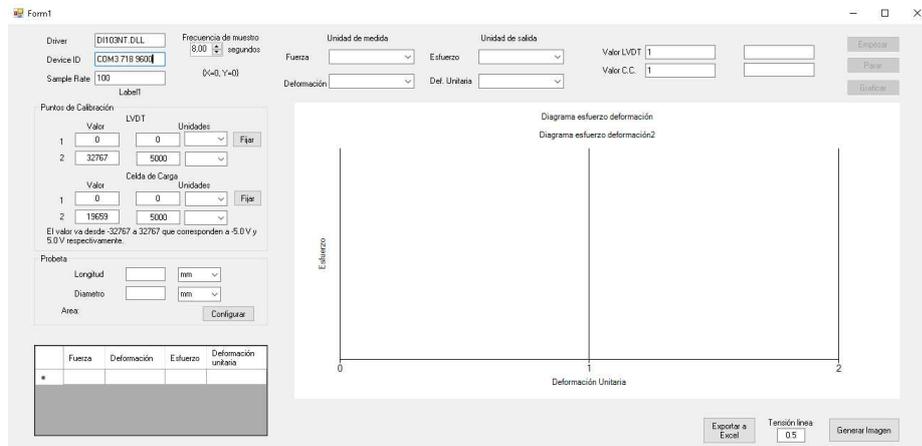


FUENTE: Área de materiales y solidos del IIME

La figura 1.2 muestra el programa en Visual Studio existente, esta aplicación se comunicaba con el datalogger y realiza la curva en base a estos datos tomados,

pero esta no es didáctica, requiere tratamiento de errores y de la señal de los sensores.

Figura 1.2 Aplicación de consola de la Máquina de ensayo de tracción



FUENTE: Captura de pantalla de la aplicación de consola

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Estos aspectos describen un problema que puede ser solucionado aplicando ingeniería de control e instrumentación, por lo cual se plantea la siguiente pregunta:

¿Es posible rehabilitar la máquina de ensayo de tracción del IIME para su uso en actividades académicas en forma didáctica, segura y confiable?

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Rehabilitar la máquina de ensayo de tracción del IIME para ensayos de materiales con una interface intuitiva, con toma de datos semejantes a la realidad y protección al usuario.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema electrónico de control con interface computacional para control y toma de datos en tiempo real.
- Readecuar el prototipo desde un enfoque funcional y didáctico para seguridad y fácil manipulación.

- Obtener un análisis costos para justificación de gastos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Se dispone de una máquina de ensayo de tracción, sensores y su respectivo datalogger y además de una parte de la aplicación de consola para su interface ya desarrollada. Se cuenta con una impresora 3d, torno, fresa y herramientas que pertenecen al IIME.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La rehabilitación de la máquina de ensayo de tracción significaría un nuevo activo para el IIME, lo cual cubriría la necesidad de la adquisición de una máquina similar que cuestan entre 2.500,00 US\$ y 4.500,00 US\$.

Para la implementación de este proyecto, se cuenta con el apoyo económico del instituto, para gastos que se realicen en la rehabilitación de la máquina de ensayo de tracción.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

En el área de materiales y solidos se verificaron falencias con respecto al estudio de resistencia de materiales, por lo que es necesario implementar esta máquina de análisis didáctico para la mejora en la formación de los estudiantes de la carrera de ingeniería Mecánica y Electromecánica, además de implementar una máquina de medición didáctica y normada para colaborar en la investigación que se desarrolla en el Instituto de Investigación Mecánicas y Electromecánicas.

1.5 PROPÓSITOS DE LA SOLUCIÓN

- La máquina de ensayo de tracción didáctica debe proporcionar datos lo más precisos posibles, para que esta ejecute un servicio de enseñanza e investigación.
- Contar con una aplicación de consola simple e intuitiva, además de segura con el objetivo que no sea necesario un especialista para su manipulación.

1.6 FUNDAMENTO TEÓRICO

1.6.1 ANTECEDENTES

1.6.1.1 Antecedentes De La Institución

El Instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas pertenece a la carrera de ingeniería mecánica y electromecánica.

Esta institución tiene como objetivo el desarrollo en las investigaciones en el área de la ingeniería mecánica al servicio de la carrera, la facultad, la UMSA y la industria nacional. “Planificar y ejecutar proyectos de investigación, postgrado e interacción social, que permitan adquirir, generar y difundir conocimiento en todos los campos de aplicación de las Ingenierías Mecánica y Electromecánica, para apoyar la labor de formación y extensión académica de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la UMSA, y ponerla al servicio de la Región y Bolivia” (IIME, ingeniería mecánica electromecánica mecatrónica automotriz, <https://mecanica.umsa.edu.bo>)

El IIME cuenta con dos talleres, una planta de oxígeno y laboratorios de especialidad, también con diversas maquinarias de maquinado como ser tornos, fresa, cnc y un centro de mecanizado de 4 ejes ROMI D600.

En el aula de ingeniería térmica se cuenta con la máquina de ensayo de tracción diseñada y fabricada por el ingeniero José Luis Hernández a cargo del laboratorio de ingeniería térmica.

1.6.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

- a) En la universidad de las Fuerzas armadas de Ecuador se realizó el trabajo de titulación de ‘Automatización y reacondicionamiento de la máquina de ensayos de tracción horizontal marca AMSLER del laboratorio de mecánica de materiales de la universidad de las fuerzas armadas – ESPE’ este se caracteriza por el diseño y dimensionamiento para la instrumentación
- b) En la universidad de los Andes de Venezuela se publicó un artículo llamado ‘Reparación y automatización de una máquina universal de ensayos de

ciencia e ingeniería' este contiene las principales características de una máquina de ensayo de materiales.

- c) En la universidad Autónoma del caribe de Colombia se publicó otro artículo llamado 'Diseño y pruebas de un sistema de monitoreo y supervisión para una máquina universal de ensayos' de este podemos apreciar un ejemplo de programa.
- d) En la Universidad Politécnica de Valencia de España se realizó el trabajo de fin de grado 'Diseño e Implementación de la automática en un banco de ensayos a tracción' caracterizado por los cálculos de la máquina de ensayo de tracción.

1.6.2.1 Equipamiento Comercial

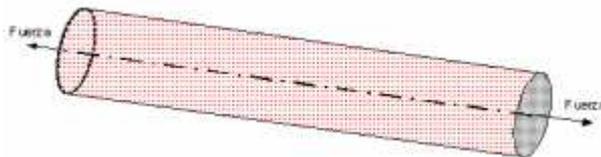
- a) Manual experimental de un aparato de ensayo universal, de Guni HAMBURG, en este archivo describe las especificaciones técnicas de la máquina de ensayos universales que estos comercian, curvas experimentales, datos normados de probetas y cálculos.

1.6.3 TRACCIÓN EN UN MATERIAL

La tracción en un material sucede cuando está sometido a fuerzas paralelas a su eje centroidal. Las apariciones de estas fuerzas pueden causar tracción o compresión.

En el caso de tracción, las fuerzas tienen que dirigirse opuestamente entre sí como se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.3 Tracción en un elemento



FUENTE: Resistencia de materiales aplicada - Ing. Alejandro Martin Mayori

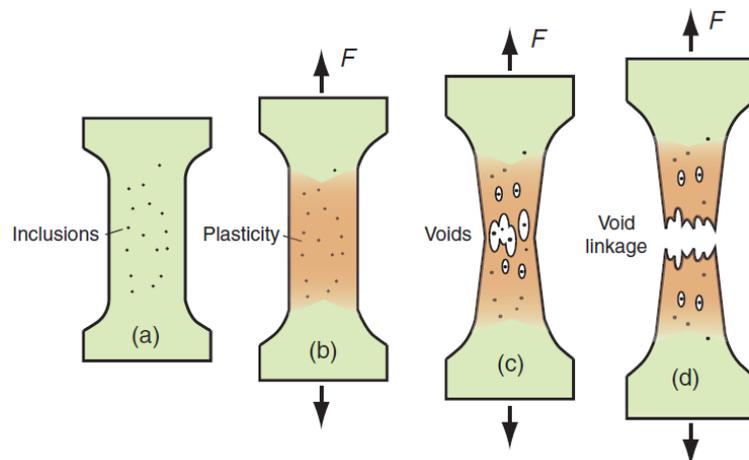
El material cuando está sometido a tracción, se deforma en función a la fuerza aplicada.

Este proceso sucede hasta que en un punto el material se destruye, pero antes de esto presenta ciertas características que se pueden representar en una curva, esta curva representa la relación entre el esfuerzo que ocasiona la fuerza aplicada y la deformación que esta causa.

1.6.4 ENSAYO DE TRACCIÓN

El ensayo de tracción es una prueba destructiva de ingeniería, la cual se aplica a ciertos materiales, esta consiste en someter un material a tensión normal controlada hasta que falle completamente como se muestra en la figura 1.4

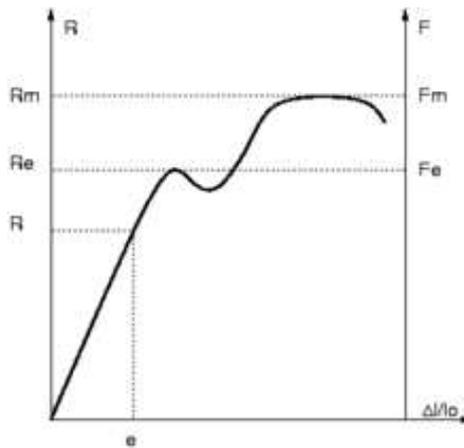
Figura 1.4 Probeta sometida a tracción



FUENTE: Laboratorio de metalotecnia - ETSIMO

El proceso consiste en someter al material de ensayo a fuerzas de tracción y tomar datos de la tensión normal aplicada y la deformación unitaria del material, Para graficar la curva Esfuerzo-Deformación característica como se muestra en la figura 1.5

Figura 1.5 Diagrama Tensión - Deformación unitaria



FUENTE: Diagrama de tensión–deformación típica de un acero de bajo límite de fluencia – WIKIPEDIA

1.6.5 CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN UNITARIA

La curva esfuerzo deformación refleja la relación entre el esfuerzo aplicado a un material y la deformación unitaria que sufre este. De esta curva se obtiene ciertas propiedades de resistencia del material de ensayo.

La curva, se caracteriza por ciertas zonas y puntos específicos que son:

Zona Elástica:

En esta zona podemos ver una relación proporcional entre la tensión y la deformación unitaria.

Esta proporcionalidad la llamamos la ley de HOOKE, ecuación 1.1

$$\sigma_e = E * e \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Dónde:

E = que es el módulo de Young [N/m^2]

σ_e = es la tensión del material [N/m^2]

e = la deformación unitaria. [-]

Límite de elasticidad:

En este punto es el límite donde si retiramos el esfuerzo al cual se somete después de este punto, el material no recupera su longitud y área inicial, y permanece con una deformación residual llamada deformación permanente.

Punto de fluencia y Zona de fluencia:

La zona de fluencia comienza por el punto de fluencia en la zona entre la transición entre la deformación plástica y elástica, esta zona es donde el material sufre un alargamiento o fluencia del material sin un aumento de carga, incluso podríamos disminuir la carga y aumentar de nuevo el material como se ve en la figura 1.6

La fluencia es muy característica del acero al carbono, mientras que, en otros tipos de aceros, aleaciones y otros materiales no es observable.

Zona de Endurecimiento:

En la zona de endurecimiento las deformaciones se vuelven permanentes.

La curva en esta zona tiene una pendiente menor que en la zona elástica, por lo cual para conseguir mayor deformación no es necesario un gran incremento de carga.

La fuerza máxima en esta zona determina la resistencia a la tracción del material.

Zona de estricción y esfuerzo último:

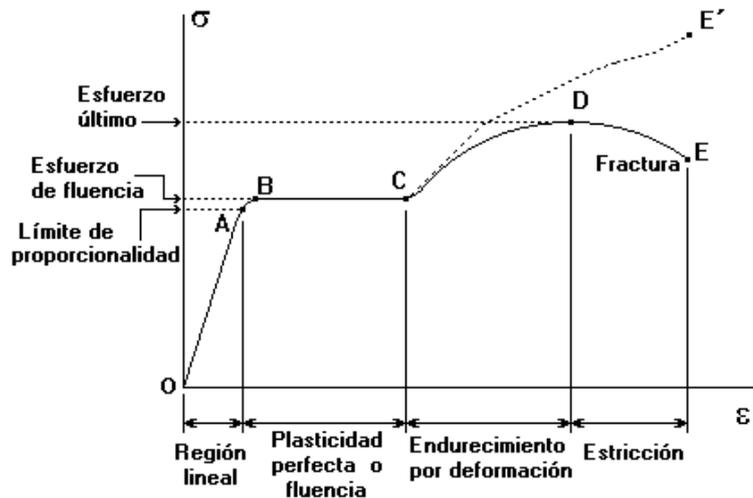
Al acercarse al punto de esfuerzo último, la probeta muestra un cuello de botella, después de este punto se localiza la zona de estricción, en esta zona la probeta sufre un encogimiento mientras más se deforme la probeta.

Nuestra carga disminuye como se muestra en la figura 1.6

Esfuerzo o Carga de Fractura:

Este es el último punto E que se ubica una vez terminada la zona de estricción, como se muestra en la figura 1.6

Figura 1.6 Partes del diagrama Tensión-Deformación



FUENTE: Ensayo de tracción – AREATECNOLOGIA rescatado de (<https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>)

1.6.6 NORMAS DE ENSAYO DE TRACCIÓN

Existen numerosas normativas internacionales que definen con detalle los parámetros del ensayo, requisitos de la máquina, cálculos a realizar sobre los valores obtenidos, etc.

En función del tipo de material, proceso de fabricación, aplicación y condiciones de trabajo, existe una normativa concreta:

- Ensayo de metal

UNE-EN ISO 6892-1:

ISO 6892-1 es uno de los estándares de prueba más comúnmente adoptados para la prueba de tracción de materiales metálicos a temperatura ambiente.

Esta tiene tres métodos de prueba diferentes: Método A1, Método A2 y Método B. también es similar pero no equivalente a la norma ASTM E8/E8M

En esta norma las piezas de prueba tienen una relación directa entre la longitud inicial L_0 , y el área de la sección transversal S_0 , expresado por la ecuación

$$L_0 = k * \sqrt{S_0} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde k es un coeficiente de proporcionalidad el cual tiene un valor de 5,65 para probetas proporcionales, en caso de que el área de sección transversal sea tan pequeña que no cumpla esta proporcionalidad, se deberá aumentar el valor de k , donde se recomienda 11,3 preferentemente.

Y la norma también menciona que L_0 no debe ser mayor a 15mm.

ASTM E8 / E8M:

Esta norma de prueba cubre las pruebas de materiales metálicos en cualquier forma a temperatura ambiente, en particular, mediante los métodos para determinar el límite de elasticidad, la extensión máxima de elasticidad, resistencia a la tracción, alargamiento y reducción del área.

- Ensayo de plásticos

UNE-ISO 5893:

Aparatos de ensayo para plásticos y caucho. Tipos para ensayos de tracción, flexión y compresión (a velocidad de desplazamiento constante). Especificaciones.

EN 2561:

Material aeroespacial. Plásticos reforzados de fibra de carbono. Estratificados unidireccionales. Ensayo de tracción paralelamente a la dirección de la fibra.

ASTM D882:

Método de prueba estándar para propiedades de tracción de láminas de plástico finas.

- Ensayo de otros materiales

UNE-EN ISO 12996:

Uniones mecánicas. Ensayos destructivos de uniones. Medidas de las probetas y procedimiento del ensayo de resistencia a la cizalladura por tracción de uniones simples.

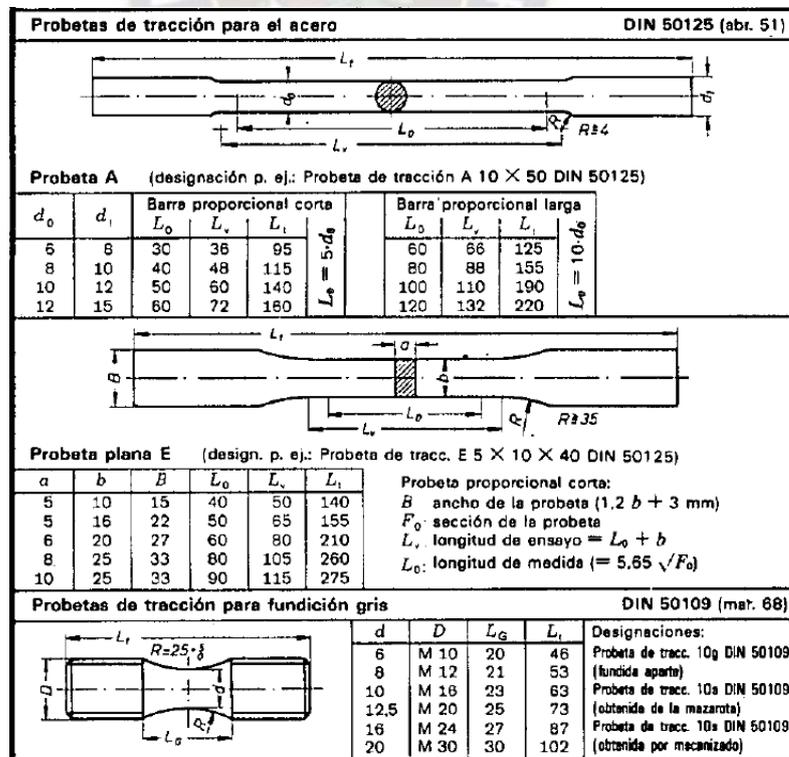
1.6.7 NORMA PARA PROBETA

Las diferentes normas previamente mencionadas contienen tamaños para las diferentes probetas, pero ahora nos basaremos en la norma DIN 50125.

La norma DIN 50125 define los tipos y tamaños de probetas para ensayos en metales, en caso de ser circulares, planas, varillas y demás.

La Figura 1.7 muestra las dimensiones para probetas de ensayo de Acero y fundición gris.

Figura 1.7 Dimensiones de probetas según DIN 50125



FUENTE: Ensayo de materiales - Sharkus

1.6.8 MÁQUINAS DE ENSAYO DE TRACCIÓN

Según FEMTO “Las máquinas de ensayo son aquellas que permiten diferentes configuraciones de acuerdo a normas o a determinadas condiciones de tiempo, fuerza y longitud, combinando estos parámetros en diferentes ciclos de medida.” (Máquinas de ensayo de tracción y compresión - FEMTO)

Las máquinas de tracción son las que disponen de un elemento generador y un elemento medidor integrados en el mismo conjunto, y que se pueden emplear para realizar cualquier tipo de medida o ensayos como se muestra en la figura 1.8

.Figura 1.8 Máquina de ensayo de tracción común



FUENTE: Máquinas de ensayo de tracción y compresión - FEMTO

1.6.9 CELDA DE CARGA TIPO S

Una celda de carga es un transductor el cual convierte fuerza en una señal eléctrica, a través de una configuración de un puente de Wheatstone y galgas extensiométricas.

La celda tipo S, recibe lecturas de salidas a tensión o compresión, Las aplicaciones incluyen tanques, tolvas de pesaje, cargas suspendidas y pesajes de camiones.

Las celdas de carga tipo S de la figura 1.9 proporcionan un rendimiento superior en un paquete versátil y compacto.

Figura 1.9 Celda de carga tipo S



FUENTE: OMEGA rescatado de (<https://mx.omega.com/pptst/LC101.html>)

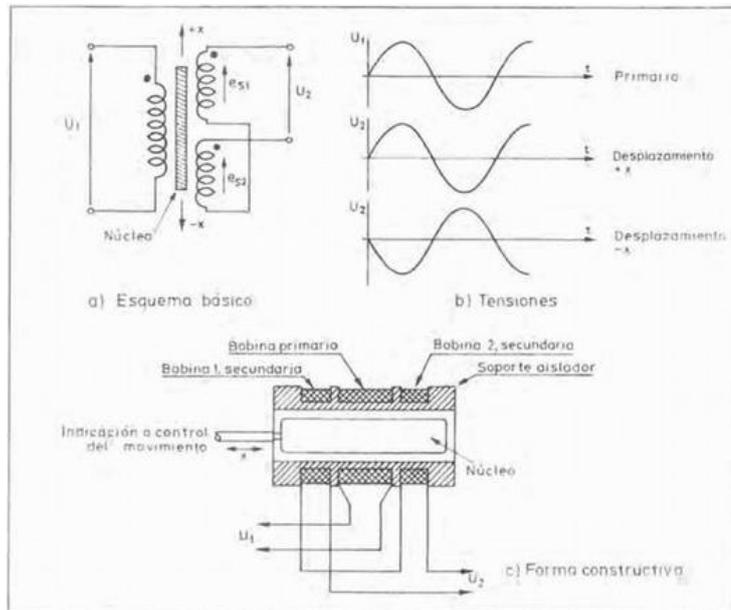
1.6.10 SENSOR DIFERENCIAL DE DISTANCIA LVDT

Un LVDT (Linear Variable Differential Transformer) es un tipo de sensor utilizado para medir desplazamientos lineales. El sensor se compone de una bobina primaria, dos bobinas secundarias y un núcleo de metal ferroso¹.

En la figura 1.10 cuando una señal de voltaje alterna se aplica a la bobina primaria, se genera un campo magnético alrededor del núcleo, que induce un voltaje en las bobinas secundarias. La magnitud y la fase de estos voltajes inducidos dependen de la posición del núcleo dentro del LVDT.

¹ Balcells J. Automatas programables-Sensores y actuadores (p.126)

Figura 1.10 Transformador diferencial lineal



FUENTE: Autómatas programables (p.126)

Si el núcleo se mueve, las relaciones entre los voltajes inducidos en las bobinas secundarias cambian. La diferencia entre estos voltajes se utiliza para determinar la posición del núcleo y, por lo tanto, el desplazamiento lineal que se está midiendo en el tornillo de la figura 1.11

Figura 1.11 LVDT

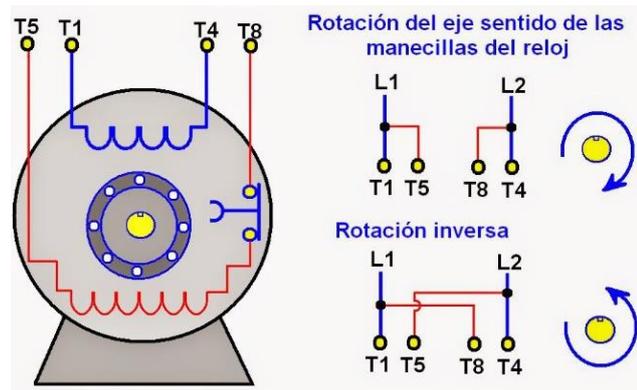


FUENTE: ATO rescatado de (<https://www.ato.com/lvdt-sensor>)

1.6.11 INVERSIÓN DE GIRO MOTOR MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA

La inversión de un motor de fase partida, el cual cuenta con cuatro terminales como se muestra en la figura 1.12, requiere e diferentes configuraciones para la alteración del sentido de giro.

Figura 1.12 Inversión de giro de motor monofásico de fase partida



FUENTE: COPAROMAN rescatado de (<https://coparoman.blogspot.com/2014/05/como-se-conecta-un-interruptor.html>)

1.7 LIMITES Y ALCANCES

1.7.1 LIMITES

- Se trabajará con probetas impresas, aceros de medio y bajo carbono, debido al material y el mecanismo con el cual está diseñada la máquina.
- Este ensayo está limitado a realizarse solo a temperatura ambiente según la norma ISO 6892-1 y no así a temperatura elevada, baja temperatura y helio líquido como indican las normas ISO 6892-2, ISO 6892-3 e ISO 6892-4 respectivamente, debido a su elevado costo al realizar los mismos.

1.7.2 ALCANCES

- El IIME podrá realizar análisis e investigación en el área de resistencia de materiales.
- Se reaprovechará y reacondicionará una máquina y sensores inutilizados en el IIME.

1.8 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la automatización del sistema se requiere inversión de giro del motor monofásico de fase partida, donde se tiene varias alternativas:

- PLC el cual es programable y se configura mediante un software especializado, que permite definir la lógica de control para controlar los

dispositivos y procesos conectados a él. Los PLC pueden realizar funciones de control como el encendido y apagado de motores y además de la toma de datos.

- Un datalogger (registrador de datos) es un dispositivo electrónico que se utiliza para registrar y almacenar datos de sensores y otros dispositivos de medición. Un datalogger típicamente consta de un microprocesador, memoria de almacenamiento, entradas analógicas y/o digitales para conectar sensores y una interfaz para la descarga de datos. digitales controlar el motor.
- Arduino NANO es una placa de desarrollo basada en microcontrolador que se utiliza para crear proyectos electrónicos. La placa Arduino NANO tiene un tamaño pequeño (aproximadamente el tamaño de una tarjeta de crédito) y se puede programar utilizando el lenguaje de programación Arduino y juntamente con el datalogger que contamos podríamos realizar el control del motor y la toma de datos en tiempo real.

1.9 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

La tabla 1.1 muestra diferentes alternativas de solución, considerando la facilidad de comunicación, el tamaño y el precio del mismo.

Tabla 1.1 Comparación de alternativas

ALTERNATIVA	PRECIO (Bs)	Comunicación a PC	Tamaño (cm)
PLC	200 - 1000	MODBUS ETHERNET	15X15x8
DATALOGGER	300 - 1500	USB Y MODBUS	15x10x3
ARDUINO NANO	50 - 200	USB	4,5x1,8x0,8

FUENTE: Elaboración Propia

La alternativa de solución escogida fue el arduino nano, debido a su bajo precio, tamaño disminuido, su fácil manejo y manipulación, además de que solo se requiere realizar una tarea de controlar dos salidas digitales.

2 INGENIERIA DEL PROYECTO

2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

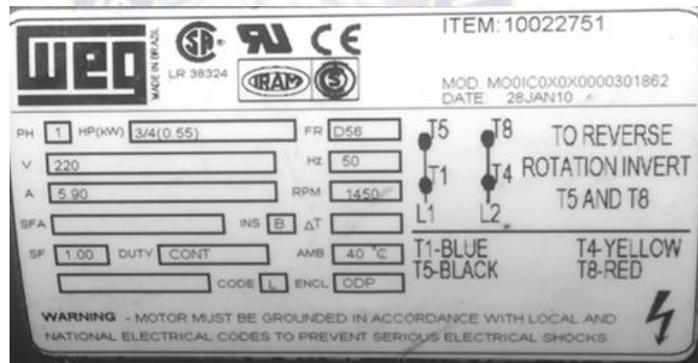
En este acápite se hallan valores para realizar diseño de diferentes sistemas.

2.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE CONTROL.

Se cuenta con un par de contactores TOGAMI PAK-6JC de 7,9 A en tensiones menores a 440 V que requieren un accionamiento de 220 V ac, cuya bobina se midió y tiene un valor de 5,58 Henrios.

El sistema cuenta con un motor monofásico de fase partida con selector rotativo, cuyas características se muestran en la Figura 2.1 este motor es de una potencia Nominal de $\frac{3}{4}$ HP o 0,55 KW y una corriente de 5,9 A.

Figura 2.1 Características De Motor



FUENTE: Elaboración Propia

El datalogger con el que se cuenta es un DI-718B de la marca de DATAQ Instruments cuyas características físicas se muestran en la Figura 2.2, requiere principalmente una alimentación de 9 a 36 Vdc y una conexión usb para la interface.

Figura 2.2 Datalogger DATAQ



FUENTE: DI-718B 8B Module Data Logger System

Se cuenta con una celda de carga tipo S y un sensor diferencial de distancia LVDT, con su propia fuente de 24 V, además que estos tienen su propio modulo transductor en el datalogger los cuales convierten de -50mV a +50mV de la celda de carga y -10V a +10V del LVDT a -5V y +5V para la lectura digital del datalogger.

2.1.1 Parámetros de diseño del software didáctico

Para el software se requiere hacer un análisis de parámetros de todos los límites y características de los instrumentos y sistemas de nuestra máquina.

Se realizó una calibración por puntos de la celda de carga previamente con una balanza patrón del área de ingeniería térmica utilizando una FUENTE de PC de 12.1 Vdc como se muestra en la Figura 2.3 y se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 2.1

Figura 2.3 Proceso de Calibración



FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 2.1 Puntos de calibración Celda de carga

Nro medida	Celda de carga	Valor en Kg
1	1554	0
2	1679	12
3	1819	25,7
4	1952	38,62
5	2091	51,48
6	2213	62,89
7	2338	74,75

FUENTE: Elaboración Propia

Para el sensor diferencial de distancia LVDT se hizo igualmente la calibración con un vernier digital como patrón de medida y se obtuvieron los datos que se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Puntos de calibración LVDT

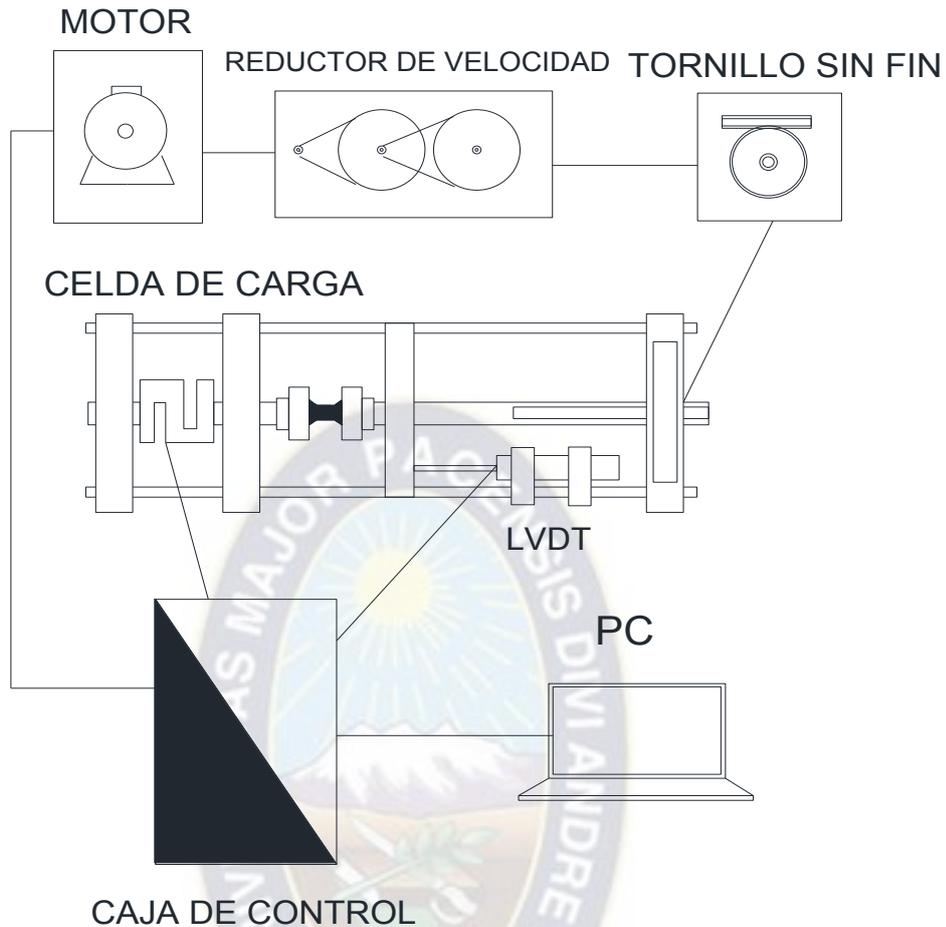
Nro medida	LVDT	valor en mm
1	-1659	4,85
2	227	8,17
3	2832	12,07
4	4128	14,13
5	6417	17,67
6	10467	23,85
7	15723	31,86
8	21962	41,34
9	29246	52,31

FUENTE: Elaboración Propia

2.1 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

En la figura 2.4 se muestra la conformación del sistema.

Figura 2.4 Sistema de la máquina de ensayo de tracción



FUENTE: Elaboración Propia

El motor es controlado por el circuito de control, conectado mediante una correa de transmisión al sistema de reducción de velocidad, seguido de un tornillo sin fin, el cual transmite su rotación a una corona de 40 dientes, la cual actúa como tuerca que al girar desplaza el tornillo de potencia que tracciona la probeta, donde la fuerza ejercida es medida mediante una celda de carga tipo S y el desplazamiento diferencial mediante un sensor de desplazamiento LVDT.

El circuito de control se encarga de controlar el motor y alimentar el sistema el cual tomará los datos de la celda de carga y el sensor de desplazamiento diferencial, comunicados a un software, el cual controla y realiza la adquisición y tratamiento de datos necesarios para el ensayo de tracción.

La tabla 2.3 muestra los sistemas y subsistemas de la máquina de ensayo de tracción.

Tabla 2.3 Sistemas y Subsistemas

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	ELEMENTOS
CONTROL	ALIMENTACION	FUENTE conmutada de 12 V
		FUENTE OHMEGA de 24 V
	PROCESAMIENTO	Placa PCB de control
		Datalogger DATAQ
		Celda de Carga tipo S
		Sensor de desplazamiento LVDT
	POTENCIA	Sonda de temperatura DS18B20
		Contactores
		Protección del motor
		Cables y terminales
SISTEMA MOTRIZ	MOTOR	Borneras de conexión
		Motor monofásico de 3/4 HP
	REDUCTOR DE VELOCIDAD	Poleas
		Correas de transmisión
	TORNILLO SIN FIN	Tornillo sin fin
		Corona
TORNILLO DE POTENCIA	Eje Roscado	
	Guía del eje	
SISTEMA ESTRUCTURAL	SUJECION	Cabezales de sujeción de probeta
		tornillo para celda de carga
		Eje roscado para cabezales y celda de carga
	APOYO	Soporte base
		Soporte celda de carga
		cubierta tornillo sin fin

FUENTE: Elaboración Propia

2.1 CÁLCULOS PREVIOS AL DISEÑO

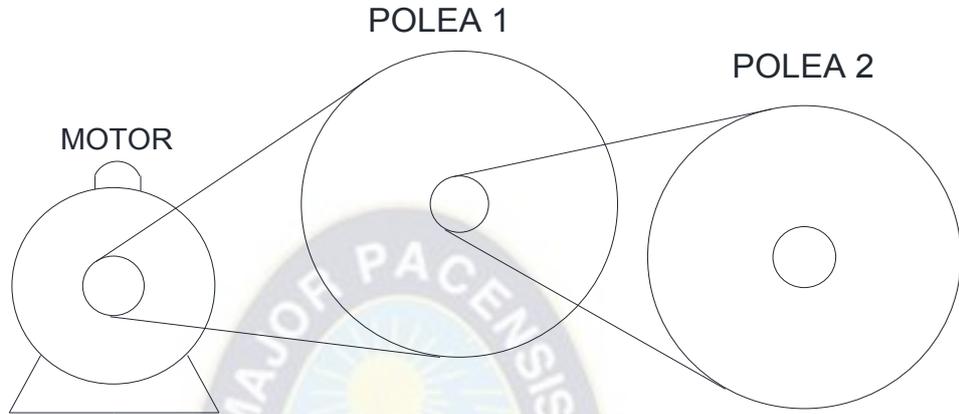
Se realiza cálculos para obtener valores numéricos para el proceso de diseño y características particulares de la máquina de ensayo de tracción.

2.1.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO

Se calcula la velocidad de desplazamiento del tornillo de potencia. Se sabe que el motor gira a 1490 RPM, esta velocidad se transmite mediante una correa a

un par de poleas como se muestra en la figura 2.5, Donde se cuenta con el radio de las poleas, por lo tanto, se puede hallar la relación de vueltas de las poleas mediante relación de diámetros con la Ecuación 2.1 y Ecuación 2.2 .²

Figura 2.5 Reducción por poleas



FUENTE: Elaboración Propia

$$\frac{w_{P2}}{w_{P1}} = \frac{D_{mP1}}{D_{MP2}} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$\frac{w_{P1}}{w_M} = \frac{D_{mM}}{D_{MP1}} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

w_{P2} = Velocidad de la polea 2 (RPM)

w_{P1} = Velocidad de la polea 1 (RPM)

w_M = Velocidad del eje del motor (RPM)

D_{mM} = Diámetro de la polea del motor (RPM)

² Norton, R. (2011). L. Diseño de Máquinas (p. 973). Pearson.

D_{MP1} = Diámetro mayor de la polea 1 (mm)

D_{mP1} = Diámetro menor de la polea 1(mm)

D_{MP2} = Diámetro mayor de la polea 2 (mm)

Entonces para hallar la velocidad de la polea 2, se multiplican las ecuaciones 2.1 y 2.2

$$\frac{w_{P2}}{w_{PF}} * \frac{w_{PF}}{w_M} = \frac{D_{mP1}}{D_{MP2}} \frac{D_{mM}}{D_{MP1}}$$

$$\frac{w_{P2}}{w_M} = \frac{D_{mP1} D_{mM}}{D_{MP2} D_{MP1}}$$

Entonces:

$$w_{P2} = \frac{w_M D_{mP1} D_{mM}}{D_{MP2} D_{MP1}} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Como la polea 2 se encuentra unida al tornillo sin fin, ambos tienen la misma velocidad de rotación.

El tornillo sin fin hace girar una corona de 40 dientes, por lo tanto, nuestra corona dará una revolución cuando el tornillo sin fin haya dado 40 vueltas, entonces.

$$w_C = \frac{w_{P2}}{40}$$

Donde:

w_C = velocidad de la corona (RPM)

Remplazando en la ecuación 2.5

$$w_C = \frac{w_M D_{mP1} D_{mM}}{40 D_{MP2} D_{MP1}} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

La corona actúa como tuerca que hace que se desplace un tornillo de potencia axialmente, el cual tracciona la probeta.

Por cada revolución de tuerca, el tornillo de potencia se desplazará la distancia de su paso.

$$d_t = P_t * N_C$$

Donde:

P_t = Paso del tornillo de potencia (mm)

d_t = Desplazamiento del tornillo de potencia (mm)

Derivando

$$\frac{d(d_t)}{dt} = P_t * \frac{d(N_C)}{dt}$$

$$v_t = P_t * w_C$$

Donde:

v_t = Velocidad del tornillo de potencia (mm/min)

Reemplazando la ecuación 2.6 se tiene entonces:

$$v_t = P_t * \frac{D_{mP1} D_{mM}}{40 D_{MP2} D_{MP1}} * w_M \quad \text{Ecuación 2.7}$$

De las ecuaciones 2.1 y 2.2 se tiene la relación de diámetros, reemplazando en la ecuación 2.7

$$v_t = P_t * \frac{w_{P2} w_{P1}}{40 w_{P1} w_M} * w_M$$

$$v_t = P_t * \frac{w_{P2} w_{P1}}{40 w_{P1} w_M} * w_M$$

$$v_t = P_t * \frac{W_{P2}}{40}$$

Ecuación 2.8

Como el paso del tornillo sin fin es 3,5 mm y la velocidad de la polea 2 es de 51,7 RPM.

Reemplazando

$$v_t = 3,5 * \frac{51,7}{40}$$

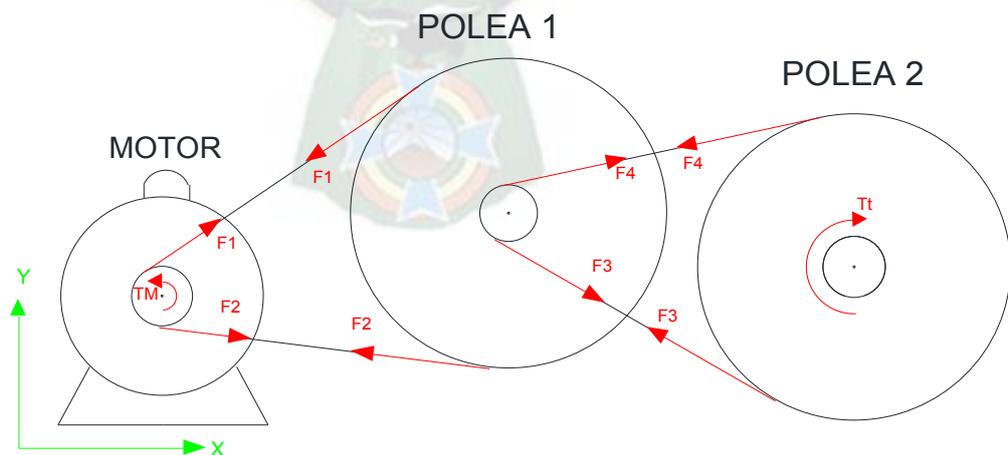
$$v_t = 4,524 \left[\frac{mm}{min} \right]$$

2.1.2 ANÁLISIS DINÁMICO

Se analiza la fuerza máxima que podrá transmitir el motor, debido a que la potencia máxima de trabajo es $\frac{3}{4}$ HP y el factor de servicio es 1, por lo tanto, su potencia nominal será la máxima potencia que podrá entregar.

Primero se analiza la potencia transmitida por el reductor de velocidad de la figura 2.6, Donde el motor a través de las correas transmite su torque T_M .

Figura 2.6 Análisis Dinámico de transmisión de poleas



FUENTE: Elaboración Propia

Entonces aplicando la segunda ley de Newton para conservación del momento angular

$$\sum M = I * \alpha \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Polea del motor

$$TM - F1 * \frac{D_{mM}}{2} + F2 * \frac{D_{mM}}{2} = I_{pM} * \alpha_M$$

$$F2 - F1 = \frac{I_{pM} * \alpha_M - TM}{\frac{D_{mM}}{2}} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Donde

TM = Torque del motor (N m)

$F1, F2, F3, F4$ = Son fuerzas de tensión de las bandas de transmisión (N)

I_{pM} = Inercia de la polea del motor (N m s²)

α_M = Aceleración angular de la polea del motor (1/s²)

Realizando el mismo análisis para la polea 1

$$F1 * \frac{D_{MP1}}{2} - F2 * \frac{D_{MP1}}{2} + F3 * \frac{D_{MP1}}{2} - F4 * \frac{D_{MP1}}{2} = I_{P1} * \alpha_{P1}$$

$$F3 - F4 = \frac{I_{P1} * \alpha_{P1} + (F2 - F1) * \frac{D_{MP1}}{2}}{\frac{D_{MP1}}{2}}$$

Reemplazando la ecuación 2.10

$$F3 - F4 = \frac{I_{P1} * \alpha_{P1} + (I_{pM} * \alpha_M - TM) * \frac{D_{MP1}}{\frac{D_{mM}}{2}}}{\frac{D_{mP1}}{2}}$$

$$F3 - F4 = \frac{I_{P1} * \alpha_{P1} + (I_{pM} * \alpha_M - TM) * \frac{D_{MP1}}{D_{mM}}}{\frac{D_{mP1}}{2}} \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Donde:

I_{P1} =Inercia de la polea 1 (N m s²)

α_{P1} =Aceleración angular de la polea 2 (1/s²)

Realizando el mismo análisis para la polea 2

$$-F3 * \frac{D_{MP2}}{2} + F4 * \frac{D_{MP2}}{2} - Tt = I_{P2} * \alpha_{P2}$$

$$Tt = -(F3 - F4) * \frac{D_{MP2}}{2} - I_{P2} * \alpha_{P2}$$

Reemplazando la ecuación 2.11

$$Tt = -\left(I_{P1} * \alpha_{P1} + (I_{pM} * \alpha_M - TM) * \frac{D_{MP1}}{D_{mM}}\right) * \frac{D_{MP2}}{\frac{D_{mP1}}{2}} - I_{P2} * \alpha_{P2}$$

$$Tt = -\left(I_{P1} * \alpha_{P1} + (I_{pM} * \alpha_M - TM) * \frac{D_{MP1}}{D_{mM}}\right) * \frac{D_{MP2}}{D_{mP1}} - I_{P2} * \alpha_{P2} \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde

Tt =Torque sobre el tornillo (N m)

I_{P2} =Inercia de la polea 2 (N m s²)

α_{p2} =Aceleración angular de la polea 2 (1/s²)

Ahora se realiza el análisis para el tornillo sin fin con el software inventor, en su apartado de análisis de transmisión de potencia.

El tornillo sin fin un paso de 8 mm, por paso solo tiene un diente y un Angulo de presión de 14,5 grados, además que el piñón o engranaje tiene de 40 dientes.

Previamente se calcula el torque sobre el tornillo sin fin, utilizando la ecuación 2.12 y realizando el análisis a su máxima carga, es decir cuando el sistema trabaje a velocidad constante.

$$Tt = TM * \frac{D_{MP1}}{D_{mM}} * \frac{D_{MP2}}{D_{mP1}}$$

Reemplazando las ecuaciones 2.1 y 2.2

$$Tt = TM * \frac{W_M}{W_{PF}} * \frac{W_{PF}}{W_{P2}}$$

$$Tt = TM * \frac{W_M}{W_{P2}} \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Utilizando la ecuación para el torque de nuestro motor en función de la potencia.

$$TM = \frac{PM \cdot 716}{W_M} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Donde

PM = Potencia del motor (HP)

TM =Torque del motor (Kgf m)

Analizando para un torque máximo, reemplazando en la ecuación 2.13 para una potencia máxima de $\frac{3}{4}$ HP

$$Tt = \frac{PM_{max} 716}{W_{P2}} * \frac{W_{P2}}{W_{P2}}$$

$$Tt = \frac{PM_{max} 716}{W_{P2}}$$

$$Tt = \frac{3 * 716}{4 * 51,7}$$

$$Tt = 10,39 \text{ Kgf m} = 101,93 \text{ N m}$$

Para Hallar el ángulo de avance del tornillo se aplica las ecuaciones ³

$$\tan \lambda = \frac{L_t}{\pi d_w} \quad \text{Ecuación 2.15}$$

$$L_t = p_x N_w \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Donde

λ = Angulo de avance del tornillo sin fin (rad)

d_w = 20,4 mm = Diámetro de paso del tornillo sin fin (mm)

L_t = Avance del tornillo sin fin (mm)

p_x = 8 mm = Paso del tornillo sin fin (mm)

N_w = 1 = número de dientes por paso del tornillo sin fin

$$\tan \lambda = \frac{8 * 1}{\pi * 20,4} = 0,1248$$

$$\lambda = 7,115^\circ$$

³ Shigley, J. E., Budynas R. G. & Nisbett. J. K. (2012). Diseño en ingeniería mecánica (p. 687). McGraw-Hill Education.

Utilizando estos datos hallados se realiza el análisis de transmisión de potencia en engranajes helicoidales de inventor, estos resultados se muestran en el ANEXO F, del cual se usa la tabla 2.4, donde se muestra el estado de cargas.

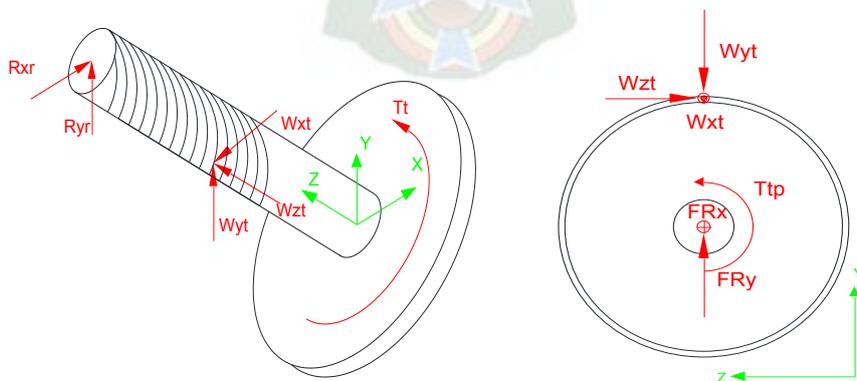
Tabla 2.4 Estado de cargas en el engranaje helicoidal

	Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
Potencia	P 0,552 kW	0,303 kW
Velocidad	n 51,70 rpm	1,29 rpm
Par de torsión	T 101,930 N m	2235,424 N m
Eficiencia	η 0,548 su	
Fuerza radial	F_r -10258,867 N	
Fuerza tangencial	F_t -8918,279 N	-43892,453 N
Fuerza axial	F_a -43892,453 N	-8918,279 N
Fuerza normal	F_n 45732,540 N	
Velocidad circunferencial	v 0,055 mps	0,007 mps
Velocidad de deslizamiento	v_k 0,056 mps	

FUENTE: Inventor (2020)

De este análisis se puede ver que el par de torsión que se transmite al engranaje helicoidal es de 2235,424 N m, el cual será el torque que se transmite al tornillo de potencia como muestra la figura 2.7.

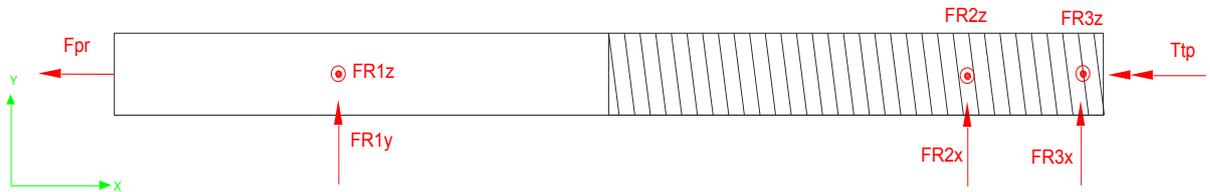
Figura 2.7 Estado de cargas sobre el tornillo sin fin y engranaje helicoidal



FUENTE: Elaboración Propia

Analizado el tornillo de potencia en la figura 2.8

Figura 2.8 Estado de cargas en el tornillo de potencia



FUENTE: Elaboración Propia

Utilizando la ecuación para tornillos de potencia ⁴

$$T_{tp} = R_{tp} F_{PR} \tan(\theta + \phi_s)$$

$$F_{PR} = \frac{T_{tp}}{R_{tp} \tan(\theta + \phi_s)} \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Donde:

R_{tp} = 11mm = Radio medio del tornillo de potencia (mm)

F_{PR} = Fuerza de tracción de la probeta (N)

θ = Ángulo de paso del tornillo de potencia

ϕ_s = Ángulo de fricción estática

Para calcular el Angulo θ se usa la ecuación 2.18 y para el ángulo de fricción estática se utiliza un coeficiente de fricción dinámico de $\mu = 0.19$, el cual es el recomendado por la tabla 2.5 ⁵ y la ecuación 2.19

⁴ Hibbeler, R. C. (2011). Mecánica para ingenieros (p. 414). Pearson.

⁵ Norton, R. (2011). L. Diseño de Máquinas (p. 356). Pearson.

Tabla 2.5 Coeficientes de fricción en algunas combinaciones de materiales

Material 1	Material 2	Estático		Dinámico	
		Seco	Lubricado	Seco	Lubricado
acero dulce	acero dulce	0.74		0.57	0.09
acero dulce	hierro fundido		0.183	0.23	0.133
acero dulce	aluminio	0.61		0.47	
acero dulce	latón	0.51		0.44	
acero duro	acero duro	0.78	0.11–0.23	0.42	0.03–0.19
acero duro	babbitt	0.42–0.70	0.08–0.25	0.34	0.06–0.16
teflón	teflón	0.04			0.04
acero	teflón	0.04			0.04
hierro fundido	hierro fundido	1.10		0.15	0.07
hierro fundido	bronce			0.22	0.077
aluminio	aluminio	1.05		1.4	

FUENTE: Norton, R. (2011). L. Diseño de Máquinas (p. 356). Pearson.

$$\tan \theta = \frac{p_{tp}}{2\pi * R_{tp}} \quad \text{Ecuación 2.18}$$

$$\theta = 2,45^\circ$$

$$\tan \phi_s = \mu \quad \text{Ecuación 2.19}$$

$$\phi_s = 10,76^\circ$$

Reemplazando en la ecuación 2.17

$$F_{PR} = \frac{2235,424}{0,011 \tan(2,54 + 10,76)}$$

$$F_{PR} = 859682.63 \text{ N} = 87633,3 \text{ Kgf}$$

La fuerza máxima de tracción a la cual el motor trabaja en su límite de trabajo es de 87633,3 Kgf.

2.1.3 ANÁLISIS ESTÁTICO

Se analiza los elementos que son más propensos a falla, como ser los dientes del conjunto tornillo sin fin – corona y bandas de transmisión de potencia.

2.1.3.1 Análisis Tornillo Sin Fin – Corona

Se halla el esfuerzo en la corona debido a que los dientes del sin fin son intrínsecamente mucho más fuertes que los dientes de la corona, utilizando la ecuación 2.20⁶

$$\sigma_G = \frac{W_{zt}}{p_n F_G y} \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Donde

$W_{zt} = 43892,453 \text{ N}$ = Fuerza tangencial engrane (N)

σ_G = Esfuerzo del engrane (Pa)

p_n = Paso circular normal (m)

F_G = Ancho de cara de la corona del sin fin (m)

y = Factor de forma de Lewis

Para calcular F_G y p_n se utiliza las ecuaciones 2.21 y 2.22, con un factor de forma de Lewis de 0.098 y un diámetro de tornillo sin fin de 20,4 mm que son factores calculados por el software en el ANEXO F

$$F_G = \frac{2 d_w}{3} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

$$F_G = \frac{2 * 20,4}{3} = 13,6 \text{ mm}$$

$$p_n = p_x * \cos \lambda \quad \text{Ecuación 2.22}$$

⁶ Shigley, J. E., Budynas R. G. & Nisbett. J. K. (2012). Diseño en ingeniería mecánica (p. 782). McGraw-Hill Education.

Donde:

$$p_x = 8 \text{ mm} = \text{Paso del tornillo sin fin (mm)}$$

$$p_n = 8 * \cos 7,115^\circ = 7,938 \text{ mm}$$

Reemplazando en la ecuación 2.20

$$\sigma_G = \frac{43892,453}{0,007938 * 0,0136 * 0,098}$$

$$\sigma_G = 4148,7 \text{ MPa}$$

Siendo que es mayor a su límite de elasticidad que es de 180 MPa, este fallara si se somete a $W_{zt} = 43892,453 \text{ N}$, entonces se halla la W_G^t a la cual es permisible con un factor de seguridad $n=1.2$ utilizando la ecuación 2.20.

$$W_{zt} = n \sigma_{Lim} p_n F_G y$$

$$W_{zt} = 1.2 * 180 * 10^6 * 0,007938 * 0,0136 * 0,098$$

$$W_{zt} = 2285,23 \text{ N}$$

Realizando un análisis estático de la figura 2.7 se obtiene la ecuación 2.23, donde se halla el torque para realizar un nuevo análisis para la fuerza máxima de trabajo.

$$W_{zt} = \frac{2T_{tp}}{d_G} \quad \text{Ecuación 2.23}$$

Donde

$$d_G = 101,859 \text{ mm} = \text{Diámetro del engranaje (mm)}$$

Despejando Tt

$$T_{tp} = \frac{W_{zt} d_G}{2}$$

$$T_{tp} = \frac{2285,23 * 0,1019}{2}$$

$$T_{tp} = 116,43 \text{ N m}$$

Reemplazando en la ecuación 2.17

$$F_{PR} = \frac{116,43}{0,011 \tan(2,54 + 10,76)}$$

$$F_{PR} = 44776,73 \text{ N} = 4564,4 \text{ Kgf}$$

2.1.3.2 Análisis de correas de transmisión

Para el análisis de los dos correas se utiliza la potencia transmitida por el motor para ambos que es de $\frac{3}{4}$ HP (0.5593 kW), las dimensiones de las poleas y su separación.

Para el primer par se analiza con una velocidad de 1490 RPM, el entorno de transmisión de potencia de inventor entonces arrojó los resultados de la tabla 2.6 para la primera correa.

Este análisis se obtuvo colocando una potencia de $\frac{3}{4}$ Hp, una velocidad para la primera polea de 1490 RPM, un diámetro de 60 mm para la primera polea y 298 mm para la segunda polea, ver ANEXO F.

Tabla 2.6 Comprobación de resistencia en el primer par de poleas

Potencia	P	0,550 kW
Par de torsión	T	3,525 N m
Velocidad	n	1490,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,964 su
Deslizamiento de correa	s	0,016 su
Factor de corrección de arco de contacto	c_1	0,898 su
Factor de servicio	c_2	1,200 su
Factor de serv..._icio resultante	c_{PR}	1,981 su
Factor de corrección de longitud	c_3	0,930 su
Número de factor de corrección de correa	c_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	c_5	1,000 su

Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	5,176 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	7,793 Hz
Número de correas requerido	Z_{er}	0,606 su
Desmoldeo efectivo	F_p	106,252 N
Fuerza centrífuga	F_c	2,791 N
Tensión de instalación de correa	F_t	95,040 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	148,166 N
Potencia	P	0,550 kW
Par de torsión	T	3,525 N m
Velocidad	n	1490,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,964 su
Deslizamiento de correa	s	0,016 su
Factor de corrección de arco de contacto	c_1	0,898 su
Factor de servicio	c_2	1,200 su
Factor de servicio resultante	C_{PR}	1,981 su
Factor de corrección de longitud	c_3	0,930 su
Número de factor de corrección de correa	c_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	c_5	1,000 su
Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	5,176 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	7,793 Hz
Número de correas requerido	Z_{er}	0,606 su
Desmoldeo efectivo	F_p	106,252 N
Fuerza centrífuga	F_c	2,791 N
Tensión de instalación de correa	F_t	95,040 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	148,166 N

FUENTE: Elaboración propia

Se puede ver que la tensión máxima en alcance de la correa es menor a la tensión máxima permitida de la correa, lo cual confirma que funcionará correctamente.

Para el segundo par se analiza a una velocidad de 300 RPM, donde software inventor nos arrojó los resultados de la tabla 2.7 para la correa 2

Este análisis se obtuvo con una potencia de $\frac{3}{4}$ Hp, una velocidad para la primera polea de 300 RPM, un diámetro de 57 mm para la primera polea y 330,8 mm para la segunda.

Tabla 2.7 Comprobación de resistencia en el segundo par de poleas

Potencia	P	0,550 kW
Par de torsión	T	17,507 N m
Velocidad	n	300,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,962 su
Deslizamiento de correa	s	0,019 su
Factor de corrección de arco de contacto	C_1	0,888 su
Factor de servicio	C_2	1,200 su
Factor de servicio resultante	C_{PR}	0,616 su
Factor de corrección de longitud	C_3	0,950 su
Número de factor de corrección de correa	C_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	C_5	1,000 su
Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	0,995 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	1,392 Hz
Número de correas requerido	Z_{er}	1,947 su
Desmoldeo efectivo	F_p	552,709 N
Fuerza centrífuga	F_c	0,103 N
Tensión de instalación de correa	F_t	483,147 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	759,501 N

FUENTE: Elaboración propia

Se concluyó que la tensión máxima en alcance de la correa es mayor a su tensión máxima permitida, para lo cual se cambió la potencia en el análisis para poder llegar una fuerza menor.

Se realiza un nuevo análisis con 0,246 kW con los mismos datos del anterior análisis, ver ANEXO F, estos resultados se muestran en la tabla 2.8

Tabla 2.8 Comprobación de resistencia en el segundo par de poleas (corregido)

Potencia	P	0,246 kW
Par de torsión	T	7,830 N m
Velocidad	n	300,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,962 su
Deslizamiento de correa	s	0,018 su
Factor de corrección de arco de contacto	C_1	0,888 su
Factor de servicio	C_2	1,200 su
Factor de servicio resultante	C_{PR}	1,378 su
Factor de corrección de longitud	C_3	0,950 su
Número de factor de corrección de correa	C_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	C_5	1,000 su
Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	0,995 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	1,392 Hz
Número de correas requerido	Z_{er}	0,871 su
Desmoldeo efectivo	F_p	247,211 N
Fuerza centrífuga	F_c	0,103 N
Tensión de instalación de correa	F_t	216,172 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	339,778 N

FUENTE: Elaboración propia

En este análisis la tensión máxima en alcance de la correa es menor a la máxima permitida para una potencia de 0,246 KW (0.33HP).

Utilizando esta potencia se calcula la fuerza límite para el ensayo haciendo uso de la eficiencia del tornillo sin fin la cual está dada por la ecuación 2.24

$$\eta = \frac{P_{tp}}{PM} \quad \text{Ecuación 2.24}$$

Donde

$\eta = 0,548$ =Eficiencia el tornillo sin fin engranaje

P_{tp} = Potencia del tornillo de potencia (HP)

reemplazando la ecuación 2.14 y 2.24

$$T_{tp} = \frac{P_{tp} \cdot 716}{w_c} = \frac{PM \cdot \eta \cdot 716}{w_c}$$

Reemplazando en la ecuación 2.17

$$F_{PR} = \frac{PM \cdot \eta \cdot 716}{w_c \cdot R_{tp} \cdot \tan(\theta + \phi_s)}$$
$$F_{PR} = \frac{0,33 \cdot 0,548 \cdot 716}{1,29 \cdot 0,011 \cdot \tan(2,54 + 10,76)}$$
$$F_{PR} = 38600,78 \text{ Kgf}$$

2.1 DISEÑO DE ELEMENTOS

2.1.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

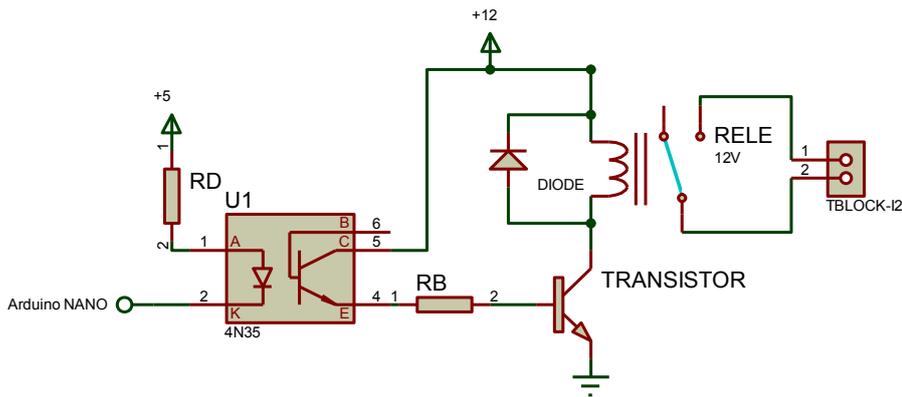
Este sistema controla el motor y además de adquirir datos de los sensores, por lo que se divide en procesamiento y potencia.

2.1.1.1 Diseño De Subsistema De Procesamiento

Este subsistema controla el motor monofásico de fase partida invirtiendo el sentido de giro con dos contactores y por seguridad medir la temperatura del mismo.

Para el control de contactores se utiliza optoacopladores, transistores y relés como se muestra en la figura 2.9

Figura 2.9 Circuito de control del Relé



FUENTE: Elaboración Propia

Primeramente, se calcula la resistancia del optoacoplador, usando un modelo comercial, que es el 4N35 el cual para su trabajo normal requiere una corriente de 10mA y un voltaje de 12 V en el lado de señal del mismo como se muestra en la Tabla 2.9

Tabla 2.9 Características del 4N35

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT							
Forward voltage ⁽¹⁾	$I_F = 10\text{ mA}$		V_F		1.2	1.5	V
	$I_F = 10\text{ mA}$, $T_{amb} = -55\text{ }^{\circ}\text{C}$		V_F	0.9	1.3	1.7	V
Reverse current ⁽¹⁾	$V_R = 6\text{ V}$		I_R		0.1	10	μA
Capacitance	$V_R = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$		C_O		25		pF

FUENTE: Datasheet 4N35

Usando la primera ley de Kirchoff para el circuito de entrada:

$$5V = RD * IF + VF \quad \text{Ecuación 2.25}$$

Donde:

RD= Resistencia serie al optoacoplador (Ω)

IF= Corriente directa del optoacoplador (A)

VF= Voltaje directo del optoacoplador (V)

Despejando RD

$$RD = \frac{5 - VF}{IF}$$

A esta ecuación se le añade un factor n el cual asegurara aumentar la corriente y así que se sature el optoacoplador. Como el circuito funciona a 5V se utilizará un factor de n=1.5, Reemplazando:

$$RD = \frac{5 - VF}{IF * n} = \frac{5V - 1.2V}{10mA * 1.5}$$

$$RD = 253.3 \Omega$$

Debido a que esta resistencia no es comercial, se utiliza una resistencia de 220 Ω la cual al ser más pequeña garantiza una mejor saturación.

Para la saturación del transistor para su correcto funcionamiento, se utiliza un transistor comercial bc548 el cual tiene una ganancia de 200 normalmente de trabajo.

Se utilizó relés de 12Vdc debido a que se usó una FUENTE de 12 Vdc.

Los parámetros de trabajo de los relés de 12 V se muestran en la tabla 2.10, se puede ver que a 12 Vdc la corriente de trabajo es de 30mA, por lo tanto, la corriente de colector es de 30mA para el transistor en saturación.

Tabla 2.10 Características de relés comerciales

6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
	48	48	7.5	6400				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

FUENTE: Datasheet SRD-12VDC-SL-A

Calculando la corriente de base del transistor en saturación.

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \quad \text{Ecuación 2.26}$$

Donde:

I_B =Corriente de base del transistor (A)

$I_C = 30 \text{ mA}$ = Corriente de colector del transistor (A)

β = Ganancia del transistor BC548 (-)

$$I_B = \frac{30 \text{ mA}}{200} = 0,15 \text{ mA}$$

Realizando la malla de entrada del transistor de la figura 2.8

$$12 = R_B * I_B + V_{BE}$$

Donde:

$V_{BE}=0,7 \text{ V}$ = Voltaje Base Emisor (V)

R_B =Resistencia de base (Ω)

Despejando

$$R_B = \frac{12 - V_{BE}}{I_B}$$

Para el cálculo de R_B se utiliza un factor $n=2$ para garantizar la saturación del transistor.

Entonces

$$R_B = \frac{12 - V_{BE}}{I_B * n} = \frac{12 V - 0,7 V}{0,15 mA * 2} = 37,66 K\Omega$$

Se escogió el valor comercial menor más próximo, que en este caso es de $37 K\Omega$.

Para la verificar que el transistor sea óptimo para el diseño, se calcula la potencia disipada del transistor con la ecuación 2.27

$$P_{max} = V_{tr} I_{tr}$$

Ecuación 2.27

Donde:

V_{tr} = Voltaje en el transistor (V)

I_{tr} = Corriente en el transistor (A)

P_{max} = Potencia máxima (W)

Cuando el transistor esta en corte, existe una caída de 12 V entre colector y emisor, pero no existe un flujo de corriente, entonces no hay una potencia disipada.

Cuando el transistor esta en saturación, tiene una caída entre colector y emisor de 0 V aproximadamente, un flujo de 30mA, y una caída de tensión entres base y emisor de 0,7 V, entonces se analizará la potencia para el caso de saturación.

Reemplazando en la ecuación 2.27

$$P_{max} = 0,7 * 0,03$$

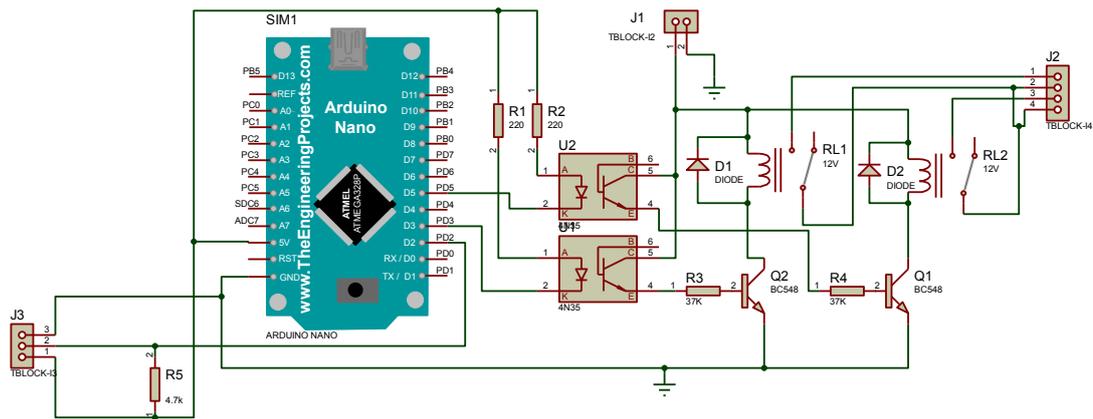
$$P_{max} = 0,021 W$$

La máxima potencia disipada por el transistor es de 21 mW, comparando con el máximo permitido con el fabricante de 625 mW (ver ANEXO E), el transistor escogido trabajara dentro de sus límites.

Como se dijo anteriormente, se utilizó una sonda que servirá para controlar la temperatura del motor, en caso de que este se sobrecaliente, para ello la sonda más comercial es la DS18B20

Teniendo en cuenta las resistencias calculadas y componentes, se realiza la conexión a el arduino nano, el cual se muestra en la figura 2.10.

Figura 2.10 Circuito base de control



FUENTE: Elaboración Propia

Es importante resaltar las entradas y salidas del circuito, estas entradas y salidas se muestran en la tabla 2.11 a continuación.

Tabla 2.11 Entradas y salidas PCB

Entrada	Salida	Referencia	Observación
J1-1		12 V (+)	FUENTE
J1-2		GND (-)	FUENTE
	J2-1	Línea 1	PIN 5
	J2-2	Neutro común	-
	J2-3	Línea 2	PIN 3

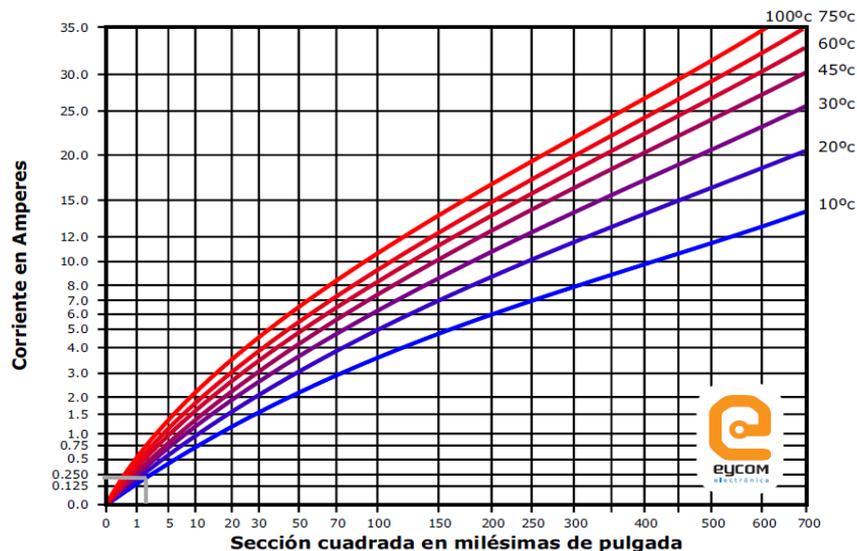
	J2-4	Neutro común	-
	J3-1	5 V (+)	Arduino
J3-2		Señal sonda	DS18B20
	J3-3	GND (-)	Arduino

FUENTE: Elaboración Propia

Usando el apartado de ARES de Proteus, se diseña la placa pcb del circuito, para lo cual se requiere calcular previamente las pistas, las cuales se dividen en dos partes, una parte de componentes electrónicos cuya corriente máxima será la corriente del relé de 30 mA para la parte en DC con un factor de seguridad de 5, entonces será para 150mA.

“Para calcular este ancho de pista se utiliza la norma IPC-2221, que contiene un algoritmo para el cálculo del mismo en base a la corriente de circulación en la placa” (EYCOM, 2011). Por lo tanto, usando la corriente de 150mA y asumiendo que se admite un aumento de temperatura de 10°C, de la figura 2.11 se obtiene el valor de 2 milésimas de pulgada para la sección cuadrada.

Figura 2.11 Método gráfico para calcular la sección de la pista

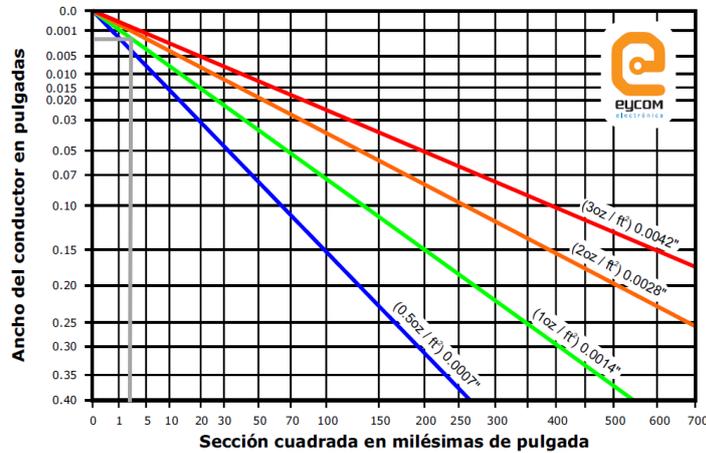


FUENTE: IPC-2221 - Generic Standard on Printed Board Design

La placa de baquelita comercial tiene un espesor de cobre de 35 micrones lo que se aproxima a $1 \frac{OZ}{FT^2}$, utilizando este espesor y el valor de la sección cuadrada

en el anterior apartado, de la figura 2.12 se obtiene un valor de 0.002 pulgadas (0,0508 mm) por lo tanto el espesor mínimo de pista será de 0,0508 mm.

Figura 2.12 Método gráfico para calcular el ancho de pista



FUENTE: IPC-2221 - Generic Standard on Printed Board Design

El problema de este espesor mínimo encontrado es su manufactura, esto debido a que la placa se realizara mediante una router cnc, que utiliza una fresa que tiene un calado de 0.2 mm, por lo que el error al realizar las pistas seria grande, entonces se opta por un espesor del triple de este, algo aproximado a 0.6mm de la tabla 2.12

Tabla 2.12 Equivalente de espesor de pista en ARES

Pulgadas	Corriente	Milímetros	Track Mode ARES
0.010 "	300 mA	0.254 mm	T15
0.015 "	400 mA	0.381 mm	T20
0.020 "	700 mA	0.508 mm	T30
0.025 "	1000 mA	0.635 mm	T40
0.050 "	2000 mA	1.270 mm	T50

FUENTE: Diseño de circuitos impresos: Esquemático y PCB

Entonces se realizó las pistas en ISIS Proteus con el Track Mode ARES de T40.

Para calcular la corriente de la bobina se midió previamente que se alimentaran con una tensión de 220 V ac y una frecuencia de 50 Hz, además

sabemos que la bobina tiene una inductancia de 5,58 Henrios, entonces aplicando la ley de ohm a fasores con la ecuación 2.28

$$I = \frac{V}{Z_L} \quad \text{Ecuación 2.28}$$

Donde:

I = Corriente de la bobina (Arms)

$V = 220 \text{ Vrms}$ = Tensión de la bobina (Vrms)

Z_L = impedancia de la bobina (ohm)

Para hallar la impedancia de la bobina

$$Z_L = L * 2\pi * f * j \quad \text{Ecuación 2.29}$$

Donde:

$L = 5,58 \text{ H}$ = Inductancia de la bobina (H)

$f = 50 \text{ Hz}$ = Frecuencia de la red eléctrica (Hz)

j = Unidad compleja

$$Z_L = 5,58 * 2\pi * 50 * j$$

$$Z_L = 1753,01 j$$

Reemplazando en la ecuación 2.27

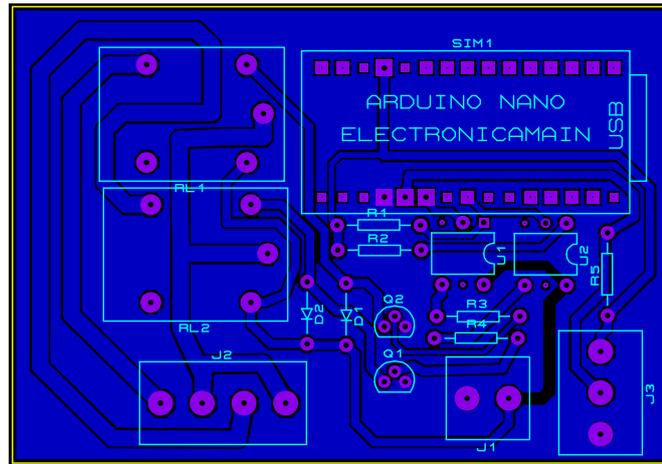
$$I = \frac{220}{1753,01 j}$$

$$I = -0,1255 j \text{ A}$$

Entonces la corriente eficaz de la bobina fue de de 0,1255 A, donde para conseguir el valor máximo, se multiplica este valor por $\sqrt{2}$ entonces la corriente máxima será de 0,1775 Amperios

Se puede ver que, para esta parte del circuito, la corriente no excederá 1 Amperio, por lo tanto, la ruta T40 estaría correcta para el diseño.

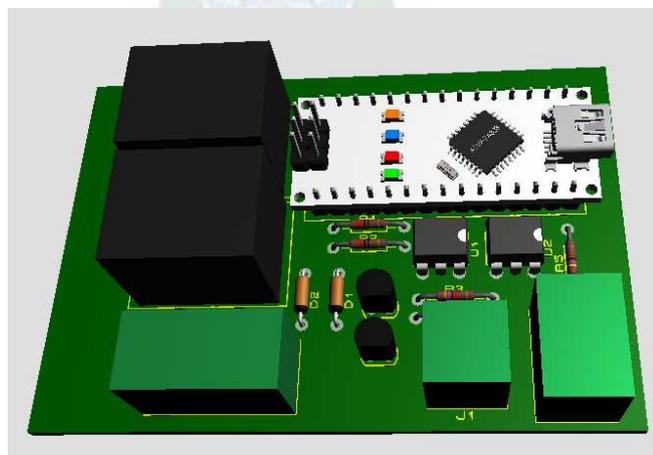
Figura 2.13 Circuito PCB



FUENTE: ISIS Proteus

Como se muestra en la figura 2.13, por precaución se hizo las rutas para corriente alterna un poco más gruesas, la placa completa se muestra en la siguiente figura, el código G se sacó del software FLATCAM como se muestra en el ANEXO C, el modelo 3D de la placa se muestra en la figura 2.14

Figura 2.14 Modelo 3D placa PCB



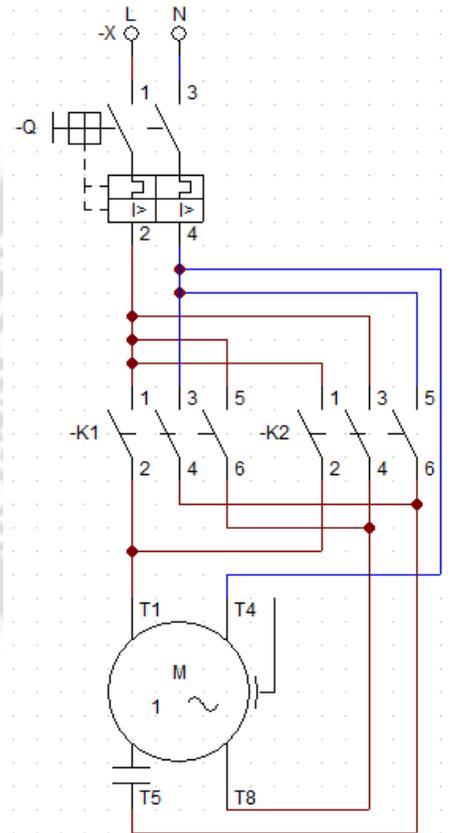
FUENTE: Elaboración propia

2.1.1.2 Diseño De Subsistema De Potencia

Para el control del motor monofásico de fase partida se utiliza un par de contactores para la inversión de sentido de giro y un interruptor termomagnético para la protección ante sobre corrientes.

Se utilizó la conexión de la figura 2.15

Figura 2.15 Circuito de inversión de giro de motor monofásico de fase partida



FUENTE: Elaboración Propia

Para la dimensión de los cables se utilizó un 125% de la corriente nominal⁷

$$I_{con} = 1.25 I_N$$

Ecuación 2.30

⁷ Norma Boliviana 777. Instalación con motores de uso industrial (p.195)

Donde

I_{con} = corriente del conductor (A)

$I_N = 5.9$ A = corriente nominal del motor (A)

$$I_{con} = 1.25 * 5.9$$

$$I_{con} = 7,375 \text{ A}$$

Comparando con la tabla 2.13 y la corriente calculada, el cable recomendado es el de calibre 16 AWG.

Tabla 2.13 Capacidad de conducción para alambres y cables de cobre

Calibre AWG/kCM(*)	Sección mm ²	Capacidad de corriente en (A)	
		En ducto	Aire libre
16	1.31	10	15
14	2.08	15	20
12	3.31	20	25
10	5.26	30	40
8	8.36	40	60
6	13.28	55	80
4	21.15	70	105
2	33.62	95	140
1	42.37	110	160
1/0	53.49	150	195
2/0	67.43	175	225
3/0	85.01	200	255
4/0	107.21	230	305
250000 (*)	126.69	255	335
300000 (*)	151.86	285	375
350000 (*)	177.43	310	405
400000 (*)	202.69	335	435
500000 (*)	253.06	380	500
600000 (*)	304.24	420	555
700000 (*)	354.45	460	600
800000 (*)	405.71	490	645
900000 (*)	457.44	520	680
1000000 (*)	506.04	545	710

FUENTE: Norma Boliviana 777

La protección contra sobre corrientes, se debe dimensionar 125% la corriente nominal⁸.

$$I_Q = 1.25 I_N \quad \text{Ecuación 2.31}$$

Donde:

I_Q = Corriente del interruptor termomagnético (A)

$$I_Q = 1.25 * 5.9$$

$$I_Q = 7,375 \text{ A}$$

Para los dispositivos de maniobra, se debe dimensionar 115% la corriente nominal del motor.

$$KM1 = KM2 = 1.15 I_N \quad \text{Ecuación 2.32}$$

Donde:

$KM1 = KM2$ = Corriente de contactor (A)

$$KM1 = KM2 = 1.15 * 5.9$$

$$KM1 = KM2 = 6,78 \text{ A}$$

Como el circuito PCB está conectado a los contactores, estos causaran una sobretensión en el circuito debido a que la bobina del contactor al ser desconectado liberara toda su energía almacenada.

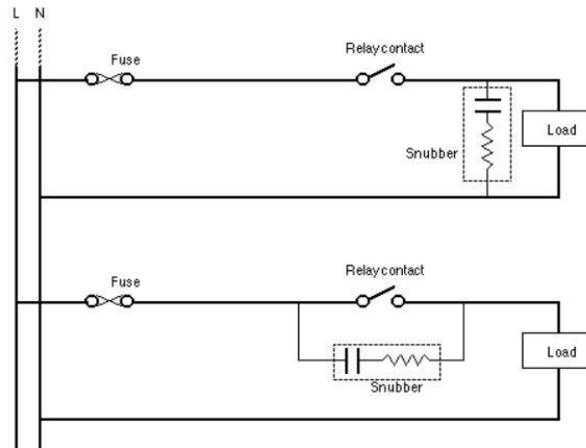
Para poder evitar esto se coloca un Snubber⁹ de la figura 2.16, cuya función es evitar estos sobre picos y absorber la energía disipada, para escoger el varistor

⁸ Norma Boliviana 777. Instalación con motores de uso industrial (p.196)

⁹ Mohan N. Undeland T. Power Electronics. Snubber Circuits. (669)

se tiene dos parámetros, la tensión a la cual limitara el circuito y la potencia que disipara.

Figura 2.16 Snubber



FUENTE: Dicas do ZébioÁudio - Eusébio Pizutt, rescatado de (<https://dicasdozebio.com/2012/12/27/projeto-protecao-para-reles-em-sistemas-de-acionamento-de-portoes/>)

Para la tensión se tendrá que escoger un varistor que tenga una tensión mayor al pico de la red, es decir mayor a 311 V.

El circuito RC debe absorber la energía del inductor dada por la ecuación.

$$EL = \frac{L I^2}{2} \quad \text{Ecuación 2.33}$$

Donde:

EL = Energía de la bobina (Joule)

El condensador debe ser lo suficientemente grande como para no cargarse hasta el punto en que la corriente decaiga a través de la carga antes de que la resistencia disipe la energía.

Entonces la energía del condensador debe de ser igual a la del inductor.

$$EC = \frac{C V^2}{2}$$

Ecuación 2.34

Donde:

EC = Energía del capacitor (Joule)

Igualando ambas ecuaciones

$$\frac{L I^2}{2} = \frac{C V^2}{2}$$

$$C = \frac{L I^2}{V^2}$$

$$C = \frac{5,58 \cdot 0,1255^2}{220^2} = 1.82 \mu F$$

Ahora esta energía tiene que ser disipada a una potencia de diseño que escojamos, en este caso se elige 1 Vatio, esto para que sea instantánea, dada por la ecuación 2.35:

$$PR = I^2 R$$

Ecuación 2.35

Donde:

$PR = 1 W$ = Potencia de la resistencia (W)

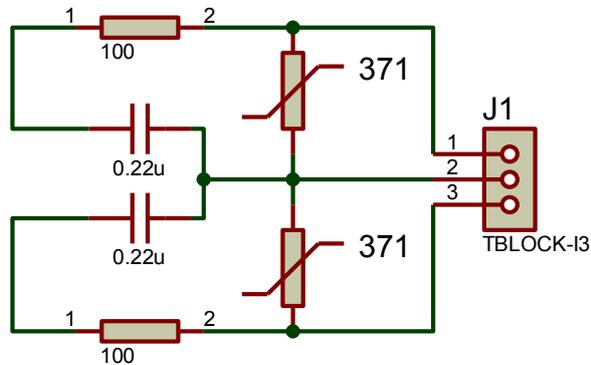
$$R = \frac{PR}{I^2}$$

$$R = \frac{1}{0.1255^2}$$

$$R = 63,5 \Omega$$

Entonces se elige un capacitor de 2 uF y una resistencia de 100 Ω como se muestra en el circuito de la figura 2.17

Figura 2.17 Snubber para 2 contactores



FUENTE: Elaboración Propia

2.1.2 DISEÑO DEL SOFTWARE DIDÁCTICO

Para el diseño del software se requirió principalmente el tratamiento de datos tomados por los dos sensores, para ello se cuenta con las especificaciones del fabricante y se hizo previamente una toma de datos en las tablas 2.1 y 2.2, tomando en cuenta que la resolución del datalogger está entre 0 a 32764.

Como el LVDT es un sensor diferencial de modelo LD621-50, es solo necesario la pendiente, debido a que el valor cero de la lectura será en el punto en el que inicie de la prueba.

De su hoja característica se puede ver que su lectura es de 50 mm y debido a que cuenta con fuente propia, se halla la relación directa sabiendo que en 0 mm la lectura digital es 0 y en 50 mm la lectura digital es de 32764.

Entonces la relación deformación respecto a la lectura digital está dada por la relación:

$$b = \frac{\Delta d}{\Delta Lectura}$$

Ecuación 2.36

$$b = \frac{\Delta d}{\Delta Lectura} = \frac{50mm}{32764 lectura}$$

$$b = 0,001526 \frac{mm}{lectura}$$

Para la comparación con la calibración experimental, se halla el coeficiente de correlación para determinar si el ajuste será óptimo usando la ecuación 2.37¹⁰

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Ecuación 2.37

Donde:

r = coeficiente de correlación

$n = 9$ = Numero de datos

x_i = datos del eje de las abcisas

y_i = datos del eje de las ordenadas

Reemplazando los valores de la tabla 2.1, siendo los valores de lectura del LVDT del eje de las abcisas y de las medidas físicas en mm los del eje de las ordenadas, se muestra los valores necesarios para este cálculo en la tabla 2.14.

¹⁰ Alvarez A. C. y Huayta E. C. (2016) Medidas y errores (p.155)

Tabla 2.14 Medidas de resumen LVDT

n	9
$\sum x_i$	89343
$\sum y_i$	206,25
$\sum x_i y_i$	3388047,78
$\sum x_i^2$	1763471085
$\sum y_i^2$	6777,0559

FUENTE: Elaboración Propia

Reemplazando en la ecuación 2.37

$$r = \frac{9 * 3388047,78 - 89343 * 206,25}{\sqrt{[9 * 1763471085 - (89343)^2][9 * 6777,0559 - (206,25)^2]}}$$

$$r = 0.99995$$

Como el valor de correlación muy próximo a 1, se concluye que el ajuste será óptimo.

Ahora utilizando la ecuación para hallar la pendiente por el método de mínimos cuadrados para n datos tomados¹¹.

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \text{Ecuación 2.38}$$

Reemplazando en la ecuación 2.38, los valores de la tabla 2.14

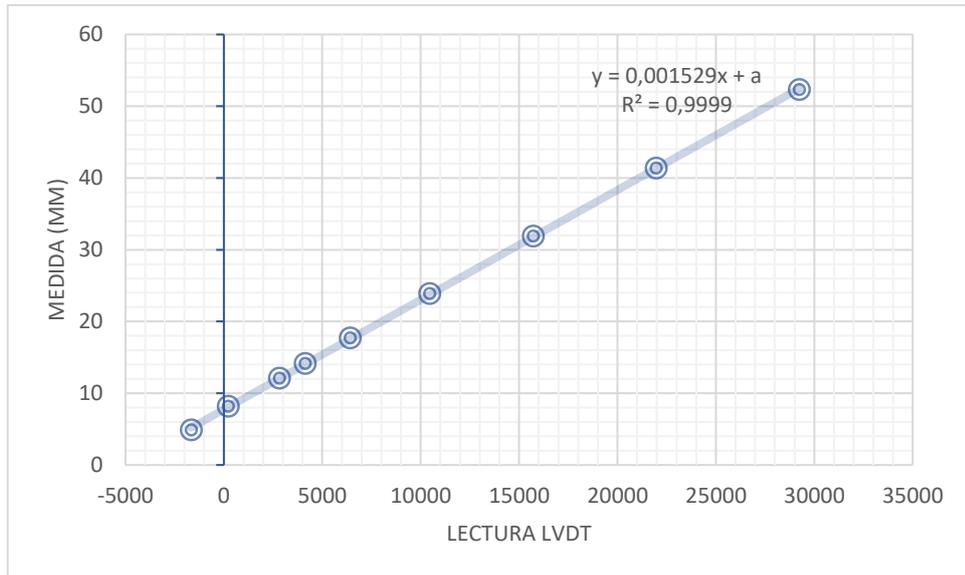
$$b = \frac{12 * 3376417,56 - 81424 * 211,07}{12 * 1784595446 - (81424)^2}$$

$$b = 0,001529 \frac{mm}{lectura}$$

¹¹ Alvarez A. C. y Huayta E. C. (2016) Medidas y errores (p.144)

Esta recta se muestra en la figura 2.18

Figura 2.18 Recta de calibración LVDT



FUENTE: Elaboración Propia

La pendiente hallada por las características del fabricante y por calibración por puntos son muy próximas, con un error entre ambas de aproximadamente 0,16%.

Entonces la ecuación para la lectura en mm está dada por la ecuación 2.39

$$LVDT = b (v - v_o) \quad \text{Ecuación 2.39}$$

Donde:

$LVD\bar{T}$ = valor medido del sensor LVDT (mm)

v_o = valor leído al inicio de la prueba (lectura)

v = valor leído (lectura)

$$LVDT = 0,001529 (v - v_o)$$

Debido a que la celda de carga y la probeta se encontraran en una configuración en serie, ambos se deformaran, por lo que para corregir deberíamos

de restar la deflexión de la celda de carga, que es de 0.01 pulgadas (2,54 mm) a escala completa según su ficha técnica en el ANEXO E, es decir a 5000 libras de carga (2267,962 kg) entonces añadimos este factor de corrección tenemos:

$$LVDT = 0,001529 (v - v_o) - \frac{2,54}{2267,962} CCARGA \quad \text{Ecuación 2.40}$$

Donde:

$CCarga$ = valor medido de la celda de carga (Kg)

Realizando el análisis para la celda de carga tipo S, Teniendo en cuenta que es de 5000 Lb (2267,962 kg), se conectó a la FUENTE de 12 V, de sus características de fabricante, sabemos que su producción es de 3mV/V, entonces como se alimentará con 12 V, la salida de este será de 36mV lo cual es correspondiente a 2267,962 kg.

Debido a que su transductor regula una tensión de 50mV a 5 V, la resolución vendrá afectada debido a que la entrada solo tiene que llegar a 36mV, aplicando una regla de 3

$$F = 2267,962 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad 36mV$$

$$F_{max_L} = ? \quad \rightarrow \quad 50mV$$

Donde:

F_{max_L} = Fuerza máxima de lectura (Kg)

$$F_{max_L} = 3149,947 \text{ Kg}$$

Entonces esta corresponderá a la máxima lectura del programa de 32764 la pendiente será:

$$b = \frac{\Delta F}{\Delta Lectura} \quad \text{Ecuación 2.41}$$

$$b = \frac{3149,947 \text{ Kg}}{32764 \text{ lectura}} = 0,09614 \frac{\text{Kg}}{\text{lectura}}$$

Verificando la pendiente con las muestras para la calibración del mismo.

Primeramente, se halló el coeficiente de correlación para determinar si el ajuste será óptimo usando la ecuación 2.37.

Reemplazando los valores de la tabla 2.2, siendo la lectura de la celda de carga el eje de las abscisas y de las medidas físicas en kg del eje de las ordenadas, se muestran los valores necesarios para este cálculo en la tabla 2.15

Tabla 2.15 Medidas de resumen Celda de carga

n	7
$\sum x_i$	13646
$\sum y_i$	265,44
$\sum x_i y_i$	563868,29
$\sum x_i^2$	27088916
$\sum y_i^2$	14488,8994

FUENTE: Elaboración Propia

Reemplazando en la ecuación 2.36

$$r = \frac{7 * 563868,29 - 13646 * 265,44}{\sqrt{[7 * 27088916 - (13646)^2][7 * 14488,8994 - (265,44)^2]}}$$

$$r = 0.99996$$

Como el valor de correlación muy próximo a 1 el ajuste será óptimo.

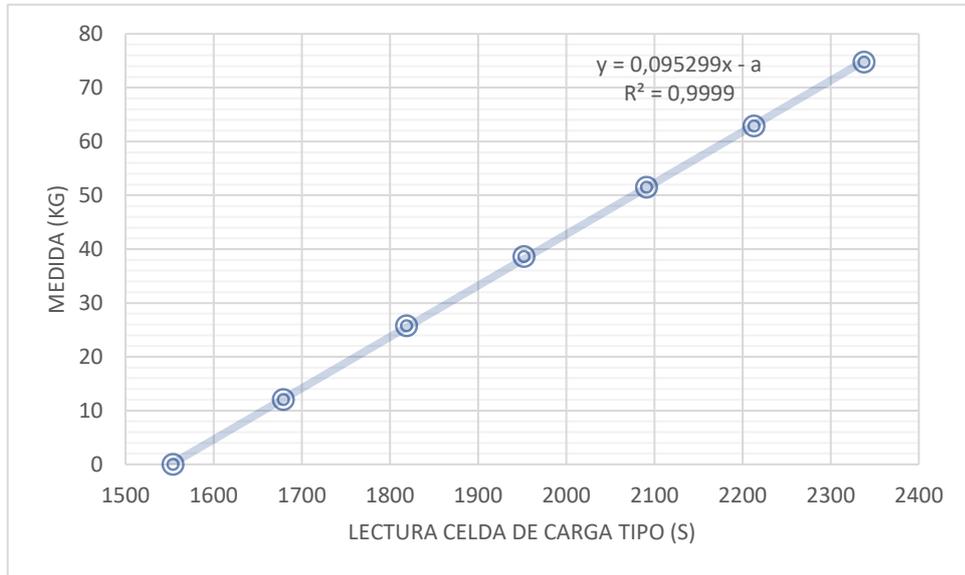
Utilizando la ecuación 2.38 para hallar la pendiente por el método de mínimos cuadrados para n datos tomados, reemplazando los valores de la tabla 2.15

$$b = \frac{7 * 563868,29 - 13646 * 265,44}{7 * 27088916 - (13646)^2}$$

$$b = 0,095299 \frac{Kg}{lectura}$$

La recta se muestra en la siguiente figura.

Figura 2.19 Recta de calibración celda de carga



FUENTE: Elaboración Propia

Debido a que esta lectura se realizó con una alimentación de 12,1 V se realizara un ajuste para poder compararla a la pendiente teórica con 12 V, como la pendiente es inversamente proporcional a la lectura, entonces se aplica una regla de 3 de la siguiente manera

$$b = 0,095299 \frac{Kg}{lectura} \rightarrow \frac{1}{V} = \frac{1}{12,1}$$

$$b = ? \rightarrow \frac{1}{V} = \frac{1}{12}$$

Realizando la regla de 3

$$b = 0,096093 \frac{Kg}{lectura}$$

Ahora la pendiente hallada por las características del fabricante y por calibración por puntos son muy próximas, con un error entre ambas de aproximadamente 0,0487%.

Entonces para la lectura en Kg está dada por la ecuación 2.42:

$$C\text{Carga} = 0,09614 \text{ } vc - a \quad \text{Ecuación 2.42}$$

Donde:

vc = valor leído (lectura)

El valor de a esta dado por un error de cero que comúnmente es nulo al inicio de la prueba.

Aplicando un filtro para las mediciones, esto debido a que el ruido de los sensores debe de ser atenuado por las vibraciones que se presentan de la máquina y demás factores.

Para ello se utiliza un filtro Kalman, para lo cual previamente se hicieron mediciones de los sensores sin filtro, para la calibración del mismo de este.

Primeramente, se requirió de dos incertidumbres¹²

P_1 = incertidumbre inicial de estado

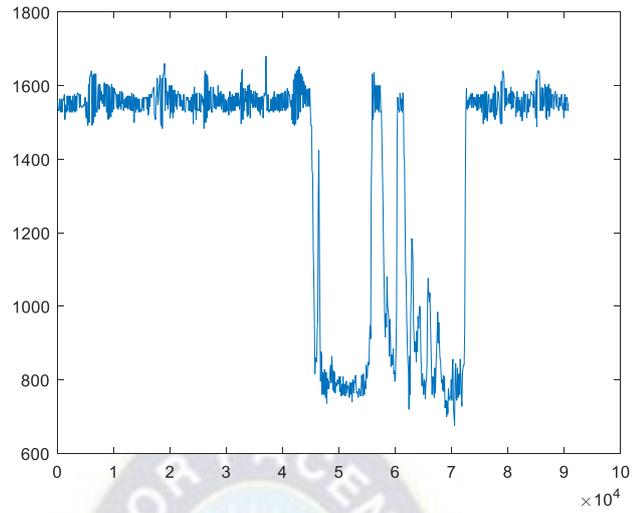
Que sería la incertidumbre del sensor, pero usaremos este valor para la calibración del mismo.

R_1 = incertidumbre de medición

O también la covarianza de la medición, que sería en si la varianza del ruido el cual se midió previamente como se ve en la figura 2.20, Cuya varianza para la celda de carga se saco $\sigma^2 = 1038,946$

¹² Filtro Kalman en una dimensión. (2023). Recuperado de https://www.kalmanfilter.net/ES/kalman1d_es

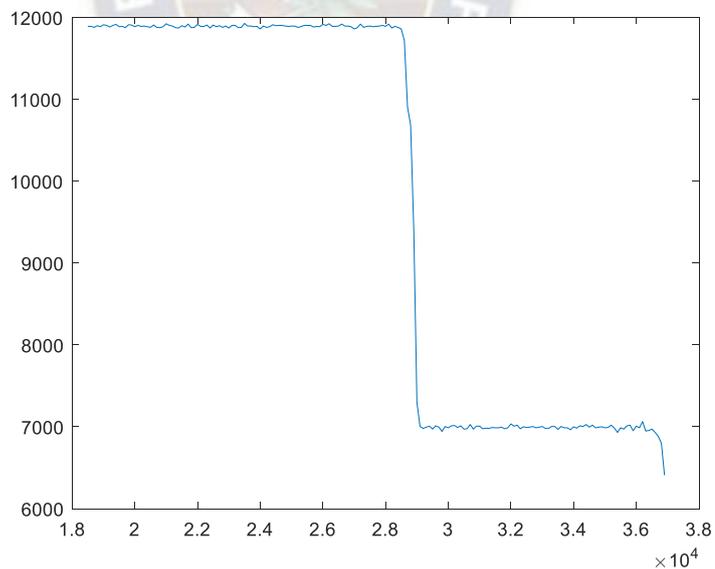
Figura 2.20 Medida aleatoria de la celda de carga



FUENTE: Elaboración Propia

Y para el sensor diferencial de distancia LVDT como se muestra en la figura 2.21, se sacó una varianza de $\sigma^2 = 601,203$

Figura 2.21 Medida aleatoria Sensor LVDT



FUENTE: Elaboración Propia

A continuación, como el proceso es dinámico, se requirió la extrapolación constante de la incertidumbre del estado, la cual se halla con la siguiente ecuación 2.43¹³.

$$p_n = p_{n-1} + q * \Delta t \quad \text{Ecuación 2.43}$$

Donde:

q =varianza del ruido del proceso

El valor de este se usará para calibrar el filtro.

Una vez hallado estos parámetros, se realizó los algoritmos como se muestra en la figura 2.22 para añadir el filtro al programa para ambos sensores, donde se utiliza las ecuaciones para el filtro de Kalman

Para la celda de carga

$$S = p_n + \sigma^2 \quad \text{Ecuación 2.44}$$

$$K = \frac{p_n}{S} \quad \text{Ecuación 2.45}$$

$$error = CCARGA_{(n)} - CCARGAFILT_{(n-1)} \quad \text{Ecuación 2.46}$$

$$CCARGAFILT_{(n)} = CCARGAFILT_{(n-1)} + K error \quad \text{Ecuación 2.47}$$

$$p_{n+1} = p_n(1 - K) \quad \text{Ecuación 2.48}$$

Donde:

K = Ganancia de Kalman

¹³ Filtro Kalman en una dimensión. (2023). Recuperado de https://www.kalmanfilter.net/ES/kalman1d_es

$CCARGAFILT$ = Actualización de estado de la celda de carga

$error$ = error de medida entre valor estimado y lectura actual

Para el LVDT

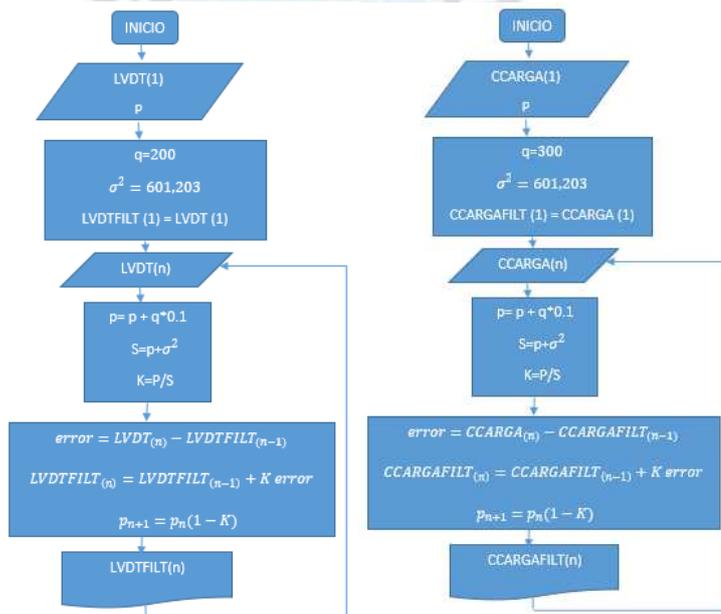
$$error = LVDT_{(n)} - LVDTFILT_{(n-1)} \quad \text{Ecuación 2.49}$$

$$LVDTFILT_{(n)} = LVDTFILT_{(n-1)} + K \text{ error} \quad \text{Ecuación 2.50}$$

Donde

$LVDTFILT$ = Actualización de estado LVDT

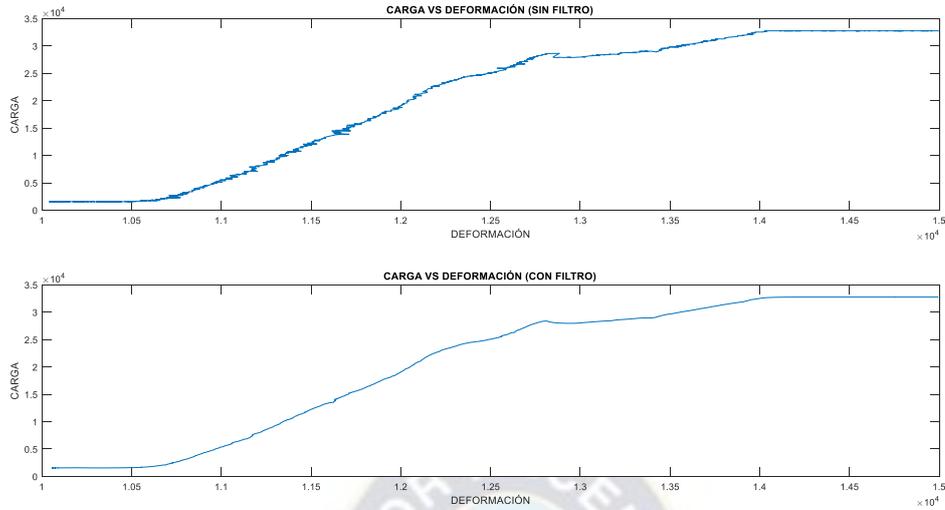
Figura 2.22 Flujograma filtro Kalman



FUENTE: Elaboración Propia

Se realizó varias pruebas y se determinó para ambos casos, que el valor inicial de p será 1000 y que la varianza del ruido del proceso será de 300 para la celda de carga y 200 para el LVDT, debido a que con estos filtros la prueba atenúa el ruido y no se desfasa tanto de la curva esperada, como se muestra en la figura 2.23.

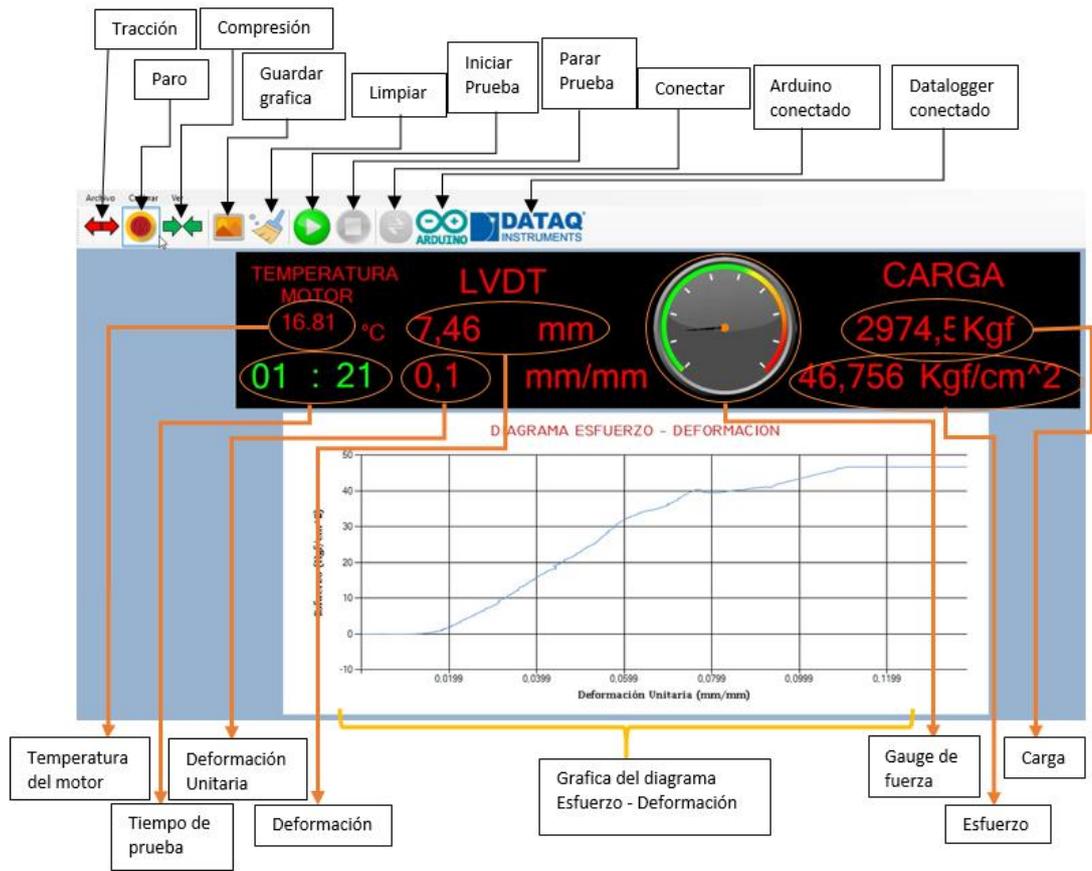
Figura 2.23 Comparación de señales con filtro y sin filtro



FUENTE: Elaboración Propia

Para la pantalla principal se toma en cuenta que tiene que ser didáctico y debe de mostrar todos los datos tomados en una gráfica esfuerzo deformación como se muestra en la figura 2.24, como se puede ver, tiene las opciones de juntar y separar los puntos en los cuales se colocaron los cabezales, además de un botón de paro de emergencia virtual, la opción de guardar la gráfica del diagrama esfuerzo deformación y de limpiar todos los datos, dos botones para iniciar la prueba y parar la prueba, y un botón de conexión, la cual conectara el arduino y el datalogger al programa, donde nos mostrara si se conectó correctamente.

Figura 2.24 Pantalla principal



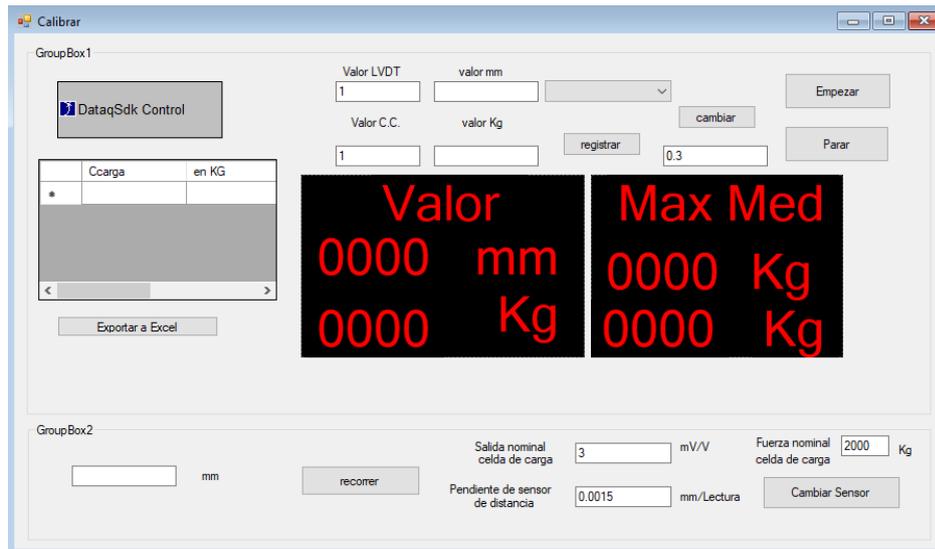
FUENTE: Elaboración Propia

Existen tres menús que servirán para mejor interacción, donde se colocaron otras pantallas de emergencia.

- El menú 'Archivo' para el manejo de los datos tomados y del diagrama.
- El menú 'Ver' para visualizar la tabla de datos, las conexiones del Arduino y datalogger
- El menú 'Calibrar' para manejar los distintos parámetros que se necesite rectificar, como ser el filtro y donde se cuenta con dos pantallas secundarias, las cuales son 'Calibrar' y 'Parámetros'

En la pantalla secundaria 'Calibrar' como se muestra en la figura 2.25, se puede calibrar y revisar si la toma de datos está bien, así también poder mover los puntos de apoyo de la probeta cierta distancia para su correcta colocación.

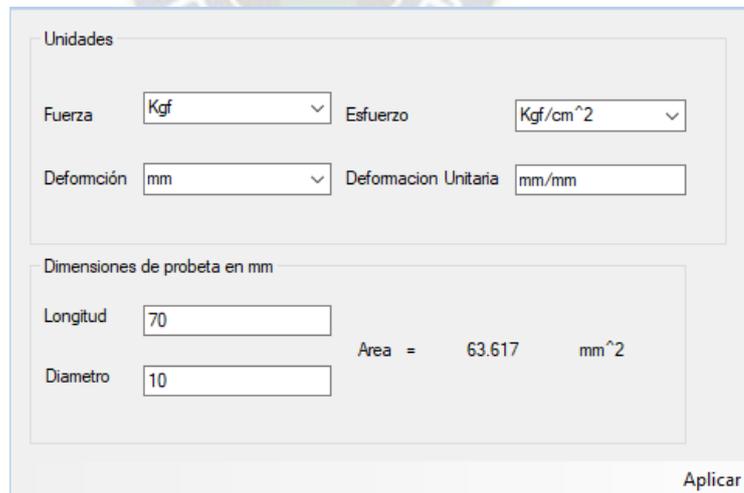
Figura 2.25 Pantalla secundaria 'CALIBRAR'



FUENTE: Elaboración Propia

En la pantalla secundaria 'Parámetros' como se muestra en la figura 2.26 se puede definir las unidades a las cuales se quiere adquirir los datos y las dimensiones de la probeta para la cual se realizará los ensayos, (estas dimensiones se encuentran por defecto para probetas de plástico).

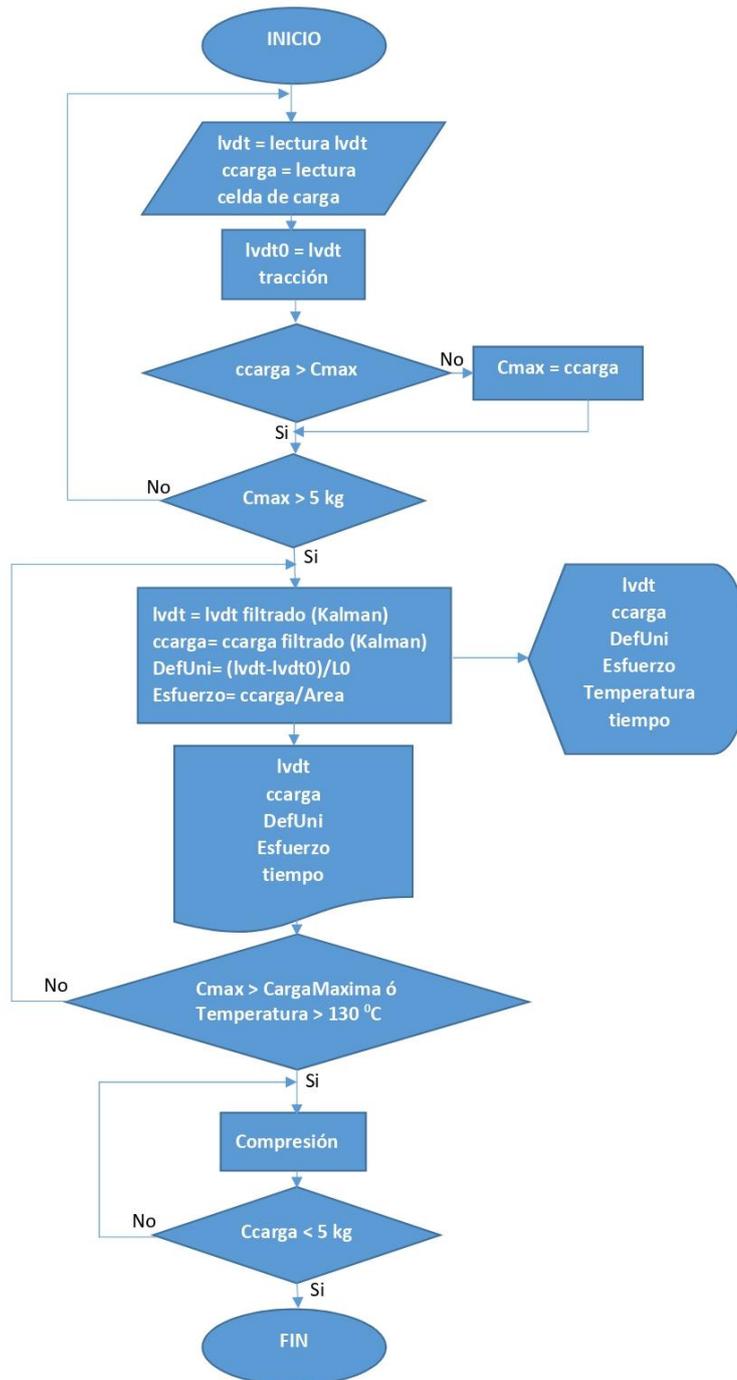
Figura 2.26 Pantalla secundaria 'PARAMETROS'



FUENTE: Elaboración Propia

La figura 2.27 muestra el flujograma principal para la toma de datos, tomando en cuenta que debe parar cuando la temperatura sea mayor a 130°C y a la capacidad máxima de la celda de carga.

Figura 2.27 Flujograma de programa



FUENTE: Elaboración Propia

El código en visual Basic para el software se muestra en el ANEXO D, el cual se divide por segmentos.

SEGMENTO 1: Este segmento es el principal, debido a que ejecuta el timer 1, el cual toma datos, aplica el filtro de Kalman, realiza el tratamiento de estos, los presenta en los textbox, el gráfico y la tabla de datos, además de la revisión constante de temperatura.

SEGMENTO 2: Este segmento se ejecuta una vez iniciado el form, es decir el programa, en este se establece los label de los gráficos y un pequeño artificio que se utilizó para graficar el sensor analógico de fuerza, esto debido a que el visual basic no cuenta en si con Gauges.

SEGMENTO 3: Llama a la pantalla secundaria 'Calibrar'

SEGMENTO 4: guarda la variable AL, la cual servirá para actualizar el filtro a un parámetro que más parezca.

SEGMENTO 5: En este segmento se guarda la acción de dos botones, los cuales son de inicio y de paro, el de inicio inicia el timer 1 el cual como se mencionó anteriormente toma datos y también verifica que el datalogger y arduino estén conectados antes de comenzar, caso contrario no podrá comenzar la prueba.

El botón de paro detiene la toma de datos y la adquisición de datos del datalogger.

SEGMENTO 6: este ejecuta la acción del botón borrar, el cual elimina el gráfico y la tabla de datos.

SEGMENTO 7: Este revisa y asigna a que puerto está conectado al datalogger y arduino.

SEGMENTO 8: Ejecuta la acción del botón de guardar el gráfico en formato .JPG

SEGMENTO 9: Realiza las acciones de los botones para el manejo manual de la separación de la sujeción de la probeta.

SEGMENTO 10: Este es el segundo segmento más importante, debido a que realiza una inspección constante de la conexión, de los parámetros y posee un timer de 5 segundo el cual usamos normalmente como seguridad.

2.1.3 DISEÑO DE PROGRAMACION DEL ARDUINO NANO

En la programación del Arduino se utilizó 3 pines según la tabla 2.11, de los cuales 2 trabajaran con lógica inversa y son los que se utiliza para controlar los relés que activan los contactores, la tercera entrada será para la lectura de temperatura mediante el sensor DS18B20, utilizando la librería <OneWire.h> y <DallasTemperature.h>

Para la comunicación del programa y el arduino se utilizó comunicación serial, donde se colocó en la programación un numero para una indicación como es muestra en la tabla 2.16.

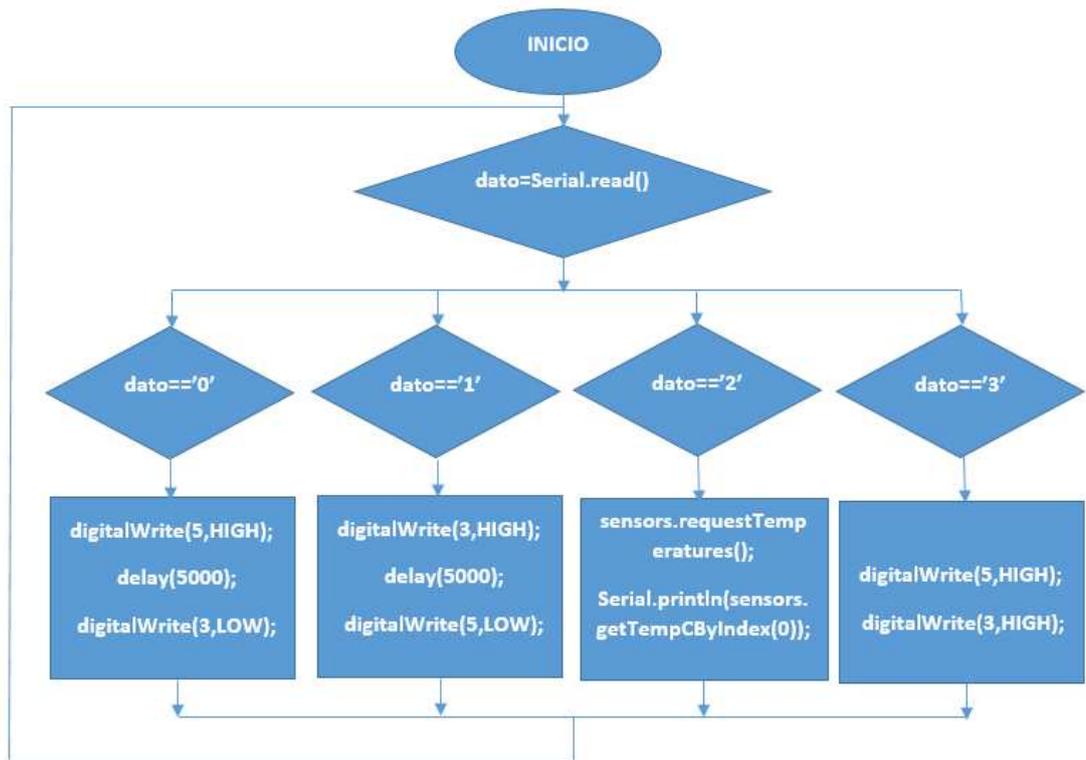
Tabla 2.16 Acción de comunicación serial

Nro BUS	Acción del microcontrolador	Observación
0	Poner en bajo pin 3 y en alto pin 5 con intervalo de 5 segundos	Alejar cabezales
1	Poner en bajo pin 5 y en alto pin 3 con intervalo de 5 segundos	Acercar cabezales
2	Leer la temperatura del DS18B20 (la librería tiene demora de 0,6 s) y enviarla al bus serial	Temperatura del motor
3	Poner en alto los pines 3 y 5	Paro

FUENTE: Elaboración Propia

En la estructura de loop se usará la estructura de elección entre varios casos SWITCH, como se muestra en la figura 2.28.

Figura 2.28 Flujograma programación arduino



FUENTE: Elaboración Propia

El programa se muestra en el ANEXO D.

2.1.4 DISEÑO DE SUJECIÓN

Para la sujeción de las piezas primeramente se divide en tres partes, que serán la caja de control, sujeción de los sensores y por último una sujeción para la probeta.

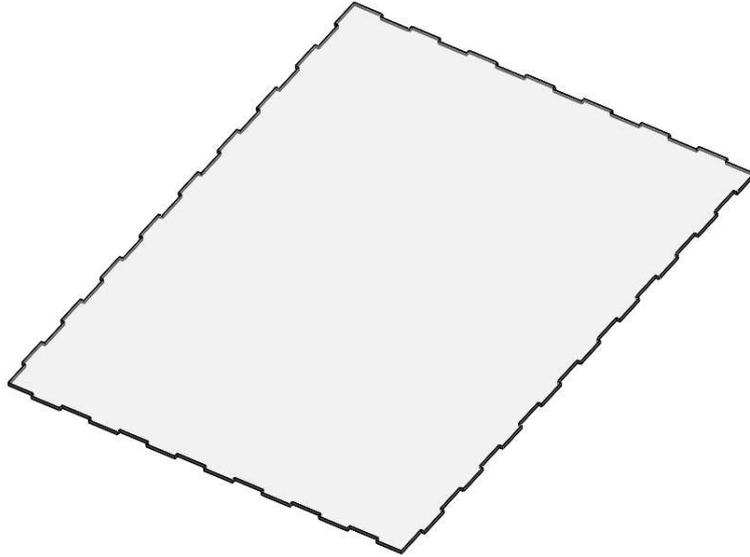
2.1.4.1 Caja De Control

Para el diseño de la caja, se obtuvieron las dimensiones totales del circuito de control, las cuales se encuentran en el ANEXO A1, esta caja requerirá una base o placa de montaje de 450 x 350 mm, además de una altura que sea un poco más grande que el contactor, usaremos una altura de 85 mm.

El material del que se disponía era acrílico, el cual es útil al ser transparente y da la posibilidad de poderse visualizar el circuito y su funcionamiento de forma didáctica.

Para la unión de las piezas acrílicas se pensó en una unión de las piezas tipo dedo como se muestra en la figura 2.29

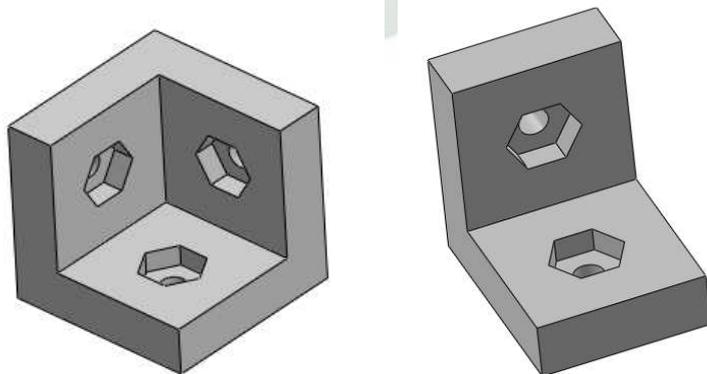
Figura 2.29 Base de la caja de control



FUENTE: Elaboración Propia

Para la unión de las piezas de la caja de control se usó dos tipos de soportes, para las esquinas y para los laterales de tipo L que se muestran en la figura 2.30.

Figura 2.30 Uniones de laterales y base

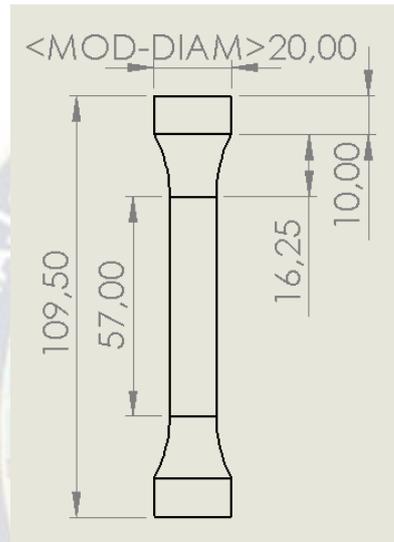


FUENTE: Elaboración Propia

2.1.4.2 Soporte De La Probeta

El sistema cuenta con un soporte para metales, pero se requiere diseñar otro soporte para probetas de plástico, las cuales tienen otras dimensiones según la norma ASTM D638 – 14 para ensayos de tracción en plásticos como se muestra en la figura 2.31

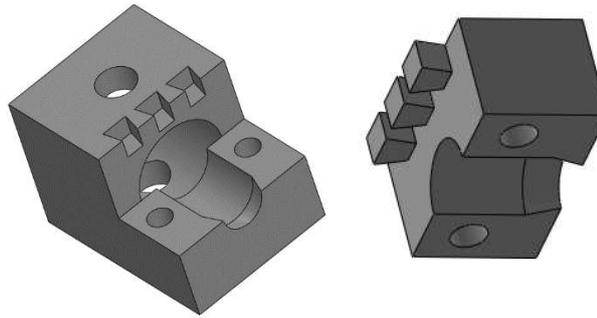
Figura 2.31 Dimensiones probeta de plástico



FUENTE: Elaboración Propia

Tomando estas dimensiones para las probetas que se utilizó. Se diseñó la sujeción para que se acople al eje del tornillo de potencia y el que lo une a la celda de carga, los cuales tienen un diámetro de 30 mm y para unirlos con un tipo pasador de un diámetro de 13 mm, para el diseño se considera el desgaste de herramienta, para lo cual diseñaremos el acoplamiento con una perforación de 32 mm para la unión.

Figura 2.32 Soporte de la probeta



FUENTE: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 2.30, tiene dos tipos de uniones de las piezas, una unión tipo cola de milano, la cual fijara ambas piezas para evitar torsión en la probeta y la otra por tornillos, la cual por presión de los tornillos se ejercerá una fuerza de rozamiento, el cual sujetara la pieza de mejor manera, además que este diseño también es útil para sujetar probetas planas.

Se realizó el análisis de esta pieza ante una carga axial de 5000 libras en la tabla 2.17.

Tabla 2.17 Análisis sujeción de probeta diseñada

Parámetros del material			
Material	Acero AISI 1015	Límite elástico	285 MPa
Densidad de Masa	7,87 g/cm ³	Resistencia a la tracción	385 MPa
Masa	0,943136 kg	Módulo de Young	205 GPa
Área	30353,3 mm ²	Relación de Poisson	0,29 su
Volumen	119839 mm ³	Módulo de corte	79,4574 GPa
Centro de gravedad	x=28,9442 mm y=52,6055 mm z=-6,82461 mm		
Resultados			
Nombre	Mínimo	Máximo	
Volumen	119843 mm ³		
Masa	0,943162 kg		
Von Mises estrés	0,212247 MPa	55,8304 MPa	
Desplazamiento	0 mm	0,00769666 mm	

Factor de Seguridad	5,10474 su	15 su	
Gráficas:			
Esfuerzo de Von Mises (vista 1):		Esfuerzo de Von Mises (vista 2):	
<p>Tipo: Tensión de Von Mises Unidad: MPa 19/03/2023, 22:08:16 55,83 Máx. 44,71 33,58 22,46 11,34 0,21 Min.</p> <p>Min.: 0,21 MPa Máx.: 55,83 MPa</p>		<p>Tipo: Tensión de Von Mises Unidad: MPa 19/03/2023, 22:08:16 55,83 Máx. 44,71 33,58 22,46 11,34 0,21 Min.</p> <p>Máx.: 55,83 MPa Min.: 0,21 MPa</p>	
Desplazamiento (deformación):		Factor de seguridad (siempre > 1):	
<p>Tipo: Desplazamiento Unidad: mm 19/03/2023, 22:08:21 0,007697 Máx. 0,006157 0,004618 0,003079 0,001539 0 Min.</p> <p>Min.: 0 mm Máx.: 0,007697 mm</p>		<p>Tipo: Coeficiente de seguridad Unidad: ul 19/03/2023, 22:08:21 15 Máx. 12 9 5,1 Min. 3 0</p> <p>Máx.: 15 ul Min.: 5,1 ul</p>	
Elaboración: El autor			

FUENTE: Autodesk Inventor Professional 2020

Como el factor de seguridad en cada punto es mayor a 1, el diseño es correcto

2.2 ESPECIFICACIÓN DE COMPONENTES

Las especificaciones de los componentes del sistema de control se muestran en la tabla 2.18, y son aquellos componentes que se obtiene a través de un proveedor.

Tabla 2.18 especificación de componentes

ítem	Descripción	Nro de piezas	Características	Observación
Placa PCB				
1	Resistencia	2	220 Ω	1/4 W
2	Resistencia	2	37 K Ω	1/4 W
3	Resistencia	1	4,7 K Ω	1/4 W
4	Optoacoplador	2	4N35	-
5	Transistor	2	BC548	PNP
6	Diodos	2	1N4001	-
7	Conector	1	2 terminales	-
8	Conector	1	3 terminales	-
9	Conector	1	4 Terminales	-
10	Relé	2	12 V	-
11	Arduino Nano	1	CN pines	Con cable
12	Sócalo	1	Arduino nano	-
13	Placa Baquelita	0	10x10 cm	34 micrones
14	Sonda Temperatura	1	DS18B20	-
ítem	Descripción	Nro de piezas	Características	Observación
Sistema de control				
1	Lámpara de señalización	2	Verde	220 Vac
2	Lámpara de señalización	1	Roja	220 Vac
3	FUENTE	1	12 Vdc	Conmutada
4	Selector	1	Switch	3 estados
5	Selector	1	Rotativo	3 estados
6	Pulsador	1	Paro de emergencia	-
7	Bornera	6	Unipolar	-
8	Bornera divisible	1	6 terminales	-
9	Cable canal ranurado	1	1m	30x30 mm
10	Rieldin	1	30 cm	-
11	Perno y tuerca	36	M4x12 mm	Cabeza estrella
12	Conductor	1	16 AWG	3 m
13	Interruptor termomagnético	1	10 A	-
ítem	Descripción	Nro de piezas	Características	Observación

Snubber				
1	Resistencias	2	Verde	220 Vac
2	Capacitores	1	Roja	220 Vac
3	Varistores	1	Switch	3 estados
4	Conector	1	3 terminales	-
5	Placa Baquelita	1	Galleta	-

FUENTE: Elaboración propia

2.3 RESUMEN DE MEMORIA DE CALCULO

Los resúmenes de los cálculos realizados se muestran en la tabla 2.19, donde se presentan las dimensiones calculadas o diseñadas.

Tabla 2.19 Resumen de memoria de calculo

Ítem	Descripción	Nº de plano	Material	Nº de piezas	Propiedades	Observación
1	Resistencias	SC-PR-01	-	5	220 Ω - 37 K Ω - 4,7 K Ω	Calculado
2	Placa	SC-PR-01	Vaquelita	1	80x60 cm 35 micrones	Diseñado
3	Conductor	SC-PO-01	Cobre	2	16 AWG 3 m	calculado
4	Interruptor termomagnético	SC-PO-01	-	1	10 A	calculado
5	Contactores	SC-PO-01	-	2	7,9 A	calculado
6	Resistencias	SC-P0-02	-	2	100 Ω	calculado
7	Capacitores	SC-P0-02	-	2	2 μ F	calculado
8	Varistores	SC-P0-02	-	2	321 V	diseñado
9	FUENTE	SC-GE-02	-	1	12 Vdc - 10 A	diseñado
10	Caja de control (Base)	SC-CJ-01	Acrílico	2	450x350 mm	diseñado
11	Caja de control (Lateral)	SC-CJ-02	Acrílico	2	450x85 mm	diseñado
12	Caja de control (Superior)	SC-CJ-03	Acrílico	2	350x85 mm	diseñado
13	Uniones (Esquinas)	SC-GE-04	PLA	4	3 caras	diseñado
14	Uniones (Laterales)	SC-GE-05	PLA	4	2caras	diseñado
15	Cabezal (Sujeción)	SE-SU-02	Acero AISI 1015	4	-	diseñado
16	Cabezal (Base)	SE-SU-01	Acero AISI 1015	5	-	Diseñado

FUENTE: Elaboración propia

2.4 BALANCE DE MATERIALES

El balance de materiales de toda la caja de control y además de las piezas a implementar en el sistema de sujeción, se presentan en la tabla 2.20

Tabla 2.20 Balance de materiales

ítem	Descripción	Nro de piezas	Características	Observación	Peso neto (Kgf)	Peso neto total (Kgf)
1	Resistencia	2	220 Ω	1/4 W	0,0005	0,001
2	Resistencia	2	37 K Ω	1/4 W	0,0005	0,001
3	Resistencia	1	4,7 K Ω	1/4 W	0,0005	0,0005
4	Optoacoplador	2	4N35	-	0,001	0,002
5	Transistor	2	BC548	PNP	0,007	0,014
6	Diodos	2	1N4001	-	0,0005	0,001
7	Conector	1	2 terminales	-	0,003	0,003
8	Conector	1	3 terminales	-	0,003	0,003
9	Conector	1	4 Terminales	-	0,003	0,003
10	Relé	2	12 V	-	0,03	0,06
11	Arduino Nano	1	CN pines	Con cable	0,07	0,07
12	Sócalo	1	Arduino nano	-	0,005	0,005
13	Placa Vaquelita	0	10x10 cm	34 micrones	0,01	0
14	Sonda Temperatura	1	DS18B20	-	0,02	0,02
15	Lámpara de señalización	2	Verde	220 Vac	0,2	0,4
16	Lámpara de señalización	1	Roja	220 Vac	0,2	0,2
17	Selector	1	Switch	3 estados	0,5	0,5
18	Selector	1	Rotativo	3 estados	0,7	0,7
19	Pulsador	1	Paro de emergencia	-	0,2	0,2
20	Bornera	6	Unipolar	-	0,08	0,48
21	Bornera divisible	1	6 terminales	-	0,08	0,08
22	Cable canal ranurado	1	1m	30x30 mm	0,9	0,9
23	Rieldin	1	30 cm	-	1	1
24	Perno y tuerca	36	M4x12 mm	Cabeza estrella	0,0001	0,0036
25	Conductor	1	16 AWG	3 m	0,001	0,001
26	Interruptor termomagnético	1	10 A	-	1	1
27	Resistencias	2	Verde	220 Vac	0,0005	0,001
28	Capacitores	1	Roja	220 Vac	0,002	0,002
29	Varistores	1	Switch	3 estados	0,002	0,002

REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECÁNICA

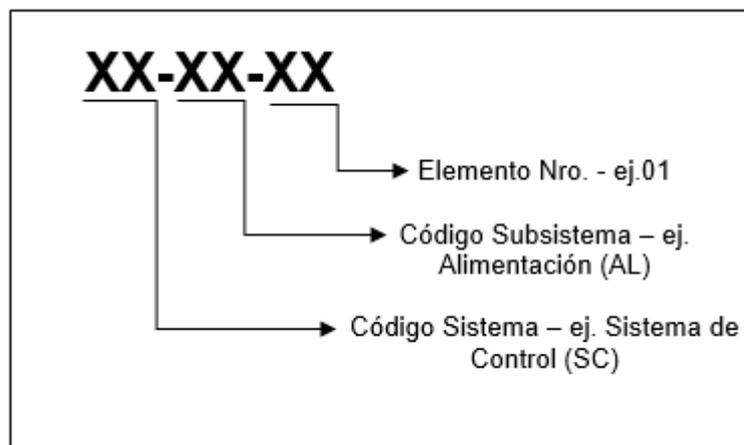
30	Conector	1	3 terminales	-	0,001	0,001
31	Placa Vaquelita	1	Galleta	-	0,01	0,01
34	Contactores	2	-	7,9 A	1	2
38	Caja de control (Base)	2	Acrílico	450x350 mm	2,2	4,4
39	Caja de control (Lateral)	2	Acrílico	450x85 mm	1,8	3,6
40	Caja de control (Superior)	2	Acrílico	350x85 mm	1,5	3
41	Uniones (Esquinas)	4	PLA	3 caras	0,02	0,08
42	Uniones (Laterales)	4	PLA	2caras	0,02	0,08
43	Cabezal (Sujeción)	2	Acero AISI 1015	-	5	10
44	Cabezal (Base)	2	Acero AISI 1015	-	1,2	2,4
45	FUENTE	1	12Vdc	10 A	3	3

FUENTE: Elaboración propia

2.5 PLANOS

Los planos fueron realizados mediante los programas computacionales AUTODESK INVENTOR versión 2020, AUTOCAD ELECTRICAL versión 2023, SOLIDWORK versión 2020 y el entorno ISIS de PROTEUS, La norma utilizada para la elaboración de los de los planos, es la norma DIN (Norma Alemana). La codificación para los planos se asume la codificación de l figura 2.33:

Figura 2.33 Codificación de planos



FUENTE: Elaboración propia

Donde se usó general (GE) para planos de un sistema completo, y AUX para planos auxiliares que se requieren.

En la tabla 2.21 se muestra el listado de planos.

Tabla 2.21 Referencia de planos

NRO	NOMBRE	PLANO
1	Circuito PCB	SC-PR-01
2	Circuito de Potencia	SC-PO-01
3	Diagrama unifilar	SC-PO-02
4	Diagrama eléctrico	SC-GE-01
5	Circuito de control	SC-GE-02
6	Circuito de Snubber	SC-PO-02
7	Caja de control - Base	SC-CJ-01
8	Caja de control - Lateral	SC-CJ-02
9	Caja de control - Superior	SC-CJ-03
10	Tablero	SC-GE-03
11	Unión - Esquina	SC-GE-04
12	Unión - Lateral	SC-GE-05
13	Base de cabezal	SE-SU-01
14	Sujeción de cabezal	SE-SU-02
15	Probeta - Metal	AUX-1
16	Probeta - Impresa	AUX-2
17	Máquina de ensayo de tracción	AUX-3

FUENTE: Elaboración propia

3 INGENIERÍA DE MANUFACTURA

3.1 FABRICACIÓN

Es necesario conocer tiempos y costos que implican usar las herramientas necesarias en el proceso de fabricación.

3.1.1 Tiempos de fabricación

Tomaremos los principales tiempos de fabricación los que se muestra en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Tiempos de fabricación

Tiempo total de fabricación	Unidad
Tiempo principal de frezado cnc	[min]
Tiempo principal de soldadura	[min]
Tiempo principal de taladrado	[min]
Tiempo principal de torneado y fresado de precisión	[min]
Tiempo principal de cortado laser	[min]
Tiempo de impresión 3D	[min]

FUENTE: Elaboración Propia

Tiempo total de trabajo

El tiempo total de fabricación se determina por la siguiente ecuación¹⁴

$$T_T = T_F + T_M \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dónde:

T_T = Tiempo total de trabajo (s)

T_F = Tiempo de fabricación (s)

¹⁴ Roger Villegas, Diseño de una Trozadora de Scrap de PVC, Proyecto de Grado, Pág.136

T_M = Tiempo de montaje (s)

El tiempo de fabricación se calcula por:

$$T_F = T_{PR} + T_{EJ} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Dónde:

T_{PR} = Tiempo de preparación (s)

T_{EJ} = Tiempo de ejecución (s)

El tiempo de preparación es el tiempo necesario antes del trabajo a desarrollar, este tiempo está dado generalmente por la experiencia.

El tiempo de ejecución es el tiempo requerido para el mecanizado de la pieza y está dado por la ecuación 3.3

$$T_{EJ} = T_{MN} + T_{MA} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Dónde:

T_{MN} = Tiempo manual (s)

T_{MA} = Tiempo de maquinado (s)

El tiempo manual es el tiempo en el cual se realiza verificaciones, mediciones, centrados y otros.

El tiempo de maquinado principal es aquel que emplea las máquinas o herramientas, el cálculo se realiza mediante fórmulas, ábacos y estimaciones de acuerdo al proceso que corresponda.

Tiempo principal de corte laser

Este proceso de corte viene dado por la ecuación 3.4

$$t = \frac{L}{60 * V} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde:

t = tiempo de fresado (horas)

L = Trayectoria de trabajo (mm)

V = Velocidad de avance (mm/min)

La velocidad de avance de una CNC de corte normal es de alrededor de 250 mm/min, y la longitud estimada por el perímetro de los planos de la caja en el ANEXO A, es de 3540 mm, entonces:

$$t = \frac{3540}{60 * 250}$$

$$t = 0,236 \text{ horas} = 14,16 \text{ min}$$

El tiempo de montaje será de 5 min y el tiempo manual de 0, debido a que es un proceso computarizado, entonces el tiempo total de corte con CNC será de:

$$T_T = 14,16 + 5 = 19,16 \text{ min}$$

Tiempo principal de soldadura

Este tiempo depende de la experiencia del operador, para su cálculo consideramos un factor de $2 \frac{\text{pines}}{\text{min}}$, luego se define:

$$t = \frac{N_p}{V} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Dónde:

t = Tiempo principal de soldadura (min)

V = Velocidad de soldadura (pin/min)

N_p = Numero de pines a soldar (pin)

La placa tiene 52 pines para soldar (ver ANEXO C), entonces:

$$t = \frac{52}{2} = 26 \text{ min}$$

Considerando un tiempo de preparación de 5 min y un tiempo manual de 2 min, entonces:

$$T_T = 26 + 5 + 2 = 33 \text{ min}$$

Tiempo de taladrado

Para calcular este valor, se toma una ecuación experimental ya que depende principalmente de factores asociados al operador.

Este tiempo se determina mediante:

$$t = \frac{L * \pi * D}{s * 60}$$

Ecuación 3.6

Donde:

t = Tiempo de taladrado (horas)

$L = 4 \text{ mm}$ = Longitud a taladrar (mm)

$D = 3 \text{ mm}$ = Diámetro de la broca (mm)

$s = 300 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$ = Avance (mm/min)

$$t = \frac{4 * \pi * 3}{300 * 6000}$$

$$t = 0,0021 \text{ horas} = 0,126 \text{ min}$$

Como se harán 60 perforaciones aproximadamente, se mutiplicara este factor por 60, el tiempo de preparación de 5 min, y el tiempo manual de 10 min.

$$T_T = 60 * 0,126 + 5 + 10 = 22,56 \text{ min}$$

Tiempo de torneado y fresado de precisión

Este proceso es referente a la fabricación mediante el centro de mecanizado ROMI de 4 ejes, el cual realiza una combinación de torneado y fresado.

El tiempo de maquinado viene dado por el volumen de viruta que la maquina retira de la pieza a mecanizar, entonces utilizaremos la ecuación 3.7

$$t = \frac{V_R}{v_m * 60} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Dónde:

t = Tiempo re maquinado por la romi (horas)

V_R =Volumen retirado (cm³)

v_m = Velocidad de mecanizado (cm³/min)

Para ambas piezas se usan quesos de un volumen de 100 cm³ y las dos piezas son de 119,839 cm³, entonces el volumen retirado será de

$$V_R = 2 * 100 - 119,839$$

$$V_R = 80,161 \text{ cm}^2$$

Reemplazando en la ecuación 3.9 y considerando que la maquina tiene una velocidad de 1 cm³/min

$$t = \frac{80,161}{1 * 60} = 1,33 \text{ horas}$$

El tiempo de preparación será de 0,5 horas, debido a que la ROMI requiere de calentamiento y preparación previa para la pieza.

$$T_T = 1,33 + 0,5 = 1,83 \text{ horas}$$

Tiempo de impresión 3D

El tiempo de impresión 3D viene dado por la ecuación

$$t = \frac{m}{m_i} * f \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Donde:

t = tiempo de impresión 3D (horas)

m = masa del objeto (cm³)

m_i = Velocidad de impresión (g/ hr)

f = Factor de corrección (-)

El factor de corrección es un factor que se utiliza para ajustar la estimación del tiempo en función de la complejidad del objeto, la calidad y demás factores.

La masa de todas las piezas es aproximadamente 200 g, la velocidad de impresión de 15 g/min y se considera un factor de corrección de 1, esto debido a que las piezas no tienen una complejidad considerable.

$$t = \frac{200}{15} * 1 = 13,33 \text{ horas}$$

El tiempo de preparación será de 0,5 horas, debido a que requiere calibración previa y calentamiento de la cama de impresión.

$$T_T = 13,33 + 0,5 = 13,83 \text{ horas}$$

Tabla 3.2 Tiempos del proceso de fabricación

Tiempos De Fabricación	
Proceso	tiempo
Corte Laser	19,16 min
Soldadura	33 min
Taladrado	22,56 min
Torneado Y Fresado De Precisión	1,83 hr
Impresión 3D	13,83 hr

FUENTE: Elaboración propia

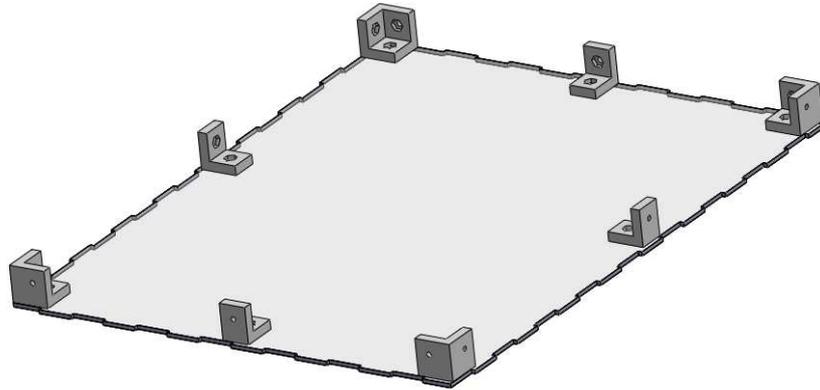
3.2 PROCESO DE MONTAJE

El proceso de ensamblaje se realizó en dos partes, ensamblaje de la caja de control, y cableado del sistema de control.

3.2.1 Ensamblaje de la caja de control

Primeramente, se ensambló las piezas de soporte como se muestra en la figura 3.1, Estas piezas no deben de llegar hasta el borde, dejando el espacio para realizar la unión tipo dedo con los laterales.

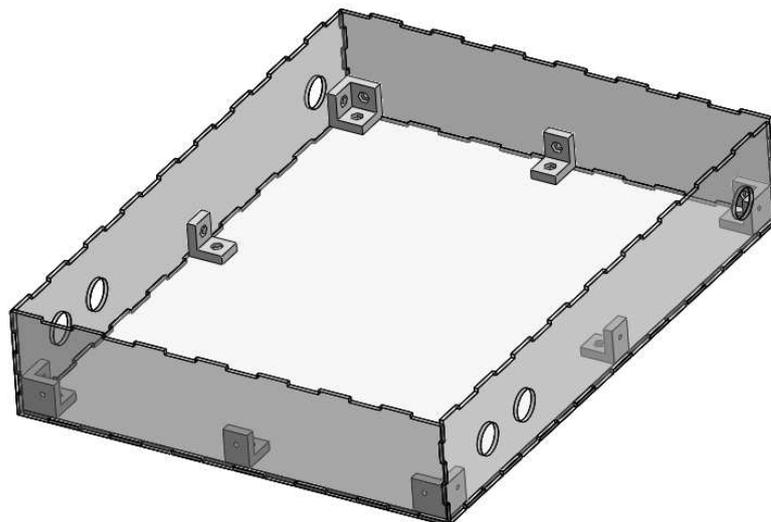
Figura 3.1 Base caja de control



FUENTE: Elaboración propia

A continuación, se ensambla los laterales como se muestra en la figura.

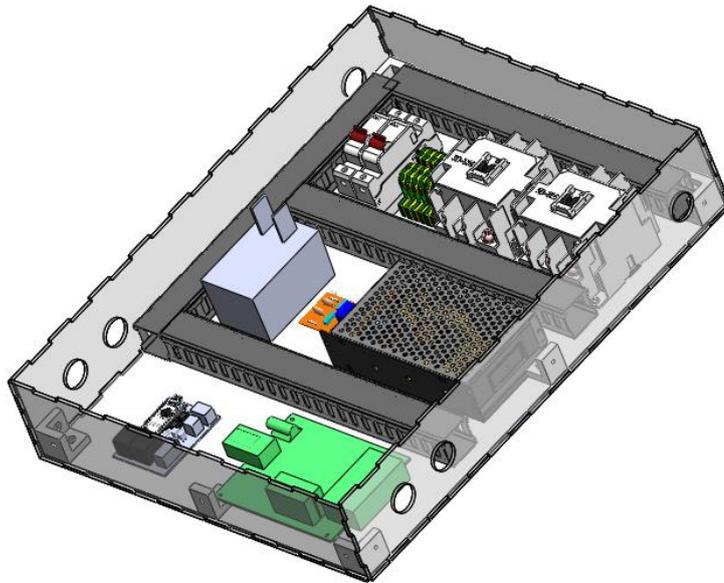
Figura 3.2 Caja con laterales



FUENTE: Elaboración propia

A continuación, se colocaron todos los componentes como se muestra en el plano SC-GE-03 del ANEXO A1, utilizando rieldines en la parte de potencia, es decir en la parte superior donde se encuentra el interruptor termomagnético, los contactores y la bornera, como se muestra en la figura.

Figura 3.3 Caja armada



FUENTE: Elaboración propia

3.2.2 CABLEADO

Después del montaje de los componentes, se procede con el cableado eléctrico, siguiendo los siguientes pasos:

- Cablear con el conductor elegido para la alimentación del motor en la parte de circuito de potencia y para lo demás utilizar cable de control, esto debido a que no usa una gran potencia para los sensores.

La conexión se muestra en los planos SC-GE-01 y SC-GE-02 (ver ANEXO A1), Se recomienda poner una resistencia de 10k en paralelo al LVDT (ver ANEXO E)

- Identificación y marcado de los cables para facilitar la identificación y el seguimiento.
- Enrutamiento de los cables dentro del cable-canal ranurado para evitar que interfieran los componentes.

- Terminación de los cables en su terminales y conectores, usando herramientas y métodos adecuados para garantizar una conexión segura y fiable.

Después de completar el montaje y el cableado del tablero eléctrico, se llevan a cabo las siguientes pruebas:

- Verificar la continuidad de las conexiones para garantizar que todas las conexiones estén bien establecidas y no haya cortocircuitos.
- Verificar la corriente y el voltaje en cada componente del tablero para asegurarse de que estén en tus tensiones establecidas.
- Verificación de la operación correcta del tablero eléctrico de acuerdo con el diseño, se recomienda no conectar el circuito de potencia y realizar la prueba de circuito de control separada.



4 COSTOS

En este acápite se analiza los costos de: elementos de fabricación, materiales diseñados y especificados, insumos, máquinas y herramientas, mano de obra e impuestos para obtener un precio final.

4.1 COSTO DE ELEMENTOS ESPECIFICADOS

El costo de los elementos especificados se muestra en la tabla 4.1 a continuación, los cuales se obtuvieron por puestos de comercio de la urbe paceña, como ferreterías, puestos de venta de componentes electrónicos y Electrored.

Tabla 4.1 Precios de elementos especificados

ITEM	DENOMINACION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO TOTAL (Bs)
PLACA PCB					
1	Resistencia	2	Pieza	0,25	0,5
2	Resistencia	2	Pieza	0,25	0,5
3	Resistencia	1	Pieza	0,25	0,25
4	Optoacoplador	2	Pieza	5	10
5	Transistor	2	Pieza	3	6
6	Diodos	2	Pieza	0,5	1
7	Conector 1 terminal	1	Pieza	2	2
8	Conector 2 terminales	1	Pieza	3	3
9	Conector 3 terminales	1	Pieza	4	4
10	Relé	2	Pieza	5	10
11	Arduino Nano	1	Pieza	57	57
12	Sócalo	1	Pieza	2,5	2,5
13	Placa Vaquelita	0	Pieza	8	0
14	Sonda Temperatura	1	Pieza	5	5
COSTO TOTAL					101,75
SISTEMA DE CONTROL					
1	Lámpara de señalización	2	Pieza	10	20
2	Lámpara de señalización	1	Pieza	10	10
3	FUENTE 12Vdc	1	Pieza	90	90
4	Selector Rotativo	1	Pieza	25	25
5	Selector	1	Pieza	9	9
6	Pulsador	1	Pieza	10	10
7	Bornera	6	Pieza	1	6

REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÁNICA

8	Bornera divisible	1	Pieza	5	5
9	Cable canal ranurado	1	m	7	7
10	Rieldin	1	m	20	20
11	Perno y tuerca	3	Docena	5	15
12	Conductor	3	m	4	12
13	Interruptor termomagnético	1	Pieza	20	20
COSTO TOTAL					249
SNUBBER					
1	Resistencias	2	Pieza	0,25	0,5
2	Capacitores	1	Pieza	2	2
3	Varistores	1	Pieza	3	3
4	Conector 3 terminales	1	Pieza	3	3
5	Placa Vaquelita	1	Pieza	6	6
COSTO TOTAL					14,5

FUENTE: Elaboración propia

4.1.1 COSTO TOTAL

La tabla 4.2 muestra el costo total de todos los elementos especificados.

Tabla 4.2 Costo total de elementos especificados

Nro	COMPONENTE	COSTO (Bs)
1	PLACA PCB	101,75
2	SISTEMA DE CONTROL	249
3	SNUBBER	14,5
COSTO TOTAL		365,25

FUENTE: Elaboración propia

4.2 COSTO DE MATERIALES

Los costos de materiales igualmente se obtuvieron de ferreterías, distribuidoras y el laboratorio de prototipado de la alcaldía, en la tabla 4.3 se refleja estos precios, considerando que el precio del PLA incluye el precio de la pieza ya impresa.

Tabla 4.3 Costo de materiales

ITEM	DENOMINACION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO TOTAL (Bs)
1	ACRILICO	1	Lamina	550	550
2	PLA	200	g	0,5	100

3	ACERO	3	Kg	15	45
4	CABLE DE CONEXIÓN	5	m	3	15
COSTO TOTAL					710

FUENTE: Elaboración propia

4.3 COSTO DE MÁQUINARIA Y HERRAMIENTAS

Los precios de las herramientas se obtuvieron de metal mecánicas de Cota Cota y de los servicios que ofrece el IIME.

Tabla 4.4 Costo de maquinaria y herramientas

	MAQUINA-HERRAMIENTA	COSTO (Bs/hora)	TIEMPO	COSTO (Bs)
1	ROMI	416,4	0,4	166,56
2	Taladro	30	0,5	15
3	Herramientas de medida y trazado	5	1	5
4	Cortadora laser	240	0,5	120
5	Router CNC	60	0,3	18
COSTO TOTAL				324,56

FUENTE: Elaboración propia

4.4 COSTO DE MANO DE OBRA

El precio de mano de obra se obtuvo de la revista de Cadeco para precios unitarios la cual se muestra en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Costos de mano de obra

Nro	Denominación	Costo por Hora (Bs)	Viáticos (Bs)	Costo total por día (Bs)
1	Técnico Electricista	25	20	220
2	Ayudante	15	20	140
COSTO TOTAL				360

FUENTE: Elaboración propia

4.5 OTROS COSTOS

En la tabla 4.6 se muestran costos fortuitos que se involucraron en el proceso, incluyendo insumos.

Tabla 4.6 Costos varios

Nro	DENOMINACION	PRECIO TOTAL (Bs)
1	Transporte	30
2	Costo de operación	50
3	Costo de mantenimiento	50
4	Costo de diseño	300
5	Estaño	10
COSTO TOTAL		440

FUENTE: Elaboración propia

4.6 COSTO NETO

La tabla 4.7 muestra el precio de todos los costos netos al realizarse el proyecto.

Tabla 4.7 Costo neto

Nro	DETALLE	TOTAL (Bs)
1	Elementos especificados	365,25
2	Materiales	710
3	Máquinas y herramientas	324,56
4	Mano de obra	360
5	Otros	440
COSTO NETO		2199,81

FUENTE: Elaboración propia

4.7 PRECIO FINAL

Para el precio final en la tabla 4.8 involucra margen de utilidad de 35%, el impuesto de IVA por ley del 13% y el IT de 3% Sin tomar en cuenta el precio de mantenimiento y operación, debido a que este estará a cargo del IIME.

Para el cálculo del precio con IT e IVA se usó la ecuación 4.1

$$Pf = \frac{P}{1 - 0,16} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

P_f = Precio facturado (Bs)

P = Precio sin factura (Bs)

Tabla 4.8 Precio final

Nro	DETALLE	TOTAL (Bs)
1	Costo neto	2199,8
2	Margen de utilidad (35%)	769,9
Precio sin factura		2969,7
Precio con factura (IVA 13%) (IT 3%)		3535,4

FUENTE: Elaboración propia

Por lo tanto, el precio final del proyecto es de 3535,4 Bs.



5 EVALUACIÓN

5.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

En la evaluación técnica se ve que el sistema de control es didáctico, debido a que el software es de fácil manejo para el usuario, además de que es útil tanto para diferentes materiales siempre y cuando la fuerza este limitado según la tabla 5.1, la cual se vio en el capítulo de análisis de análisis y cálculos previos al diseño.

Tabla 5.1 Fuerzas límite del sistema

OBJETO	Fmax en la probeta (Kgf)
Celda de carga 500 Lbf	226,796
Celda de carga 5000 Lbf	2267,96
Tornillo sin fin	4564,4
Correa de transmisión	38600,78
Motor	87633,3

FUENTE: Elaboración propia

Las celdas de carga son las principales limitantes del sistema, sin tomar en cuenta que estos tienen una sobrecarga de 300% según su ficha técnica del fabricante en el ANEXO E.

El tornillo sin fin es la siguiente limitante que fallará, seguido de la segunda correa de transmisión y el motor, los cuales son fáciles de cambiar en el sistema.

Realizando un análisis técnico del sistema:

- El sistema se puede controlar desde el software y manualmente, con prevención de que haya cortes por los dos contactores conectados al mismo tiempo.
- Se vio una falencia en el uso de contactores en alterna con circuitos electrónicos, debido a que los filtros RC o SNUBBER no se encuentran en el mercado.
- Se puede controlar la temperatura del motor, cumpliendo la función de un termistor PTC.

- El software permite sacar la imagen de la curva y también los datos muestreados en una hoja Excel para su análisis.

5.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la evaluación económica se tomó en cuenta el precio de venta que existe de una máquina de ensayo de tracción en el mercado está entre 2.500,00 US\$ y 4.500,00 US\$.

El precio de rehabilitación de la máquina de ensayo de tracción del proyecto es de 3535,4 Bs, la diferencia de precios es significativa, lo cual implica que se hizo un ahorro considerable al instituto.

5.3 CONCLUSIONES

Se rehabilitó la máquina de ensayo de tracción del Instituto de investigaciones mecánicas y electromecánica para prácticas con una interface intuitiva, con toma de datos semejantes a la realidad y protección al usuario.

Se implementó un software y un sistema seguro e intuitivo para el fácil manejo del usuario.

La máquina se readecuó desde un enfoque funcional y didáctico para seguridad y fácil manipulación.

Se realizó el análisis de costos para justificación de gastos realizados en el proyecto.

5.4 RECOMENDACIONES

No sobrepasar el límite de resolución las celdas de carga, debido a ello se creó el desfase de cero y afecta las medidas posteriores.

Antes de cada ensayo, realizar la verificación de una buena colocación de la probeta, para evitar momentos flectores y el ensayo sea tracción pura.

Revisar la conexión correcta de todos los sensores y su colocación, que la celda de carga tipo S no este presionada a sus bases y el LVDT este siempre paralelo al eje, además de que al inicio de la prueba toque la base móvil.

Realizar mantenimiento al sistema de transmisión (ver ANEXO E)



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hibbeler Russel C. (2004). *Mecanica Vectorial para ingenieros - Estatica*. Pearson Educación, México
- [2] Instituto Boliviana de Normalización y Calidad. (1997). *Norma Boliviana NB777*. Calidad, Bolivia.
- [3] Molina P. Jaime G. (2006). *introducción al análisis matricial en mecánica de sólidos*. La Paz.
- [4] Mohan N. Undeland T.(2003) *Power Electronics* John Wiley & Sons Inc., United States of America
- [5] Shigley, J. E., Budynas R. G. & Nisbett. J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica*. McGraw-Hill Education.
- [6] Mayori M. Alejandro M. (2007) *Resistencia de materiales aplicada*. Yucatán Hermosa, Bolivia
- [7] Savant C, Roden M, Carpenter G. (2001) *Diseño Electronico*. Addison-Wesley, Iberoamerica
- [7] Alvarez A. C. y Huayta E. C. (2016) *Medidas y errores*

WEBGRAFÍA

[1] https://www.kalmanfilter.net/ES/kalman1d_es

[2] <https://dicasdozebio.com/2012/12/27/projeto-protecao-para-reles-em-sistemas-de-acionamento-de-portoes/>

[3] <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A1	PLANOS ELECTRICOS
ANEXO A2	PLANOS MECANICOS
ANEXO B	ENSAMBLE
ANEXO C	PCB
ANEXO D	CODIGOS
ANEXO E	FICHAS TECNICAS
ANEXO F	ANALISIS EN INVENTOR

ANEXO A1

PLANOS ELECTRICOS

Circuito PCB

Circuito de Potencia

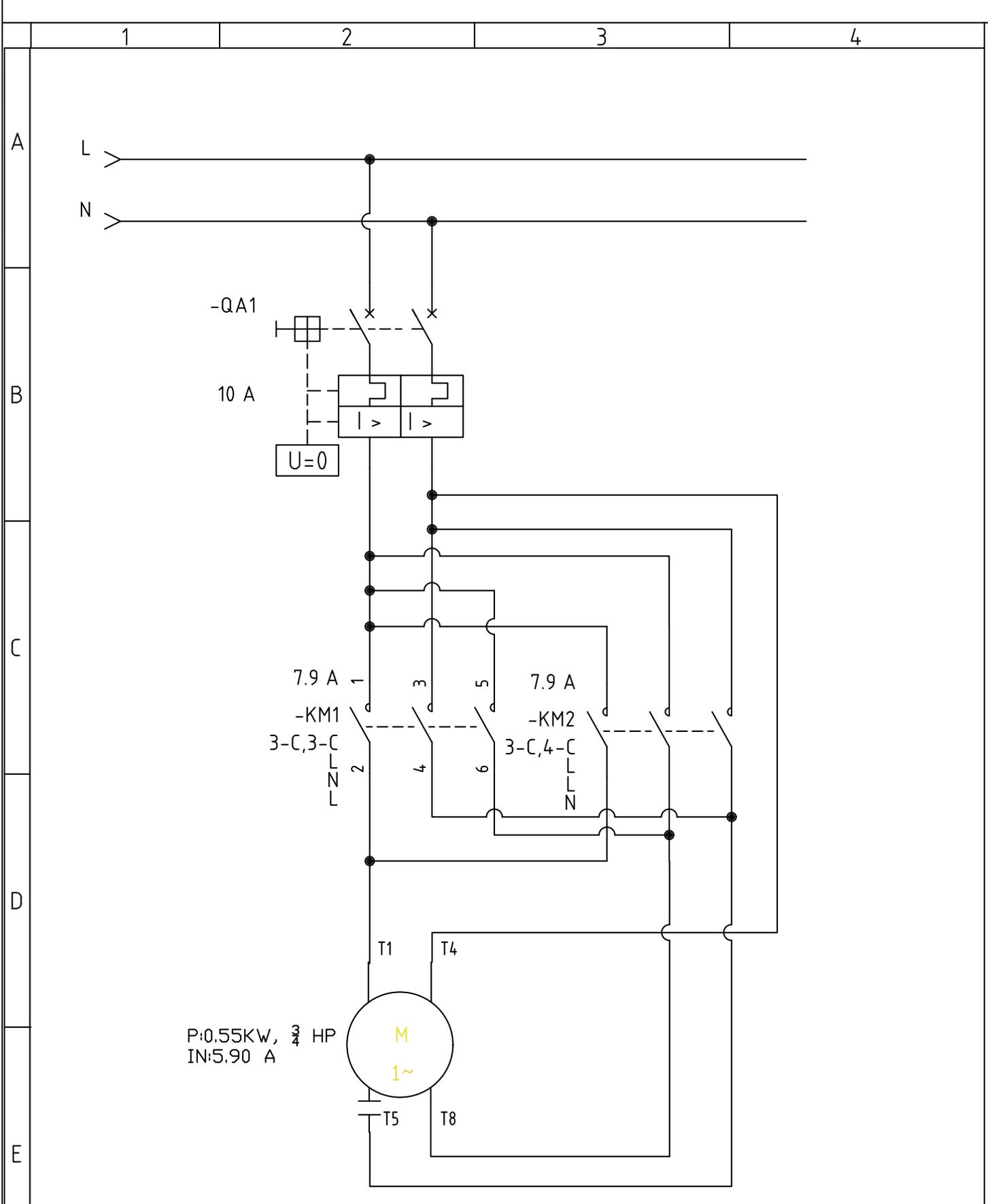
Diagrama unifilar

Diagrama eléctrico

Circuito de control

Circuito de Snubber

Tablero



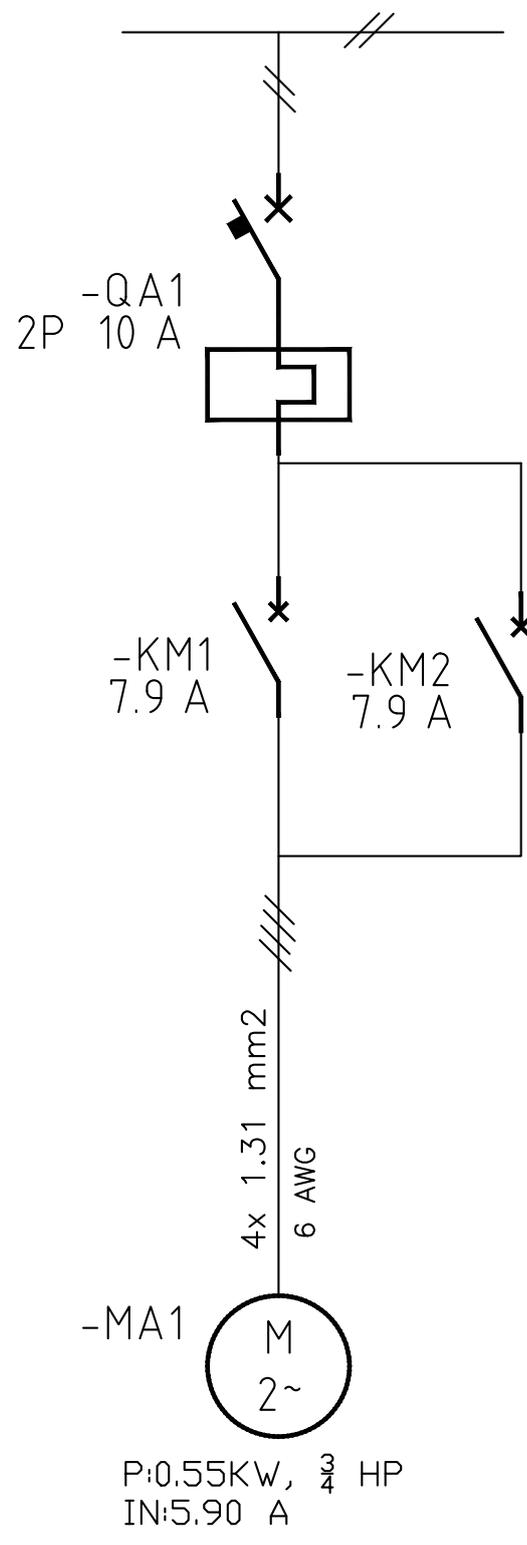
P:0.55KW, $\frac{3}{4}$ HP
IN:5.90 A

TRABAJO DE TITULACION REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECÁNICAS				PESO:	VOLUMEN:	ESCALA:	ELEMENTOS
						MATERIAL:	
Nro	Descripcion	Fab	Adq	Dat	Datum	Nombre	
				DIB.	Abril 2023	Rodriguez Cartagena Andres J.	
				Vo.Bo.		Ing. Jose Antonio Siñani Vilte	
				Norm		DIN	
				UMSA		SC-PO-01	
				INGENIERIA ELECTROMECHANICA			
						Hoja	
						De.	

CIRCUITO_DE_POTENCIA

Hoja
De.

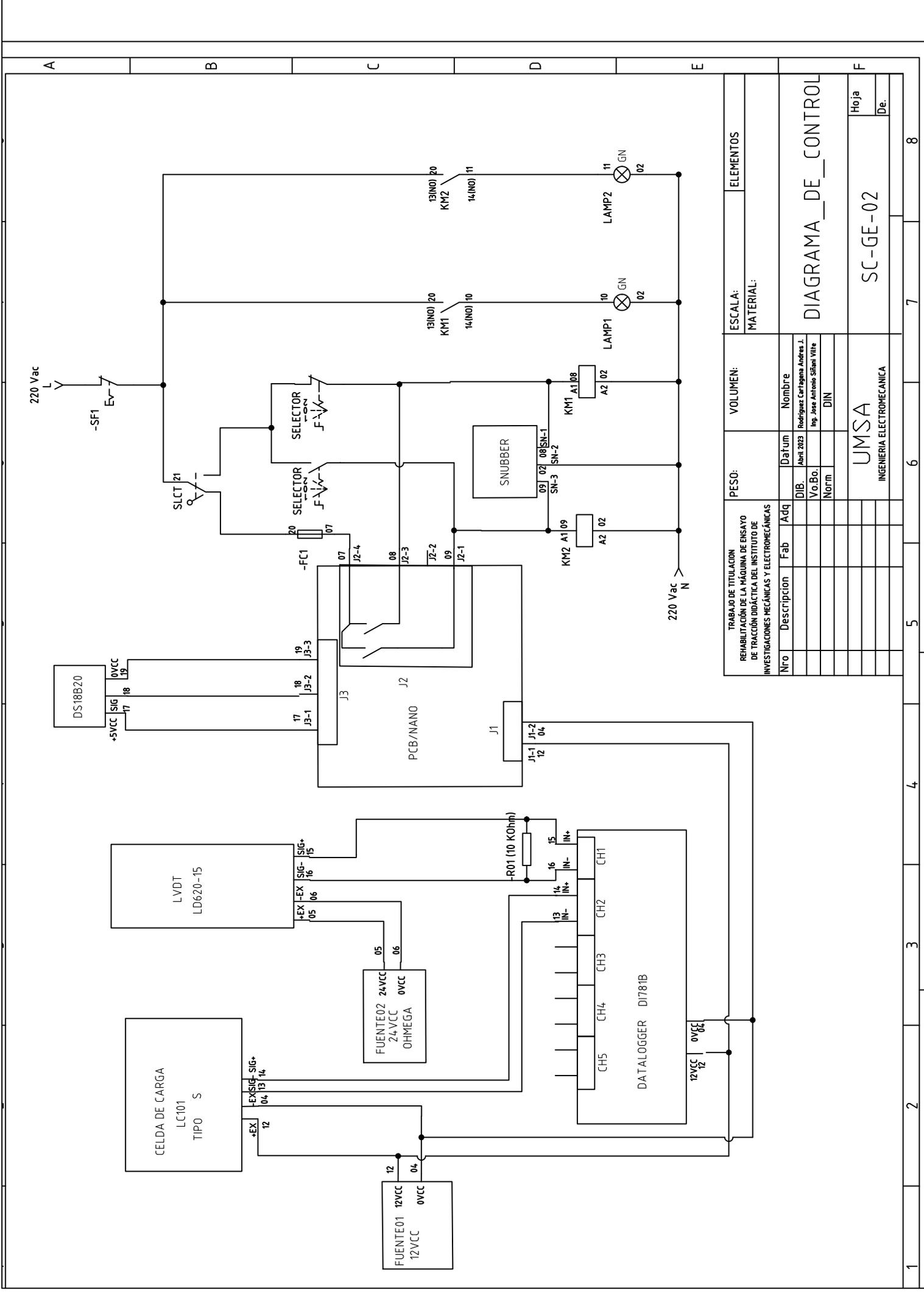
A
B
C
D
E
F



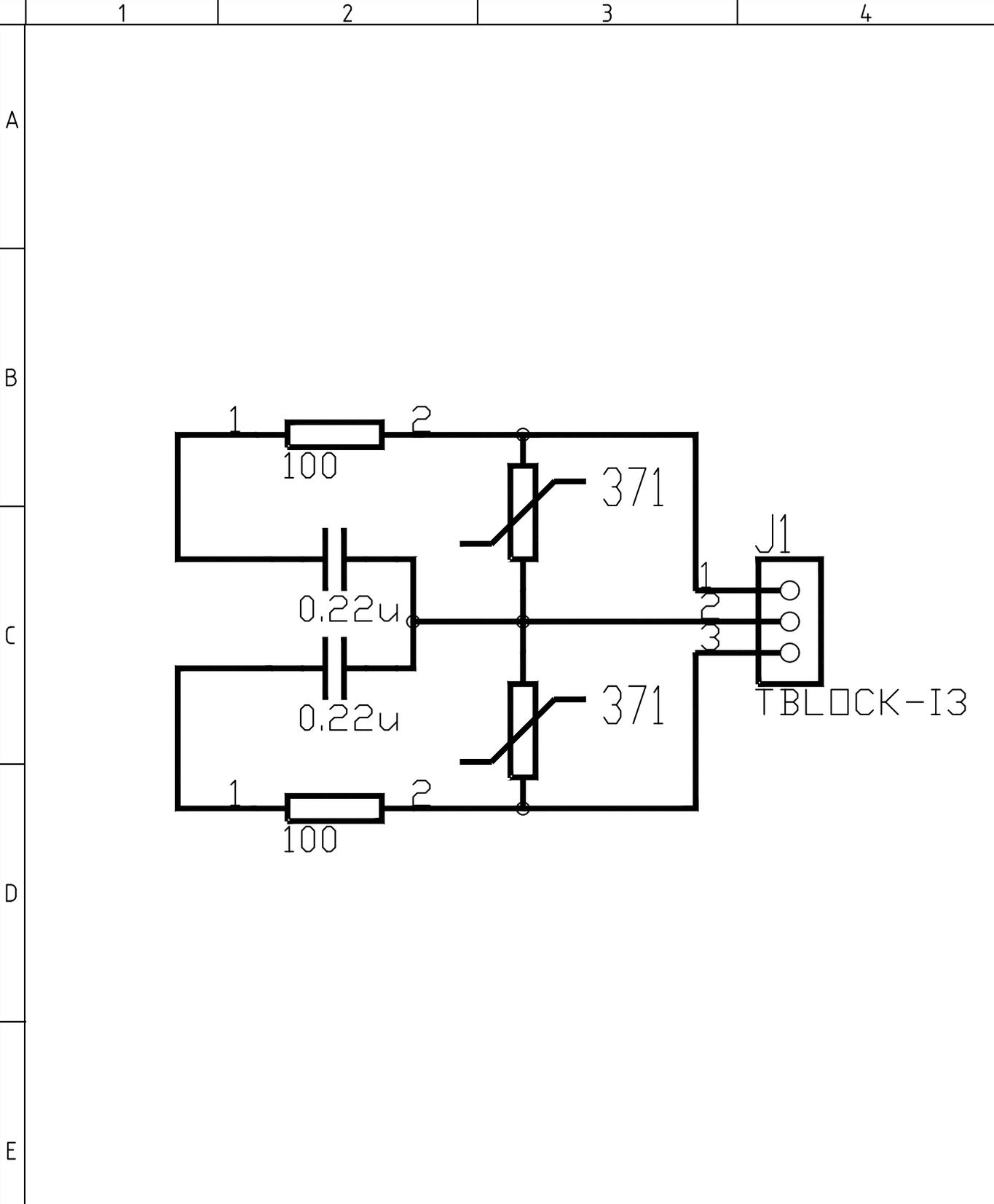
TRABAJO DE TITULACION REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÑICAS				PESO:	VOLUMEN:	ESCALA:	ELEMENTOS
						MATERIAL:	
Nro	Descripcion	Fab	Adq	Datum	Nombre		
				DIB.	Abril 2023	Rodriguez Cartagena Andres J.	
				Vo.Bo.		Ing. Jose Antonio Siñani Vilte	
				Norm		DIN	
				UMSA			Hoja
				INGENIERIA ELECTROMECAÑICA			SC-PO-02
							De.

DIAGRAMA_UNIFILAR

SC-PO-02



TRABAJO DE TITULACION REHABILITACION DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCION DIDACTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECANICAS Y ELECTROMECANICAS		PESO:		VOLUMEN:		ESCALA:		ELEMENTOS:	
Nro	Descripción	Fab	Adq	DIB.	Datum	Nombre	MATERIAL:		
				Abri. 2023	Abri. 2023	Rodriguez Cartagena Andres.J.	DIAGRAMA DE CONTROL		
				Vo.Bo.		Ing. Jose Antonio Sibani Vilte	Hoja		
				Norm		DIN	De.		
UMSA							SC-GE-02		
INGENIERIA ELECTROMECANICA									



TRABAJO DE TITULACION REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECÁNICAS				PESO:	VOLUMEN:	ESCALA:	ELEMENTOS
						MATERIAL:	
Nro	Descripcion	Fab	Adq	DIB.	Datum	CIRCUITO_SNUBBER	
				Abril 2023	Rodriguez Cartagena Andres J.		
				Vo.Bo.	Ing. Jose Antonio Siñani Vilte		
				Norm	DIN		
				UMSA INGENIERIA ELECTROMECANICA		SC-P0-02	Hoja
							De.

ANEXO A2

PLANOS MECANICOS

Caja de control - Base

Caja de control - Lateral

Caja de control - Superior

Unión - Esquina

Unión –Lateral

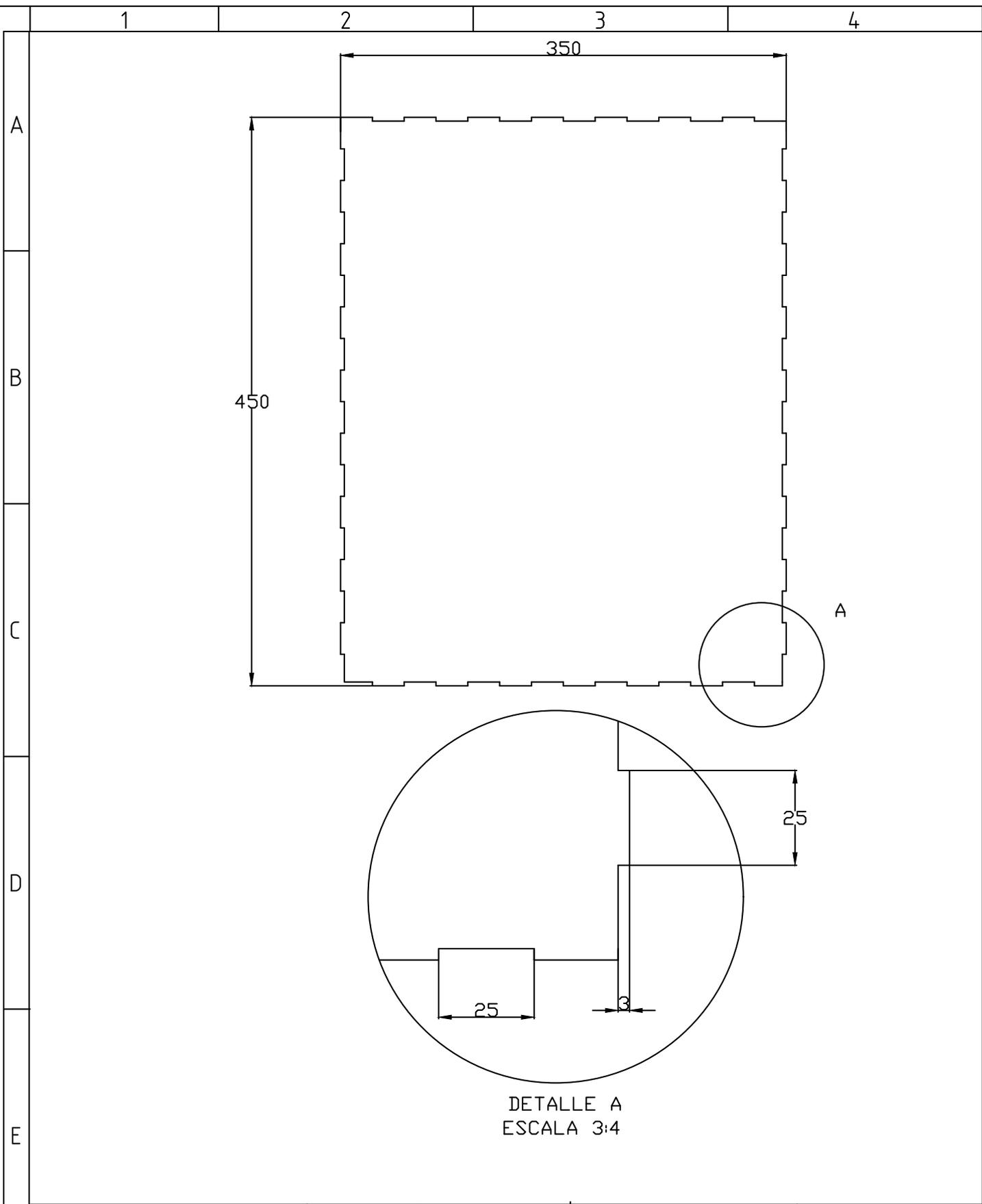
Base de cabezal

Sujeción de cabezal

Probeta – Metal

Probeta – Impresa

Maquina de ensayo de tracción



DETALLE A
ESCALA 3:4

TRABAJO DE TITULACION REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECÁNICAS				PESO:	VOLUMEN:	ESCALA: 3:4	ELEMENTOS
						MATERIAL: ACRILICO	
Nro	Descripcion	Fab	Adq	DIB.	Datum	CAJA_DE_CONTROL (BASE)	
				Vo.Bo.	Rodriguez Cartagena Andres J.		
				Norm	Ing. Jose Antonio Siñani Vilte		
					DIN		
				UMSA INGENIERIA ELECTROMECANICA		SC-CJ-01	Hoja
							De.

1

2

3

4

A

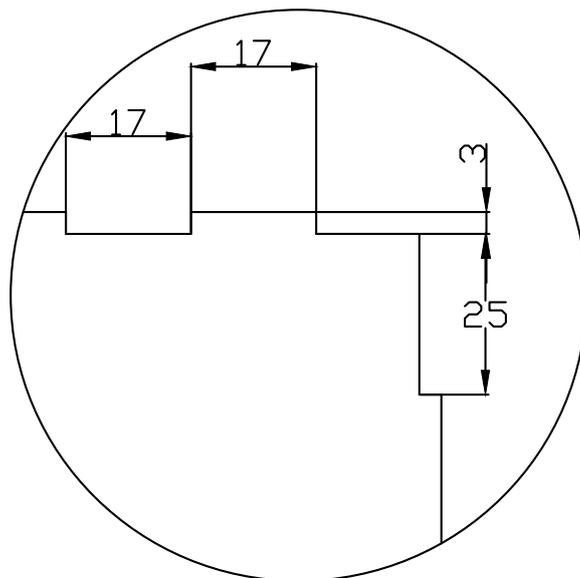
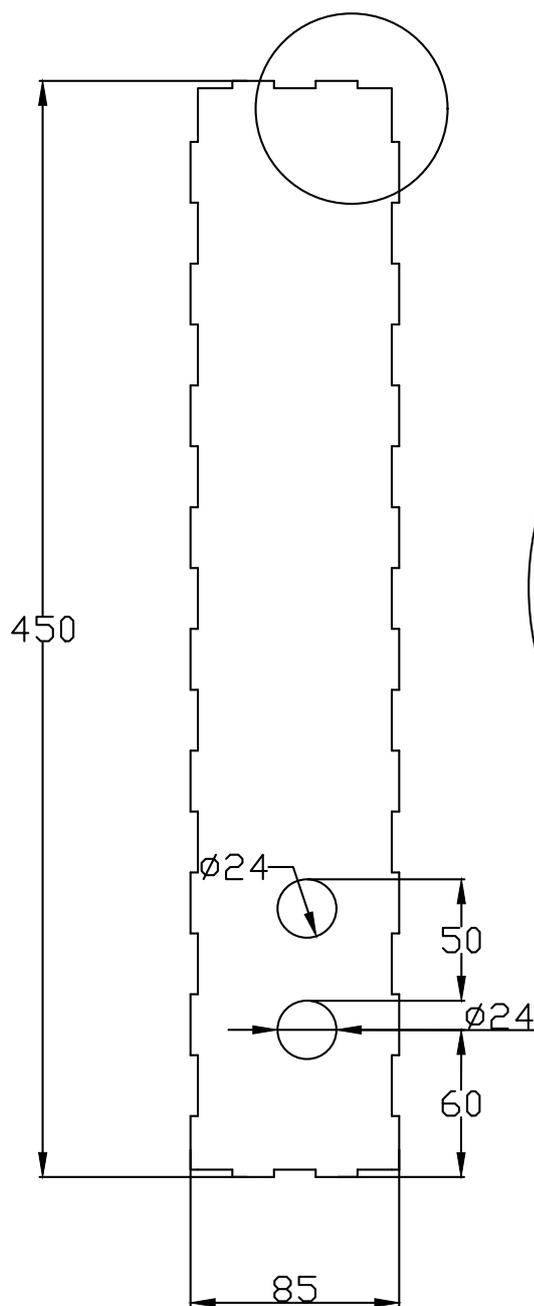
A

B

C

D

E



DETALLE A
ESCALA 1:1

TRABAJO DE TITULACION
REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO
DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECÁNICAS

PESO:

VOLUMEN:

ESCALA: 1:3

ELEMENTOS

MATERIAL:

ACRILICO

Nro	Descripcion	Fab	Adq	Datum	Nombre
				DIB.	Abril 2023 Rodriguez Cartagena Andres J.
				Vo.Bo.	Ing. Jose Antonio Siñani Vilte
				Norm	DIN

CAJA_DE_CONTROL
LATERAL

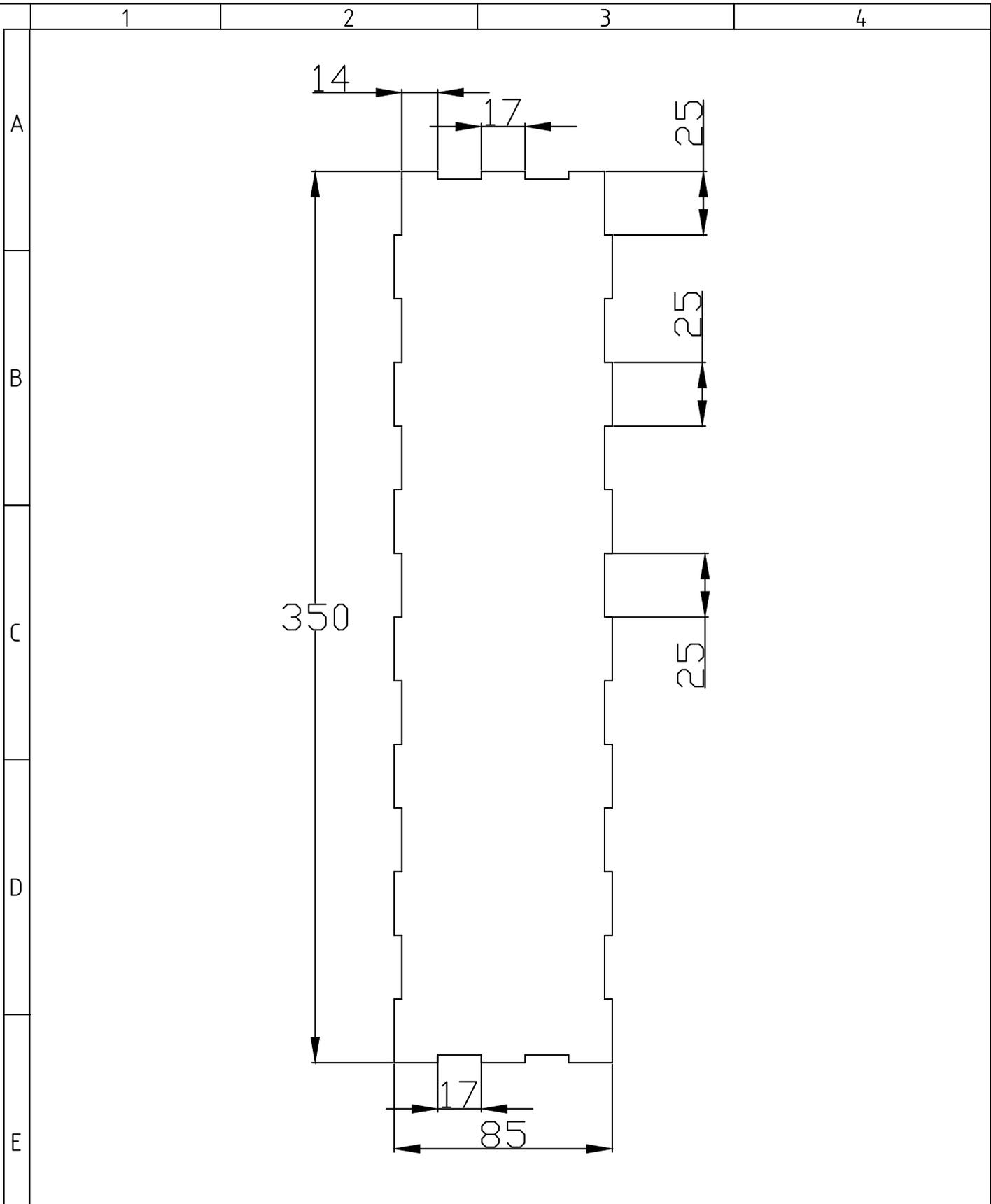
F

UMSA
INGENIERIA ELECTROMECANICA

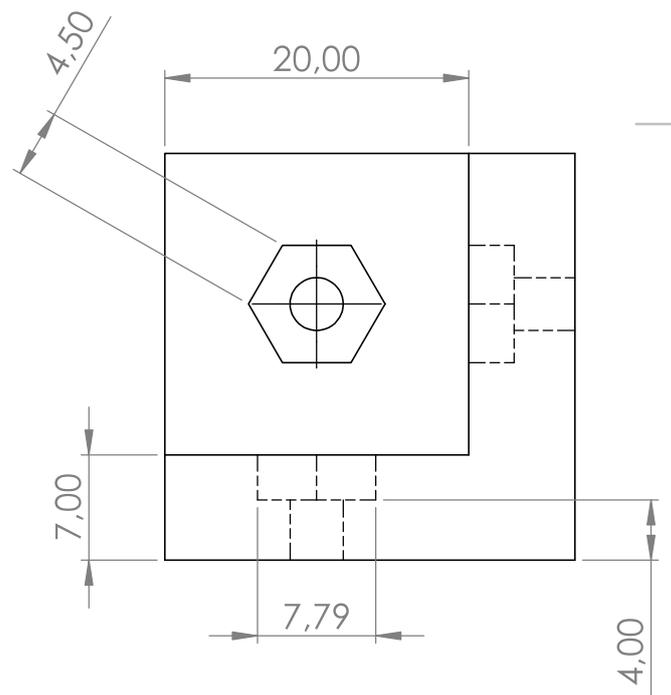
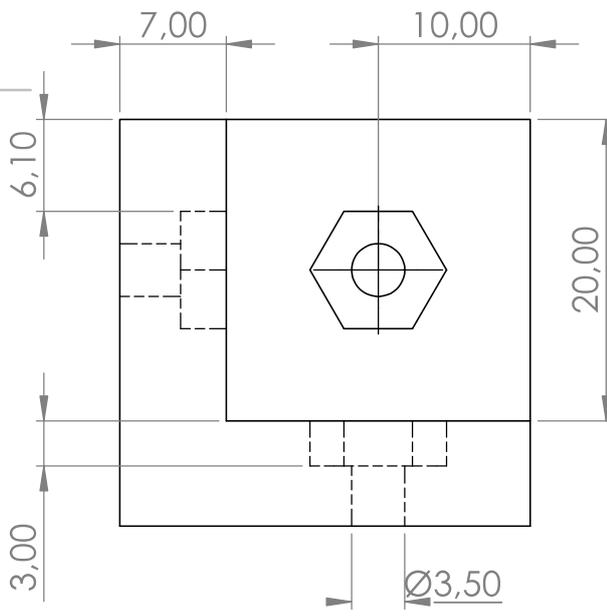
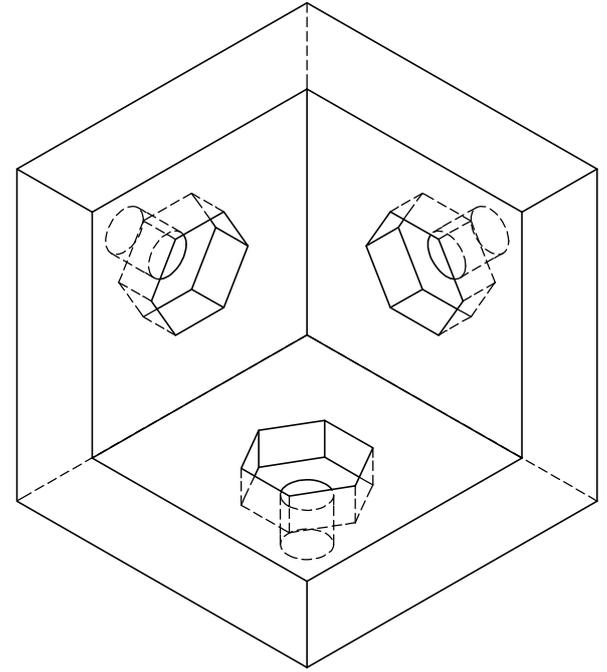
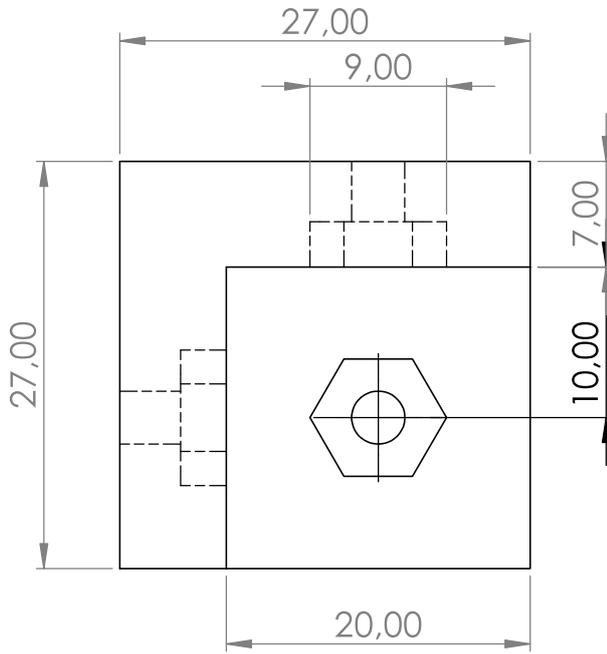
SC-CJ-02

Hoja

De.



TRABAJO DE TITULACION REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECÁNICAS				PESO:		VOLUMEN:		ESCALA: 3:4		ELEMENTOS												
								MATERIAL: ACRILICO														
CAJA_DE_CONTROL SUPERIOR																						
												Nro	Descripcion	Fab	Adq	DIB.	Datum	Nombre				
																Abril 2023		Rodriguez Cartagena Andres J.				
																Vo.Bo.		Ing. Jose Antonio Siñani Vilte				
				Norm		DIN																
				UMSA																		
				INGENIERIA ELECTROMECANICA																		
								SC-CJ-03		Hoja												
										De.												



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

 DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING REVISION

NAME	DATE
DRAWN Rodriguez Cartagena Andres J.	Abril 2023
CHK'D Ing. Jose Antonio Siñani Vilte	
APPV'D	
MFG	
Q.A	
MATERIAL: PLA	
WEIGHT:	

TITLE:
Union - Esquina

DWG NO.
SC-GE-04

A4

SCALE:2:1 SHEET 1 OF 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

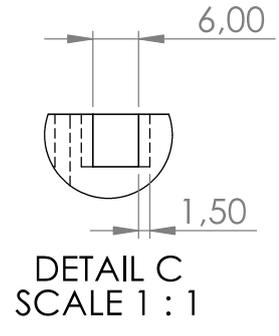
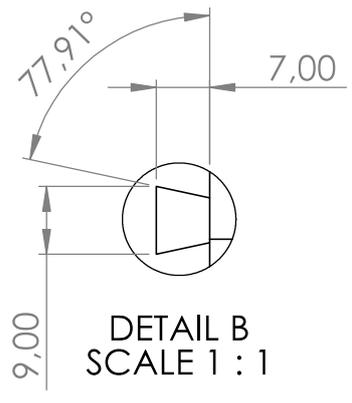
4 3 2 1

4 3 2 1

4 3 2 1

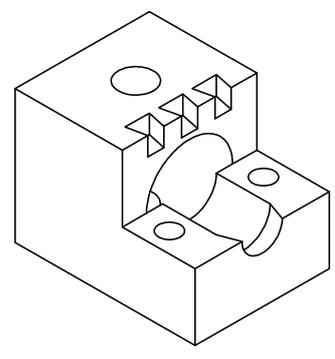
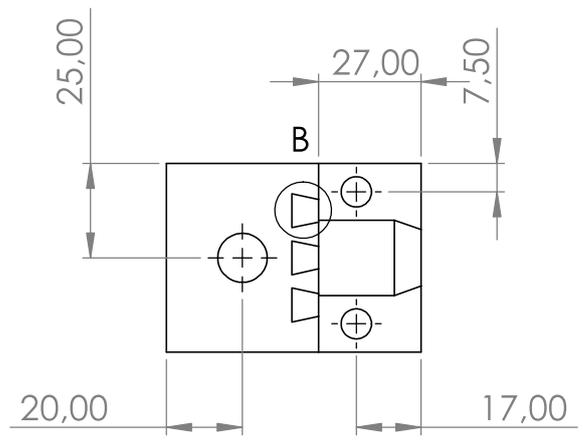
F

F



E

E

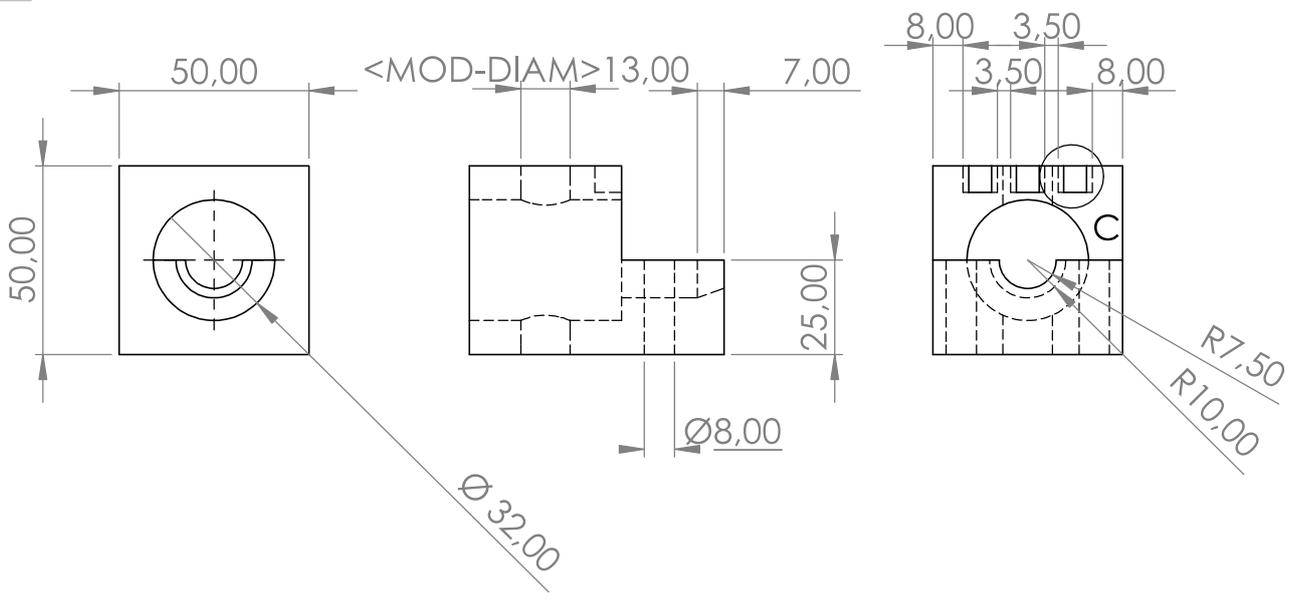


D

D

C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

ESCALA: 1:2

REVISION

A

A

NAME	DATE
DRAWN Rodríguez Cartagena Andres J.	Abril 2023
CHK'D Ing. Jose Antonio Siñani Vilte	
APPV'D	
MFG	
Q.A	
MATERIAL: Acero 1045	
WEIGHT:	

TITLE:
Base de Cabezal

DWG NO.
SE-SU-01

A4

SCALE:1:2 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

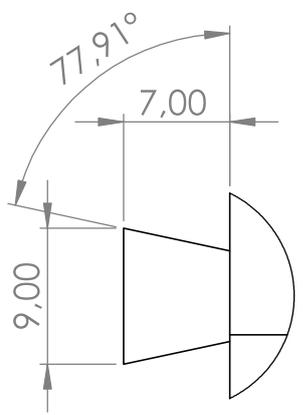
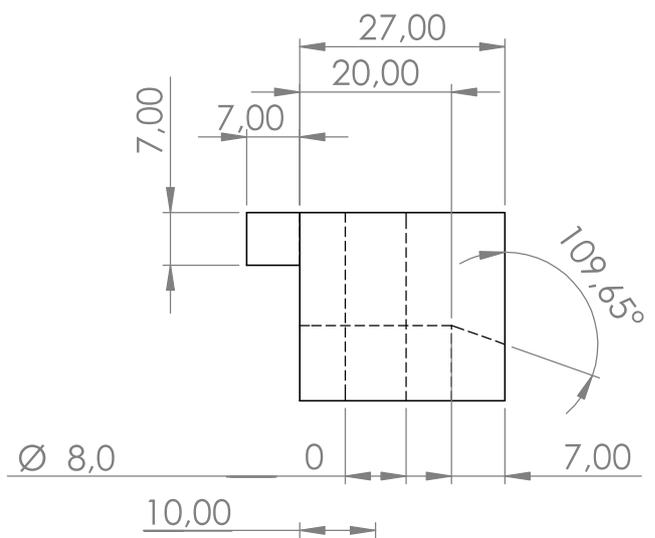
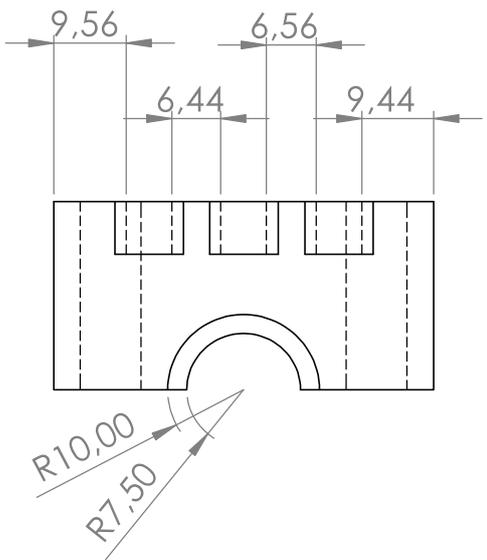
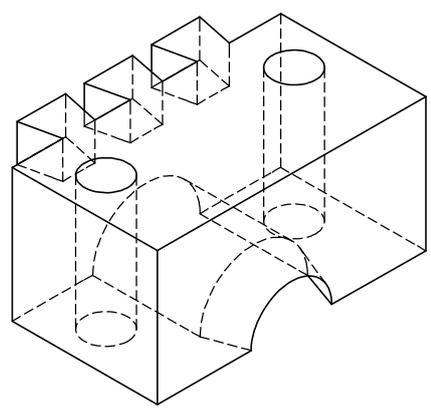
D

C

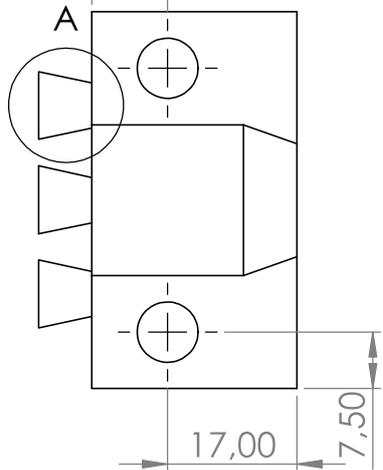
C

B

B



DETAIL A
SCALE 2 : 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	DATE
DRAWN	Rodriguez Cartagena Andres J.	Abril 2023
CHK'D	Ing. Jose Antonio Siñani Vilte	
APPV'D		
MFG		
Q.A		
	MATERIAL:	
	Acero 1045	
	WEIGHT:	

TITLE:
Sujecion Cabezal

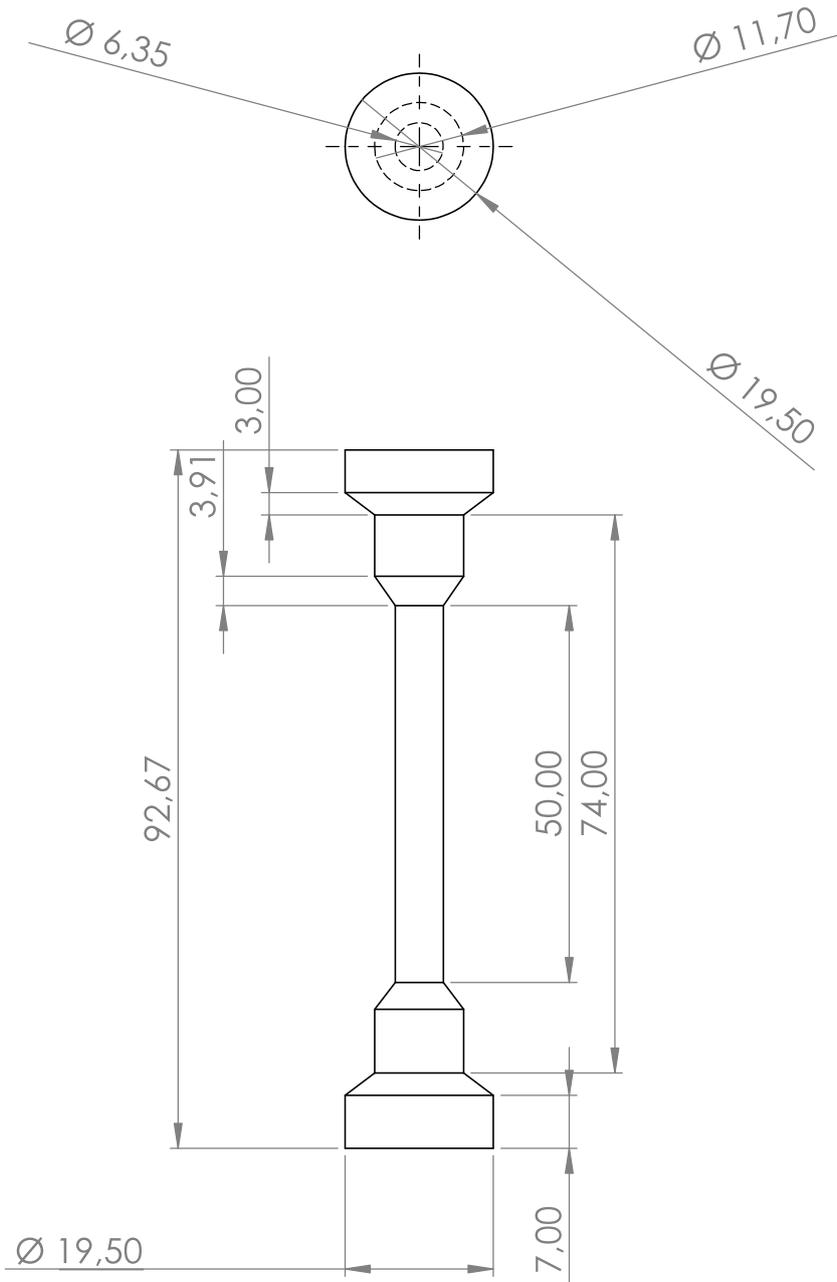
DWG NO.
SE-SU-02

A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	DATE
DRAWN	Rodríguez Cartagena Andres J.	Abril 2023
CHK'D	Ing. Jose Antonio Siñani Vilte	
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:
Probeta Metal

DWG NO.
AUX - 1

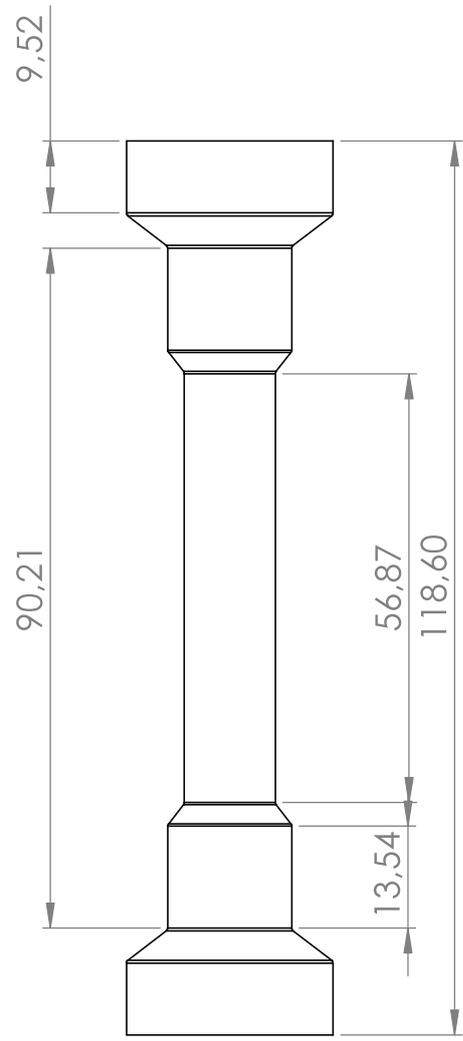
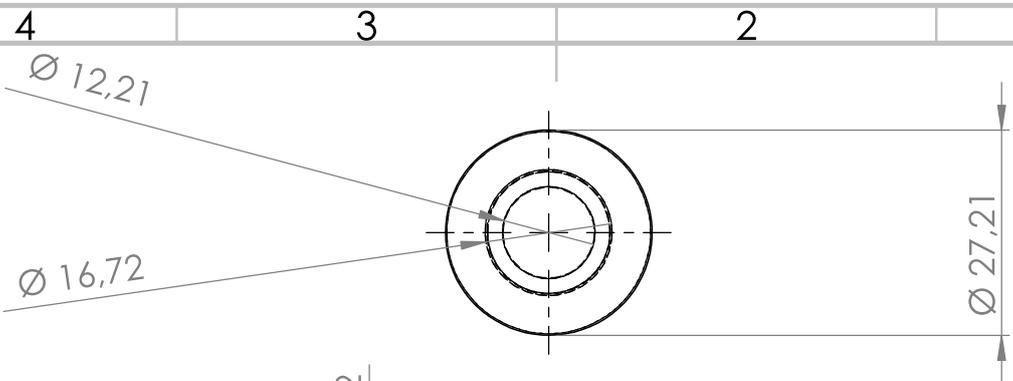
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

MATERIAL:
Metales

WEIGHT:

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	DATE
DRAWN	Rodriguez Cartagena Andres J.	
CHK'D	Jose Antonio Siñani Vilte	
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:
Probeta impresa

MATERIAL:
PLA

DWG NO.
AUX - 2

A4

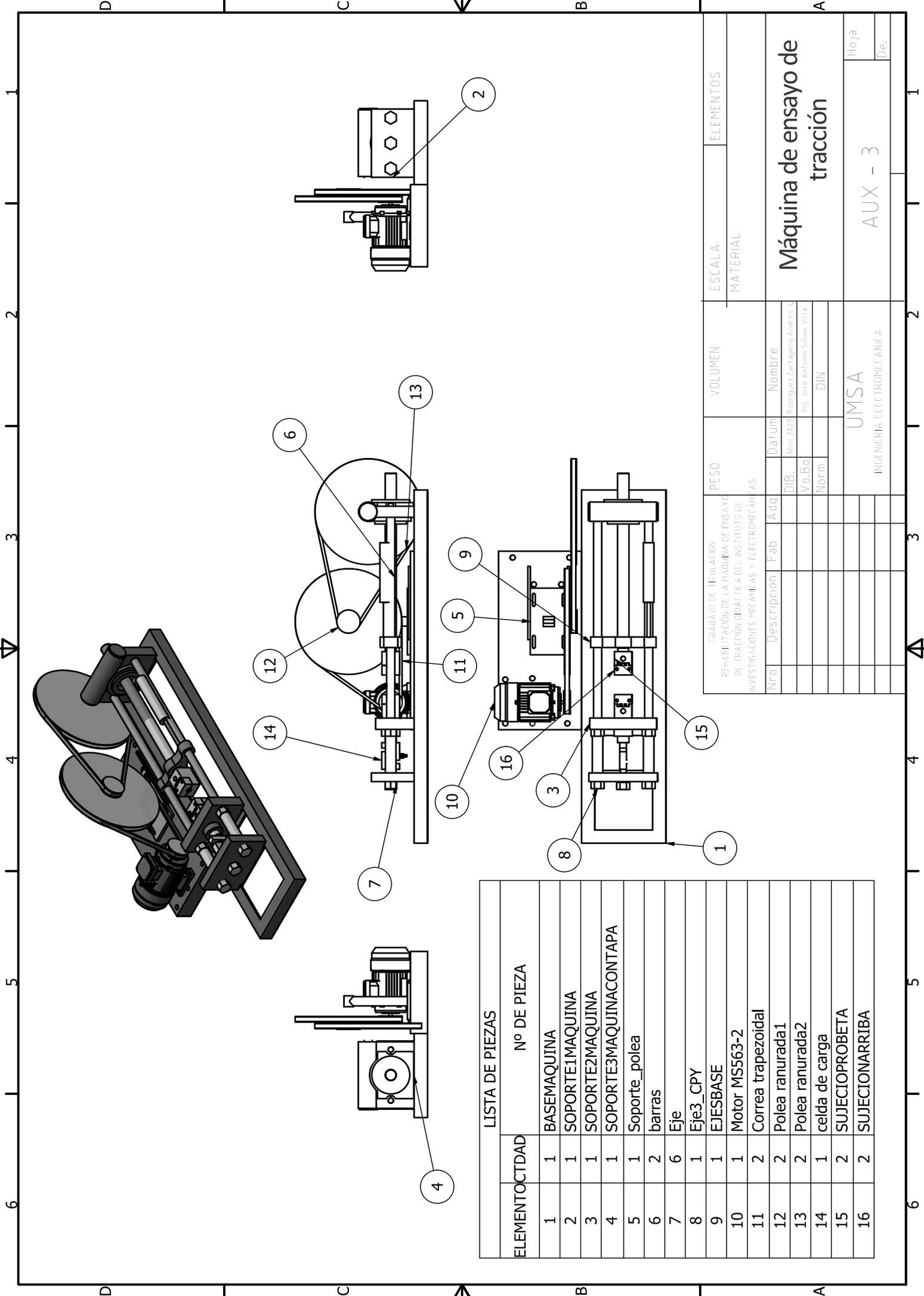
WEIGHT: SCALE:1:2 SHEET 1 OF 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

4 3 2 1

4 3 2 1



LISTA DE PIEZAS	
ELEMENTO	Nº DE PIEZA
1	BASEMAQUINA
2	SOPORTE1MAQUINA
3	SOPORTE2MAQUINA
4	SOPORTE3MAQUINA
5	Soporte_polea
6	barras
7	Eje
8	Eje3_CPY
9	EJESBASE
10	Motor MS563-2
11	Correa trapezoidal
12	Polea ranurada1
13	Polea ranurada2
14	ceida de carga
15	SUJECIOPROBETA
16	SUJECIONARRIBA

TRABAJO DE TITULACION REHABILITACION DE LA MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCION DIDACTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECANICAS Y ELECTROMECANICAS		PESO:		VOLUMEN:		ESCALA:	
Nro	Descripcion	Fab	Adq	DiB.	Nombre	MATERIAL:	
				April 2023	Ing. Jose Antonio Siles Vite		
				Vo.Bo	DIN		
				Norm			
				UMSA		Máquina de ensayo de tracción	
				INGENIERIA ELECTROMECANICA		AUX - 3	
						Hoja	
						De.	

6 5 4 3 2 1

D C B A

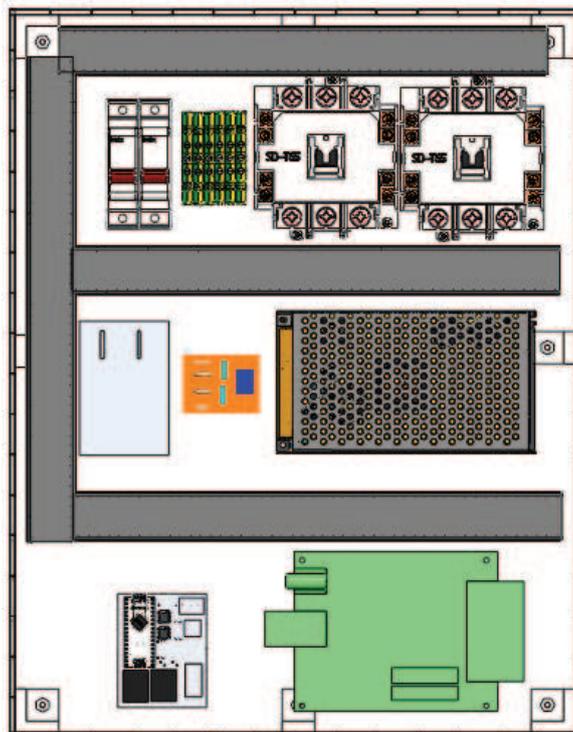
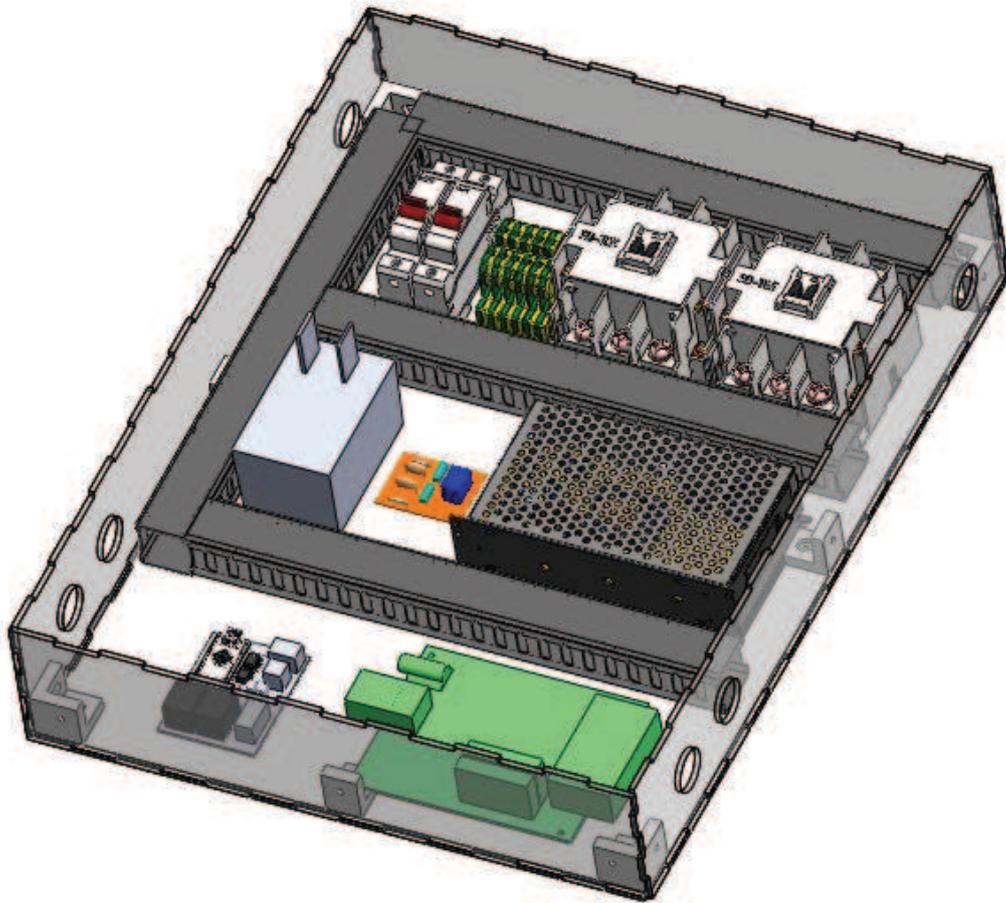
ANEXO B

ENSAMBLE

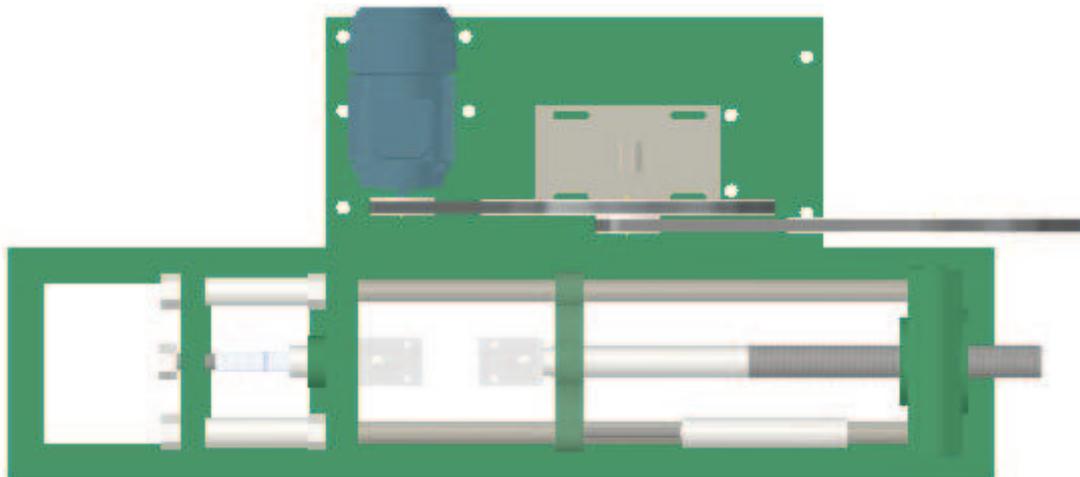
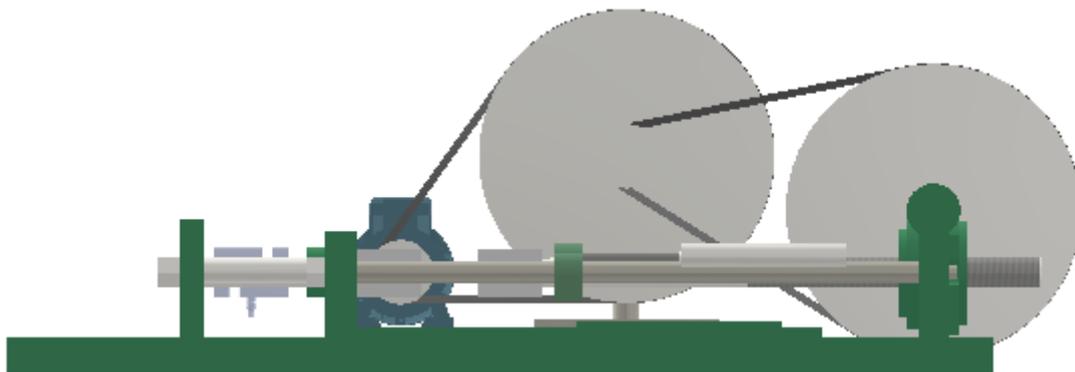
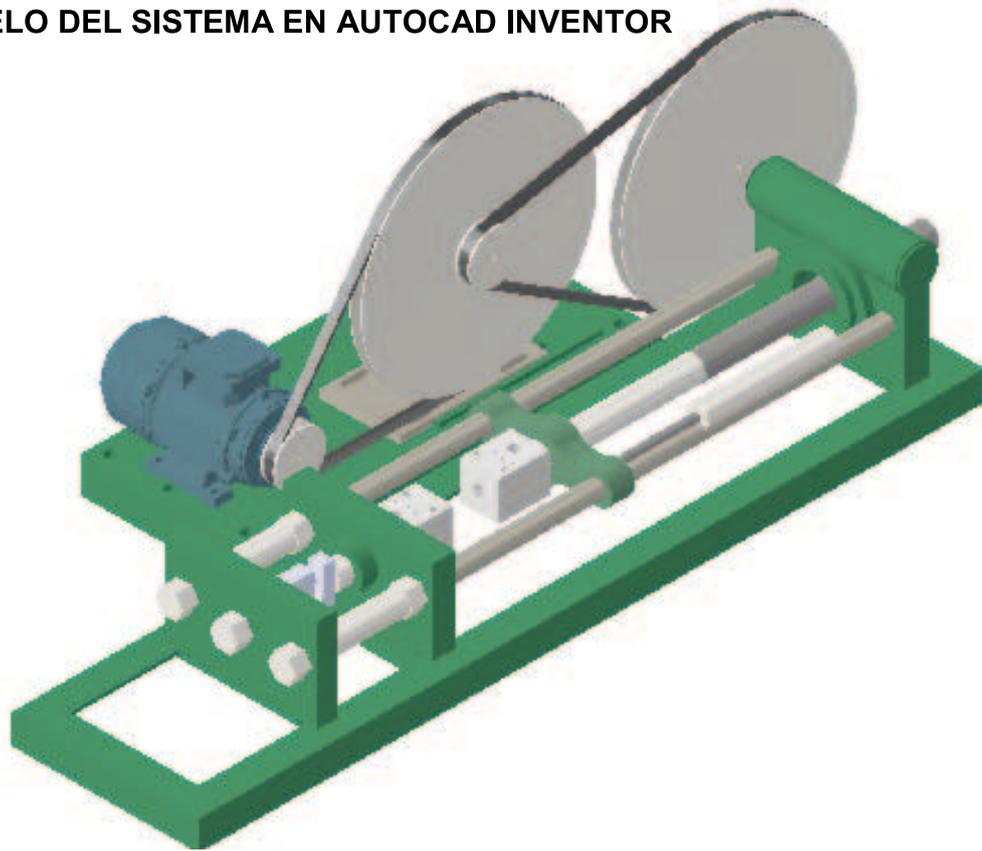
MODELO DE CAJA EN SOLIDWORKS

MODELO DEL SISTEMA EN AUTOCAD INVENTOR

Modelo de caja en Solidworks



MODELO DEL SISTEMA EN AUTOCAD INVENTOR



ANEXO C

PCB

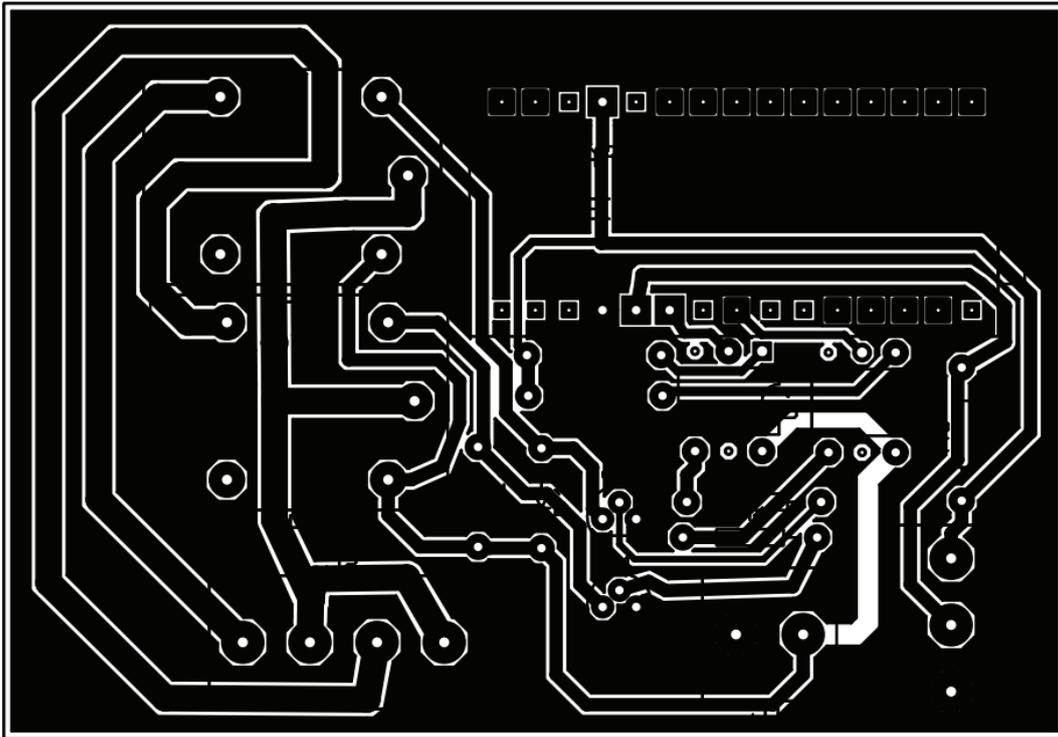
RUTAS PARA MÉTODO DEL PLANCHADO

MODELO EN ARES PROTEUS

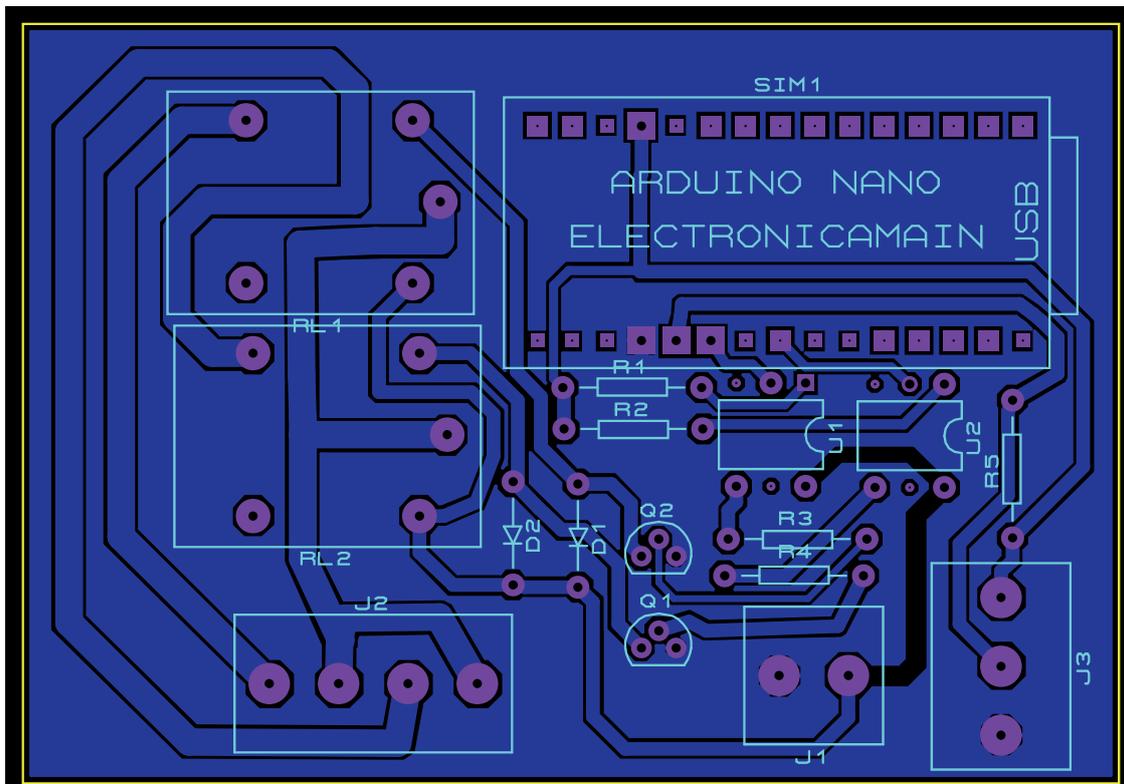
VISUALIZACIÓN DE MODELO EN FLATCAM

MODELO 3DS EN PROTEUS

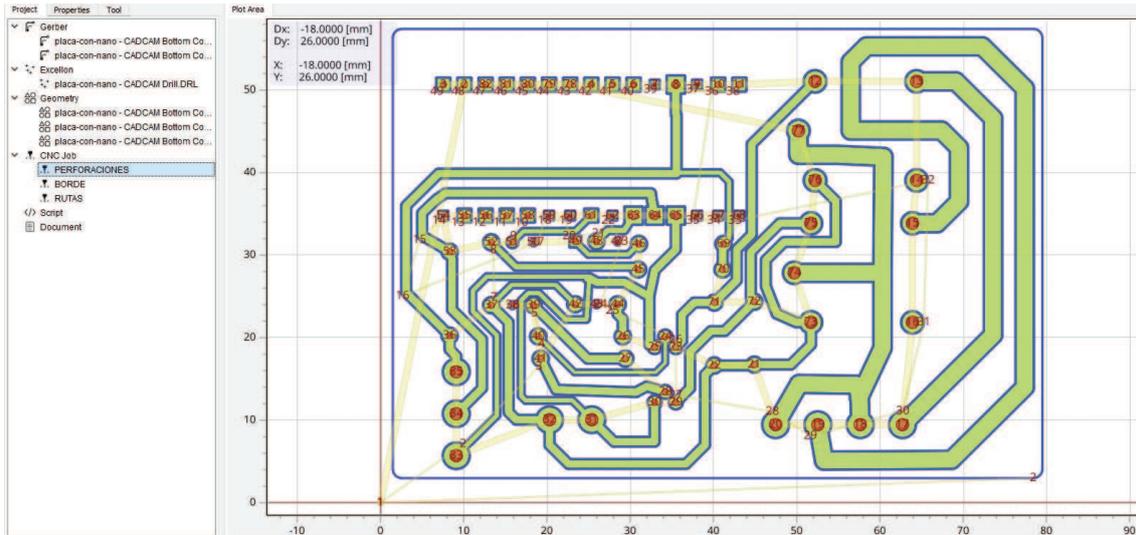
RUTAS PARA MÉTODO DEL PLANCHADO



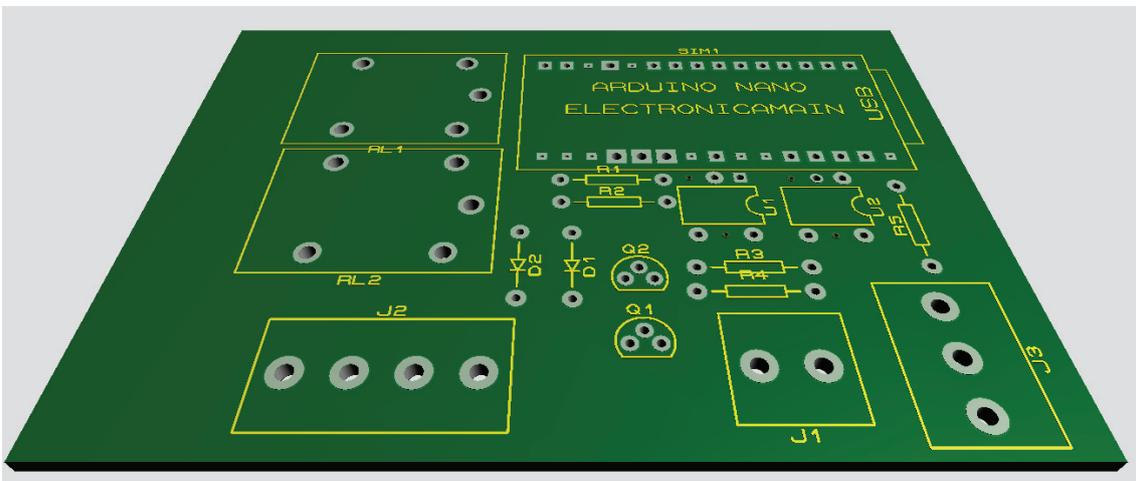
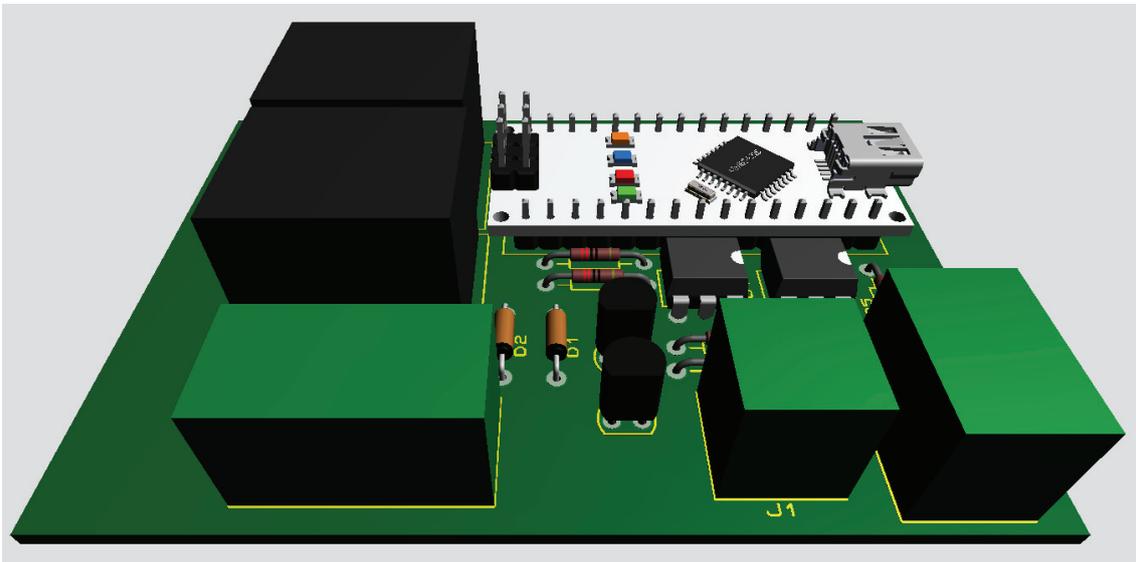
MODELO EN ARES PROTEUS



VISUALIZACIÓN DE MODELO EN FLATCAM



MODELO 3DS EN PROTEUS



ANEXO D

CODIGOS

CODIGO EN VISUAL BASIC

CODIGO DE ARDUINO

CODIGO EN VISUAL BASIC

Pantalla principal



```
Imports System.Drawing
Imports System.Drawing.Drawing2D
Imports System.IO
Imports System.IO.Ports
Imports System.Management
Imports System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
Imports System.Math
Public Class Form1
    Dim v(.) As Short
    Dim ChannelList(32) As Integer
    Dim tiempo As Integer = 0
    Dim segundos As Integer
    Dim minutos As Integer
    Dim t As Integer = 0
    Dim CCact As Double = 0
    Dim lvdtt As Double = 0
    Dim al As String = "0.3"
    Dim alfa As Double = 0
    Dim lvd As Double
    Dim lvd0 As Double
    Dim lvd1 As Double
    Dim errorLVDT As Double = 0
    Dim Cmax As Double = 0
    Dim ccarga As Double
    Dim ccarga1 As Double
    Dim errorCCARGA As Double = 0
    Dim Fcarga(10) As Double
    Dim puertARD As String
    Dim puertDL As String
    Dim dimf As Double = 1
    Dim dimdef As Double = 1
    Dim dimesf As Double = 1
    Dim L0 As Double = 0
    Dim Area As Double = 0
    Dim esfuerzo As Double = 0
    Dim conard As Double = 5
    Dim CONTADOR As Double = 100
    Dim M1 As Double = 0
    Dim ANGULO As Single = 90
    Dim BM As Bitmap
    Dim DIBUJO As Graphics
    Dim BCCARGA As Single = 0.0960997
    Dim BLVDT As Single = 0.0015
    Dim PLVDT As Double = 1000
    Dim PCCARGA As Double = 1000
    Dim Q As Double = 0
    Dim KLVDT As Double = 0
```

```

Dim KCCARGA As Double = 0
Dim DVs As Double = 0
"SEGMENTO 1
Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    Try
        'TOMA DE DATOS DE TEMPERATURA, DEBE DE REALIZARSE EN MENORES TIEMPOS
        If SerialPort1.IsOpen And M1 = 0 And t = 6 Then
            TEMPER.Text = SerialPort1.ReadExisting().ToString()
            SerialPort1.Write("2")
            t = 0
        ElseIf SerialPort1.IsOpen And M1 = 0 Then
            t = t + 1
        End If
        "Toma de datos
        If AxDataqSdk1.AvailableData > 0 And M1 = 0 Then
            'FILTRO
            v = AxDataqSdk1.GetData
            'PARA LVDT
            Q = 601.23
            DVs = 601.203
            PLVDT = PLVDT + Q * 0.1
            KLVDT = (PLVDT) / (PLVDT + DVs)
            lvd = lvd + KLVDT * (Val(v(0, 0)) - lvd)
            PLVDT = PLVDT * (1 - KLVDT)
            'PARA CCARGA
            Q = 1038.946
            DVs = 1038.946
            PCCARGA = PCCARGA + Q * 0.1
            KCCARGA = (PCCARGA) / (PCCARGA + DVs)
            ccarga = ccarga + KCCARGA * (Val(v(1, 0)) - ccarga)
            PLVDT = PLVDT * (1 - KLVDT)
            'IMPRESION DE DATOS
            lvdtt = Round((lvd - lvd0) * BLVDT * dimdef, 2)
            lblvdtt.Text = (lvdtt).ToString
            CCact = Round((ccarga * BCCARGA) * dimf, 1)
            lblCC.Text = CCact.ToString
            'DATOS
            esfuerzo = ((ccarga * 0.0960997) / Area) * dimesf
            If CCact > Cmax Then
                Cmax = CCact
            End If
            lblvdttmax.Text = (Round(lvdtt / L0, 1)).ToString
            lblCCmax.Text = (Round(esfuerzo, 3)).ToString
            Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(Round(lvdtt / L0, 4), esfuerzo)
            listadedatos.Rows.Add(lvdtt, CCact, tiempo, Val(v(0, 0)), Val(v(1, 0)))
            tiempo += 100
            'respaldo de guardado
            Dim fs As FileStream = Nothing
            Dim writer As StreamWriter = Nothing

            Try
                fs = New FileStream("C:\Users\SISTEMASCPSLP\Desktop\titulacion\Archivo.txt", FileMode.Append,
                FileAccess.Write)
                writer = New StreamWriter(fs)
                writer.Write(CCact & " " & lvdtt & vbCrLf)
            Catch ex As Exception
            Finally
                If writer IsNot Nothing Then
                    writer.Close()
                End If
                If fs IsNot Nothing Then
                    fs.Close()
                End If
            End Try

            'CRONOMETRO
            segundos = tiempo \ 1000
            minutos = segundos \ 60
            segundos = segundos Mod 60
            If segundos = 60 Then
                segundos = 0
            End If
            SEG.Text = Format(segundos, "00")
            MIN.Text = Format(minutos, "00")
            'AGUJA
            BM = New Bitmap(aguja.Image)

```

```

Dim BM2 As Bitmap = New Bitmap(PictureBox2.Width, PictureBox2.Height)
DIBUJO = Graphics.FromImage(BM2)
DIBUJO.SmoothingMode = Drawing2D.SmoothingMode.AntiAlias
DIBUJO.TranslateTransform(CInt(PictureBox2.Width / 2), CInt(PictureBox2.Height / 2))
ANGULO = CCact * 270 / 2267.96 + 90
DIBUJO.RotateTransform(ANGULO)
DIBUJO.DrawImage(BM, 0, 0, aguja.Width, aguja.Height)
DIBUJO.ResetTransform()
PictureBox2.Image = BM2
Elseif AxDataqSdk1.AvailableData > 0 And M1 = 1 Then
v = AxDataqSdk1.GetData
lvdt = Val(v(0, 0))
lvdt0 = Val(v(0, 0))
ccarga = Val(v(1, 0))
lvdt = Val(v(0, 0))
End If
Catch ex As Exception
AxDataqSdk1.Stop()
Timer1.Enabled = False
Paro.Enabled = False
inicio.Enabled = True
SerialPort1.Write("4")
MsgBox("error", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
End Try
End Sub
"SEGMENTO 2
Private Sub Form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Me.Load
ChannelList(0) = 0
ChannelList(1) = 1
ChannelList(2) = 2
Chart1.ChartAreas(0).AxisX.Title = "Deformación Unitaria (mm/mm)"
Chart1.ChartAreas(0).AxisY.Title = "Esfuerzo (Kgf/cm^2)"

" colocar aguja a 90 grados
BM = New Bitmap(aguja.Image)
Dim BM2 As Bitmap = New Bitmap(PictureBox2.Width, PictureBox2.Height)
DIBUJO = Graphics.FromImage(BM2)
DIBUJO.SmoothingMode = Drawing2D.SmoothingMode.AntiAlias
DIBUJO.TranslateTransform(CInt(PictureBox2.Width / 2), CInt(PictureBox2.Height / 2))
DIBUJO.RotateTransform(90)
DIBUJO.DrawImage(BM, 0, 0, aguja.Width, aguja.Height)
DIBUJO.ResetTransform()
PictureBox2.Image = BM2
End Sub
"SEGMENTO 3
Private Sub InstrumentosToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
InstrumentosToolStripMenuItem.Click
Calibrar.Show()
End Sub
"SEGMENTO 4
Private Sub TablaDeDatosToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TablaDeDatosToolStripMenuItem.Click
listadedatos.Visible = Not listadedatos.Visible
TablaDeDatosToolStripMenuItem.Checked = Not TablaDeDatosToolStripMenuItem.Checked
End Sub

Private Sub ExportarATablaDeExcelToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
ExportarATablaDeExcelToolStripMenuItem.Click
Dim xlApp As Excel.Application = New Excel.Application

xlApp.SheetsInNewWorkbook = 1

Dim xlWorkBook As Excel.Workbook = xlApp.Workbooks.Add
Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet = xlWorkBook.Worksheets.Item(1)

xlWorkSheet.Name = "ejemplo"
xlWorkSheet.Cells(1, 1) = "LVDT" + IblUnitlvdt.Text
xlWorkSheet.Cells(1, 2) = "Celda de carga" + IblUnidCC.Text
xlWorkSheet.Cells(1, 3) = "Tempo (ms)"
xlWorkSheet.Cells(1, 3) = "LVDT(bits)"
xlWorkSheet.Cells(1, 3) = "CCARGA (bits)"
For nRow = 0 To listadedatos.Rows.Count - 1
For nCol = 0 To listadedatos.Columns.Count - 1
xlWorkSheet.Cells(nRow + 2, nCol + 1) = listadedatos.Rows(nRow).Cells(nCol).Value
Next
Next
Next

```

```

xlApp.DisplayAlerts = False
xlApp.Visible = True
End Sub
"SEGMENTO 4
Private Sub valcal_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs) Handles valcal.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        al = valcal.Text
    End If
End Sub
Private Sub CONECTARToolStripMenuItem1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
CONECTARToolStripMenuItem1.Click
    Call ToolStripButton3_Click(sender, e)
End Sub
"SEGMENTO 5
Private Sub inicio_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles inicio.Click
    File.WriteAllText("C:\Users\SISTEMASCPSLP\Desktop\titulacion\Archivo.txt", String.Empty)
    Dim fs As FileStream = Nothing
    Dim writer As StreamWriter = Nothing

    Try
        fs = New FileStream("C:\Users\SISTEMASCPSLP\Desktop\titulacion\Archivo.txt", FileMode.Append, FileAccess.Write)
        writer = New StreamWriter(fs)
        writer.Write("CCARGA: " & lblUnidCC.Text & " " & "LVDT: " & lblUnidlvdt.Text & vbCrLf)
    Catch ex As Exception
    Finally
        If writer IsNot Nothing Then
            writer.Close()
        End If
        If fs IsNot Nothing Then
            fs.Close()
        End If
    End Try

    SEG.Text = "00"
    MIN.Text = "00"
    If Microsoft.VisualBasic.Left(puertDL, 3) = "COM" Then
        If Microsoft.VisualBasic.Left(puertARD, 3) = "COM" Then
            AxDataqSdk1.Start()
            M1 = 1
            Timer1.Interval = 100
            Timer1.Enabled = True
            SerialPort1.Write("0")
            Paro.Enabled = True
            inicio.Enabled = False
        Else
            MsgBox("Arduino desconectado", MsgBoxStyle.OkOnly, "Atención")
        End If
    Else
        MsgBox("Datalogger desconectado", MsgBoxStyle.OkOnly, "Atención")
    End If
End Sub

Private Sub ToolStripButton1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Paro.Click
    AxDataqSdk1.Stop()
    Timer1.Enabled = False
    Paro.Enabled = False
    inicio.Enabled = True
    Try
        SerialPort1.Write("4")
    Catch ex As Exception
        MsgBox("Arduino desconectado", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
        SerialPort1.Close()
        ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
    End Try
End Sub
" SEGMENTO6
Private Sub ToolStripButton1_Click_1(sender As Object, e As EventArgs) Handles ToolStripButton1.Click
    Chart1.Series(0).Points.Clear()
    listadedatos.Rows.Clear()
    SEG.Text = 0
    MIN.Text = 0
End Sub

"SEGMENTO 7
Private Sub ToolStripButton3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles conectar.Click
    Timer2.Enabled = True

```

```

' Crea una consulta para obtener información de los dispositivos COM.
Dim query As New SelectQuery("Win32_PnPEntity", "Name LIKE '%(COM%)'")
' Crea un objeto ManagementObjectSearcher para ejecutar la consulta.
Dim searcher As New ManagementObjectSearcher(query)
' Recorre todos los dispositivos COM encontrados y muestra su información en una lista.
For Each device As ManagementObject In searcher.Get()
    ' Obtiene el nombre del dispositivo y su puerto COM
    Dim name As String = device.GetProperty("Name").ToString()
    Dim port As String = name.Substring(name.LastIndexOf("(") + 1).Replace("(", "")
    ' Agrega una nueva entrada a la lista con el nombre y el puerto COM del dispositivo
    If name = "USB-SERIAL CH340 (" + port + ")" Then
        ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = port
    End If
    If name = "DATAQ DI-718-USB (" + port + ")" Then
        DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Text = port
    End If
Next

End Sub
" SEGMENTO 8
Private Sub ToolStripButton2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles ToolStripButton2.Click
    Dim img As New Bitmap(Chart1.Width, Chart1.Height)
    Chart1.DrawToBitmap(img, New Rectangle(Point.Empty, img.Size))
    img.Save("Diagrama.bmp")
    Process.Start("Diagrama.bmp")
End Sub
" SEGMENTO 9
Private Sub ToolStripButton4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles ToolStripButton4.Click
    Try
        SerialPort1.Write("1")
        M1 = 1
    Catch ex As Exception
        MsgBox("Arduino desconectado", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
        SerialPort1.Close()
        ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
    End Try
End Sub

Private Sub ToolStripButton3_Click_1(sender As Object, e As EventArgs) Handles ToolStripButton3.Click
    Try
        SerialPort1.Write("0")
        M1 = 1
    Catch ex As Exception
        MsgBox("Arduino desconectado", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
        SerialPort1.Close()
        ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
    End Try
End Sub

Private Sub ToolStripButton5_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles ToolStripButton5.Click
    Try
        SerialPort1.Write("4")
        M1 = 0
    Catch ex As Exception
        MsgBox("Arduino desconectado", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
        SerialPort1.Close()
        ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
    End Try
End Sub
" SEGMENTO 10
Private Sub Timer3_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer3.Tick
    'If ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Count > My.Computer.Ports.SerialPortNames.Count And Not
conectar.Enabled Then
    'Dim respuesta As Integer
    'CONNECTARToolStripMenuItem1.Enabled = True
    'respuesta = MsgBox("Se desconecto un dispositivo", vbYes, "confirmo")
    'ARDUINOToolStripMenuItem.Checked = False
    'SimbArduino.Enabled = False
    'SerialPort1.Close()
    'conectar.Enabled = True
    'DATALOGGERToolStripMenuItem.Checked = False
    'SimbDATAQ.Enabled = True
    'ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
    'DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
    'ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Clear()
    'For Each PuertosDisponibles As String In My.Computer.Ports.SerialPortNames

```

```

'ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Add(PuertosDisponibles)
'Next
'End If
'CONTADOR PARA SEGURIDAD
If CONTADOR < 5000 And M1 = 1 Then
  If CONTADOR < 1000 And CONTADOR >= 0 Then
    Label3.Text = "5"
  End If
  If CONTADOR < 2000 And CONTADOR > 1000 Then
    Label3.Text = "4"
  End If
  If CONTADOR < 3000 And CONTADOR > 2000 Then
    Label3.Text = "3"
  End If
  If CONTADOR < 4000 And CONTADOR > 3000 Then
    Label3.Text = "2"
  End If
  If CONTADOR < 5000 And CONTADOR > 4000 Then
    Label3.Text = "1"
  End If
  CONTADOR = CONTADOR + 100
Elseif CONTADOR = 5000 And M1 = 1 Then
  M1 = 0
  CONTADOR = 100
  Label3.Text = ""
Else
  CONTADOR = 100
End If
'ODIGO PARA COLOCAR EL PUERTO MANUALMENTE DEL ARDUINO
Try
  If ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado" Then
    If My.Computer.Ports.SerialPortNames.Count > ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Count Then
      ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Clear()
      For Each PuertosDisponibles As String In My.Computer.Ports.SerialPortNames
        ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Add(PuertosDisponibles)
      Next
    End If
  End If
  If Microsoft.VisualBasic.Left(ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text, 3) = "COM" And SimbArduino.Enabled =
False Then
    puertARD = ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text
    Module1.ARDUINO = puertARD
    ARDUINOToolStripMenuItem.Checked = True
    SimbArduino.Enabled = True
    SerialPort1.PortName = puertARD
    SerialPort1.Open()
    SerialPort1.Write(New Byte() {27, 0}, 0, 2)
  End If
  For Each PuertosDisponibles As String In My.Computer.Ports.SerialPortNames
    DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Add(PuertosDisponibles)

    If Microsoft.VisualBasic.Left(ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text, 3) = "COM" And Not SerialPort1.IsOpen
And PuertosDisponibles = puertARD Then
      'ArduinoDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado"
      SerialPort1.Open()
    End If
  Next
Catch ex As Exception
  MsgBox("error de conexion", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
End Try
'ODIGO PARA COLOCAR EL PUERTO MANUALMENTE DEL DATALOGGER
If DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Text = "Desconectado" Then
  If My.Computer.Ports.SerialPortNames.Count > DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Count Then
    DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Clear()
    For Each PuertosDisponibles As String In My.Computer.Ports.SerialPortNames
      DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Items.Add(PuertosDisponibles)
    Next
  End If
End If

If Microsoft.VisualBasic.Left(DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Text, 3) = "COM" And SimbDATAQ.Enabled = False
Then
  puertDL = DataqDesconectadoToolStripMenuItem.Text
  Module1.DATALOG = puertDL
  DATALOGGERToolStripMenuItem.Checked = True
  SimbDATAQ.Enabled = True

```

```

AxDataqSdk1.DeviceDriver = "DI103NT.DLL"
AxDataqSdk1.DeviceID = puertDL + " 718 9600"
AxDataqSdk1.SampleRate = 100
AxDataqSdk1.ADChannelCount = 3
AxDataqSdk1.EventPoint = 2
AxDataqSdk1.ADChannelList(ChannelList)
End If
If SimbArduino.Enabled = True And SimbDATAQ.Enabled = True Then
    CONECTARToolStripMenuItem1.Enabled = False
    conectar.Enabled = False
End If
'actualizacion constante de datos
dimf = Module1.Dimensionfuerza
dimdef = Module1.DimensionDefor
dimesf = Module1.DimensionEsfuer
Chart1.ChartAreas(0).AxisX.Title = "Deformación Unitaria (" + Module1.UnidadesDeforUni + ")"
Chart1.ChartAreas(0).AxisY.Title = "Esfuerzo (" + Module1.UnidadesEsfuer + ")"
Chart1.ChartAreas(0).AxisX.IsStartedFromZero = True
Chart1.ChartAreas(0).AxisY.IsStartedFromZero = True
IblUnitlvdt.Text = Module1.UnidadesDefor
IblUnitlvdt2.Text = Module1.UnidadesDeforUni
IblUnidCC.Text = Module1.unidadesfuerza
IblUnidCC2.Text = Module1.UnidadesEsfuer
Area = (3.14159265359 * (Module1.Diametro * 0.1) ^ 2) / 4
L0 = Module1.LongInic * dimdef
BCCARGA = Module1.PebdCCARGA
BLVDT = Module1.PendLVDT

End Sub

Private Sub ParametrosToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
ParametrosToolStripMenuItem.Click
    parametros.Show()
End Sub

End Class

```

Pantalla de calibración

```

Imports System.Drawing
Imports System.Drawing.Drawing2D
Imports System.IO
Imports System.IO.Ports
Imports System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
Imports System.Math
Public Class Calibrar
    Dim v(,) As Short

```

```

Dim Channellist(32) As Integer
Dim CCact As Double = 0
Dim lvdtt As Double = 0
Dim al As String = "0.3"
Dim PuertoDL As String = ""
Dim PuertoArduino As String = ""
Dim alfa As Double = 0
Dim lvdT As Double
Dim lvdT1 As Double
Dim lvdT0 As Double
Dim Cmax As Double = 0
Dim ccarga As Double
Dim ccarga1 As Double
Dim Fccarga(10) As Double
Dim TIEMPO As Double
Dim CONTADOR As Double = 100

Private Sub btnConectar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnConectar.Click
    PuertoDL = Module1.DATALOG
    If Microsoft.VisualBasic.Left(PuertoDL, 3) = "COM" Then
        AxDataqSdk1.DeviceDriver = "DI103NT.DLL"
        AxDataqSdk1.DeviceID = PuertoDL + " 718 9600"
        AxDataqSdk1.SampleRate = 100
        AxDataqSdk1.ADChannelCount = 3
        AxDataqSdk1.EventPoint = 2
        AxDataqSdk1.ADChannellist(Channellist)
        AxDataqSdk1.Start()
        Timer2.Interval = 100
        Timer2.Enabled = True
        btnDesconectar.Enabled = True
        btnConectar.Enabled = False
        If AxDataqSdk1.AvailableData > 0 Then
            v = AxDataqSdk1.GetData
            ccarga = Val(v(1, 0))
            ccarga1 = Round((ccarga * 0.0953 - 147.86), 2)
            lvdT = Val(v(0, 0))
            lvdT0 = Val(v(0, 0))
            lvdT1 = Round((lvdT * 0.0015), 3)
        End If
    Else
        MsgBox("Datalogger desconectado", MsgBoxStyle.OkOnly, "Atención")
    End If
End Sub

Private Sub btnDesconectar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnDesconectar.Click
    ComboBox1.Items.Clear()
    ComboBox1.Text = ""
    AxDataqSdk1.Stop()
    Timer2.Enabled = False
    btnDesconectar.Enabled = False
    btnConectar.Enabled = True
End Sub

Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Timer2.Tick
    Dim ccarga2 As Double = 0
    If AxDataqSdk1.AvailableData > 0 Then
        v = AxDataqSdk1.GetData
        alfa = Val(al)
        lvdT = ((alfa * Val(v(0, 0))) + ((1 - alfa) * lvdT))
        ccarga = ((alfa * Val(v(1, 0))) + ((1 - alfa) * ccarga))
        TextBox4.Text = lvdT.ToString
        TextBox5.Text = ccarga.ToString
        lvdtt = Round(lvdT * 0.0015, 3)
        lblldT.Text = (lvdtt).ToString
        CCact = Round((ccarga * 0.0953 - 147.86), 2)
        If CCact > Cmax Then
            Cmax = CCact
        End If
        lblCC.Text = CCact.ToString
    End If
End Sub

```

```

    If CCact > (ccarga1 + 2) Then
        ccarga1 = ccarga1 + 1
    End If
    If CCact < (ccarga1 - 2) Then
        ccarga1 = ccarga1 - 1
    End If
    If lvdtt > (lvdt1 + 0.06) Then
        lvdt1 = lvdt1 + 0.01
    End If
    If lvdtt < (lvdt1 - 0.06) Then
        lvdt1 = lvdt1 - 0.01
    End If
    lblldtmax.Text = lvdt1.ToString
    lblCCmax.Text = Cmax.ToString

End If
End Sub

Private Sub Form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Me.Load
    Channellist(0) = 0
    Channellist(1) = 1
    Channellist(2) = 2
    btnDesconectar.Enabled = False

End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
    al = coeficiente.Text
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles exportexcel.Click
    Dim xlApp As Excel.Application = New Excel.Application

    xlApp.SheetsInNewWorkbook = 1

    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook = xlApp.Workbooks.Add
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet = xlWorkBook.Worksheets.Item(1)

    xlWorkSheet.Name = "ejemplo"
    xlWorkSheet.Cells(1, 1) = "Celda de carga"
    xlWorkSheet.Cells(1, 2) = "Valor en Kg"
    xlWorkSheet.Cells(1, 3) = "LVDT"
    xlWorkSheet.Cells(1, 4) = "valor en mm"
    For nRow = 0 To lalistadedatos.Rows.Count - 1
        For nCol = 0 To lalistadedatos.Columns.Count - 1
            xlWorkSheet.Cells(nRow + 2, nCol + 1) =
lalistadedatos.Rows(nRow).Cells(nCol).Value
        Next nCol
    Next nRow
    xlApp.DisplayAlerts = False
    xlApp.Visible = True
End Sub

Private Sub registrar_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles registrar.Click
    lalistadedatos.Rows.Add(Val(TextBox5.Text), Val(TextBox2.Text), Val(TextBox4.Text),
Val(TextBox1.Text))
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
    Try
        If CONTADOR < 5000 Then
            If CONTADOR < 1000 And CONTADOR >= 0 Then
                Label4.Text = "5"
            End If
            If CONTADOR < 2000 And CONTADOR > 1000 Then
                Label4.Text = "4"
            End If
            If CONTADOR < 3000 And CONTADOR > 2000 Then
                Label4.Text = "3"
            End If
            If CONTADOR < 4000 And CONTADOR > 3000 Then

```

```

        Label4.Text = "2"
    End If
    If CONTADOR < 5000 And CONTADOR > 4000 Then
        Label4.Text = "1"
    End If
    CONTADOR = CONTADOR + 100
End If
If CONTADOR >= 5000 And CONTADOR <= TIEMPO Then
    Label4.Text = ""
    CONTADOR = CONTADOR + 100
End If
If CONTADOR > TIEMPO Then
    Form1.SerialPort1.Write("4")
    Timer1.Enabled = False
    Button2.Enabled = True
    CONTADOR = 100
End If
Catch ex As Exception
    Timer1.Enabled = False
    MsgBox("error arduino desconectado", MsgBoxStyle.Critical, "Atención")
End Try

```

End Sub

```
Private Sub Button2_Click_1(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
```

```

    If Form1.SerialPort1.IsOpen Then
        Timer1.Interval = 100
        Timer1.Enabled = True
        Button2.Enabled = False
        TIEMPO = Val(Recorrido.Text) * 1000
        If TIEMPO >= 0 Then
            Form1.SerialPort1.Write("1")
            TIEMPO = TIEMPO + 5000
        Else
            Form1.SerialPort1.Write("0")
            TIEMPO = TIEMPO - 5000
        End If
        TIEMPO = Abs(TIEMPO)
    Else
        MsgBox("Arduino desconectado", MsgBoxStyle.OkOnly, "Atención")
    End If
End Sub

```

End Sub

```
Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button3.Click
    Module1.PebdCCARGA = Val(TextBox3.Text)
    Module1.PendLVDT = Val(TextBox6.Text)
End Sub

```

End Sub

End Class

Pantalla de parametros

Unidades

Fuerza Esfuerzo

Deforción Deforción Unitaria

Dimensiones de probeta en mm

Longitud (mm)

Diametro (mm)

Area = 63.617 mm²

Aplicar

```
Imports System.Math
Public Class parametros
    Dim area As Double
    Private Sub ComboBox4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles ComboBox4.Click
        If ComboBox4.Text = "mm" Then
            TextBox1.Text = "mm/mm"
        ElseIf ComboBox3.Text = "cm" Then
            TextBox1.Text = "cm/cm"
        ElseIf ComboBox3.Text = "plg" Then
            TextBox1.Text = "plg/plg"
        End If
    End Sub

    Private Sub AplicarToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
    AplicarToolStripMenuItem.Click
        If ComboBox3.Text = "Kgf" Then
            Module1.Dimensionfuerza = 1
            Module1.unidadesfuerza = "Kgf"
        ElseIf ComboBox3.Text = "N" Then
            Module1.Dimensionfuerza = 9.80665
            Module1.unidadesfuerza = "N"
        ElseIf ComboBox3.Text = "Lbf" Then
            Module1.Dimensionfuerza = 2.20462
            Module1.unidadesfuerza = "Lbf"
        End If
        If ComboBox4.Text = "mm" Then
            Module1.DimensionDefor = 1
            Module1.UnidadesDefor = "mm"
            TextBox1.Text = "mm/mm"
            Module1.UnidadesDeforUni = "mm/mm"
        ElseIf ComboBox4.Text = "cm" Then
            Module1.DimensionDefor = 0.1
            Module1.UnidadesDefor = "cm"
            TextBox1.Text = "cm/cm"
            Module1.UnidadesDeforUni = "cm/cm"
        ElseIf ComboBox4.Text = "plg" Then
            Module1.DimensionDefor = 0.0393701
            Module1.UnidadesDefor = "plg"
            TextBox1.Text = "plg/plg"
            Module1.UnidadesDeforUni = "plg/plg"
        End If
        If ComboBox2.Text = "Kgf/cm^2" Then
            Module1.DimensionEsfuer = 1
            Module1.UnidadesEsfuer = "Kgf/cm^2"
        ElseIf ComboBox2.Text = "Kgf/mm^2" Then
            Module1.DimensionEsfuer = 0.01
            Module1.UnidadesEsfuer = "Kgf/mm^2"
        ElseIf ComboBox2.Text = "N/cm^2" Then
```

```

Module1.DimensionEsfuer = 9.80665
Module1.DimensionEsfuer = "N/cm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "KN/cm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 0.00980665
Module1.UnidadesEsfuer = "KN/cm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "KN/mm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 0.000980665
Module1.UnidadesEsfuer = "KN/mm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "Pa" Then
Module1.DimensionEsfuer = 98066.5
Module1.UnidadesEsfuer = "Pa"
ElseIf ComboBox2.Text = "KPa" Then
Module1.DimensionEsfuer = 98.0665
Module1.UnidadesEsfuer = "KPa"
ElseIf ComboBox2.Text = "MPa" Then
Module1.DimensionEsfuer = 0.0980665
Module1.UnidadesEsfuer = "MPa"
End If
Module1.LongInic = Val(TextBox2.Text)
Module1.Diametro = Val(TextBox3.Text)
area = Round(3.14159265359 * (Val(TextBox3.Text) ^ 2) / 4, 3)
Label8.Text = area.ToString
End Sub
Private Sub Form1_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Me.FormClosing
If ComboBox3.Text = "Kgf" Then
Module1.Dimensionfuerza = 1
Module1.unidadesfuerza = "Kgf"
ElseIf ComboBox3.Text = "N" Then
Module1.Dimensionfuerza = 9.80665
Module1.unidadesfuerza = "N"
ElseIf ComboBox3.Text = "Lbf" Then
Module1.Dimensionfuerza = 2.20462
Module1.unidadesfuerza = "Lbf"
End If
If ComboBox4.Text = "mm" Then
Module1.DimensionDeform = 1
Module1.UnidadesDeform = "mm"
TextBox1.Text = "mm/mm"
Module1.UnidadesDeformUni = "mm/mm"
ElseIf ComboBox4.Text = "cm" Then
Module1.DimensionDeform = 0.1
Module1.UnidadesDeform = "cm"
TextBox1.Text = "cm/cm"
Module1.UnidadesDeformUni = "cm/cm"
ElseIf ComboBox4.Text = "plg" Then
Module1.DimensionDeform = 0.0393701
Module1.UnidadesDeform = "plg"
TextBox1.Text = "plg/plg"
Module1.UnidadesDeformUni = "plg/plg"
End If
If ComboBox2.Text = "Kgf/cm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 1
Module1.UnidadesEsfuer = "Kgf/cm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "Kgf/mm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 0.01
Module1.UnidadesEsfuer = "Kgf/mm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "N/cm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 9.80665
Module1.DimensionEsfuer = "N/cm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "KN/cm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 0.00980665
Module1.UnidadesEsfuer = "KN/cm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "KN/mm^2" Then
Module1.DimensionEsfuer = 0.000980665
Module1.UnidadesEsfuer = "KN/mm^2"
ElseIf ComboBox2.Text = "Pa" Then
Module1.DimensionEsfuer = 98066.5
Module1.UnidadesEsfuer = "Pa"
ElseIf ComboBox2.Text = "KPa" Then
Module1.DimensionEsfuer = 98.0665

```

```

        Module1.UnidadesEsfuer = "KPa"
    ElseIf ComboBox2.Text = "MPa" Then
        Module1.DimensionEsfuer = 0.0980665
        Module1.UnidadesEsfuer = "MPa"
    End If
    Module1.LongInic = Val(TextBox2.Text)
    Module1.Diametro = Val(TextBox3.Text)
    area = Round(3.14159265359 * (Val(TextBox3.Text) ^ 2) / 4, 3)
    Label18.Text = area.ToString
End Sub

```

```
End Class
```

Se maneja un apartado Module 1

```

Module Module1
    Public Dimensionfuerza As Double = 1
    Public unidadesfuerza As String = "Kgf"
    Public DimensionDefor As Double = 1
    Public UnidadesDefor As String = "mm"
    Public UnidadesDeforUni As String = "mm/mm"
    Public DimensionEsfuer As Double = 1
    Public UnidadesEsfuer As String = "Kgf/cm^2"
    Public LongInic As Double = 50
    Public Diametro As Double = 6.5
    Public DATALOG As String
    Public ARDUINO As String
    Public PendLVDT As String = 0.0015
    Public PebdCCARGA As String = 0.0960997
End Module

```

CODIGO DE ARDUINO

```

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
int dato;
void setup()
{
    sensors.begin();
    Serial.begin(9600);
    pinMode(3,OUTPUT);
    pinMode(5,OUTPUT);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(3,HIGH);
}
void loop()
{
    if (Serial.available(>0){
        dato=Serial.read();
        switch(dato){
            case '0':(
                digitalWrite(3,HIGH);
                delay(5250);
                digitalWrite(5,LOW);
            )
            case '1':(
                digitalWrite(5,HIGH);

```

```
    delay(5250);  
    digitalWrite(3,LOW);  
  )  
  case '2'(  
    sensors.requestTemperatures();  
    Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));  
    Serial.flush();  
  )  
  case '3'(  
    digitalWrite(5,HIGH);  
    digitalWrite(3,HIGH);  
    delay(100);  
  )  
}  
}  
}
```

ANEXO E

FICHAS TECNICAS

MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCION IIME

CARACTERÍSTICAS DATALOGGER DI-781B

CARACTERISTICAS DE CELDA DE CARGA TIPO S 5000 LBF Y 500 LBF

CARACTERISTICAS DE SENSOR DIFERENCIAL DE DISTANCIA LVDT

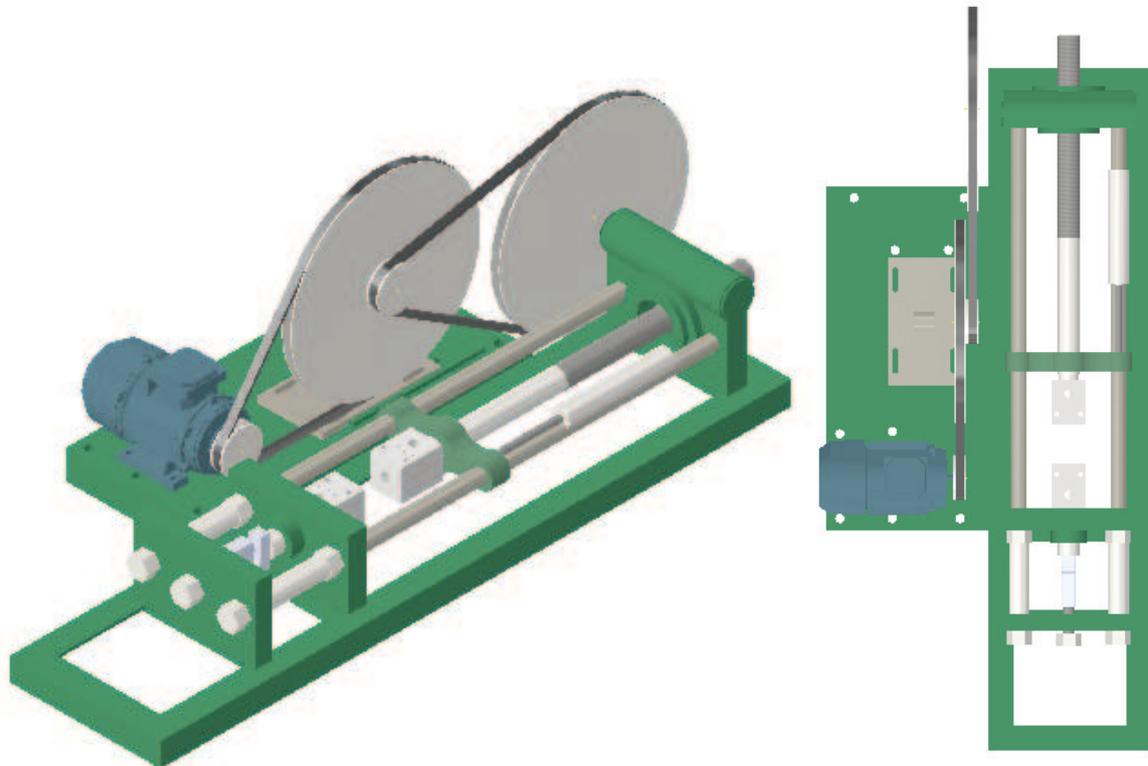
CARACTERISTICAS ARDUINO NANO

DATASHEET DE TRANSISTOR BC548

DATASHEET DE OPTOACOPLADOR 4N35

MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCION IIME

Información Máquina de ensayo de tracción

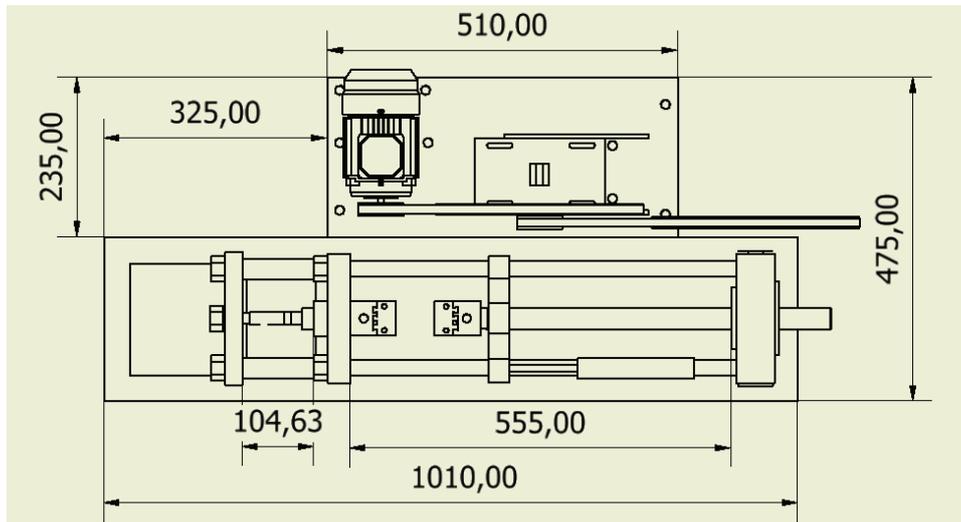


La máquina de ensayo de tracción realiza pruebas estandarizadas según la norma para aceros ASTM E8/E8M para aceros y UNE-ISO 5893 para plásticos. Cuenta con un software intuitivo.

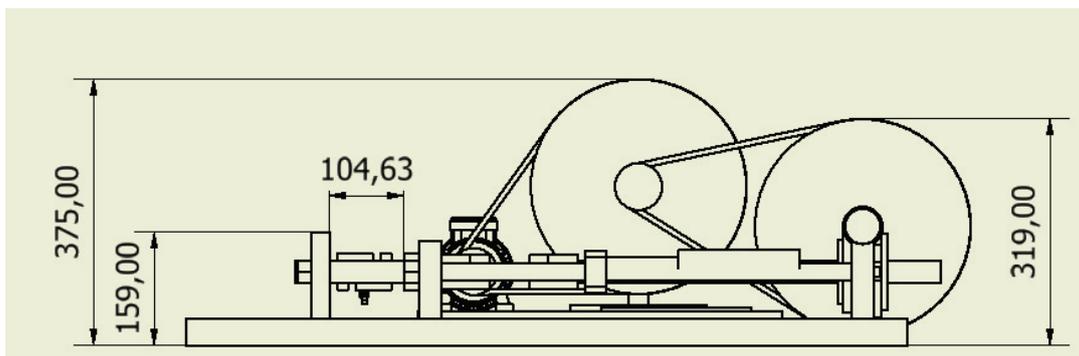
- Realiza pruebas a velocidad constante, esta velocidad ésta dentro de la norma ASTM E8/E8M.
- Se permite realizar pruebas hasta por 150% de la carga nominal de las celdas de carga que oscilan entre 2 toneladas.
- Paro automático en caso de sobrecarga de cierto valor de tracción limite y si se supera la temperatura de trabajo del motor de corriente alterna.
- Control manual y automático mediante el software y paro de emergencia manual.
- Opción a cambiar instrumentos de medición, siempre y cuando estén dentro del rango de tensión de lectura.



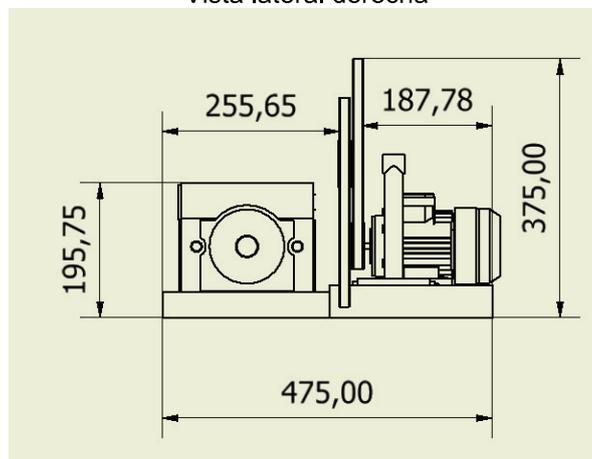
DIMENSIONES



Vista principal



Vista lateral derecha



Vista superior

FICHA TECNICA

Datos tecnicos		
DATO	REFERENCIA	UNIDAD
	Datos tecnicos generales de la maquina de ensayo de traccion	
Temperatura ambiente	10.....35	°C
Conformidad	ASTM E8/E8M y UNE-ISO 5893	
	Sistema de control	
Motor	Motor AC monofasico de fase partida	
controlador	Arduino nano	
control de temperatura	Si	
Comunicación	USB	
	Alimentacion	
Tension admisible	230	Vac
puesta a tierra	no	
Fuente interna	12	Vdc
	Electronica de la maquina	
Ranura para celda de carga	1	
ranura para sensor LVDT	1	
Medicion de fuerza	< 4000	Kg
rango de medicion	Fmax celda de carga	
Resolucion de medición	15 bits	
frecuencia de muestreo	100	Hz
correccion de punto cero	Automatico, al inicio de la prueba	
temperatura limite	130 en bobina de motor	
tarjeta de adquisicion	Datalogger DI-781b DATAQ	
reconocimiento de puertos	automatico	
	Datos	
filtro	Kalman	
error de medida de fuerza	±2	Kg
error medida de desplazamiento	± 0,03	mm
error de medida de deformación	dependiente del error del diametro medido	
error de deformacion unitaria	dependiente del error de la longitud medida	
rango de tension de medida para LVDT	± 10	V
rango de tension de medida para celda de carga	± 50	mV

Algunos valores dependen del instrumento que se conecte a este y los límites de esfuerzo en el mecanismo de transmisión.

RECOMENDACIONES

DE MANEJO

- a) Antes de realizar cada prueba, verificar que la pieza este bien sujeta y de forma paralela al tornillo de potencia.
- b) Comprobar que los instrumentos estén correctamente conectados a la caja de control.
- c) Verificar que el interruptor termomagnético este arriba.
- d) No sobrepasar las 4 toneladas de prueba, a menos que se cambie la correa.
- e) Mantener una distancia considerable por seguridad al lugar de la prueba.
- f) Antes de quitar el paro de emergencia, verificar que la máquina no esté en tracción o compresión mediante el software y el control manual.

DE MANTENIMIENTO

- a) Inspección regular: Verifica el estado de las correas de transmisión en busca de desgaste, grietas, desgarros o cualquier otro daño. Si encuentras alguna anomalía, reemplaza la correa de inmediato.
- b) Tensión adecuada: Asegúrate de que las correas estén correctamente tensadas entre el 5% y 8% de su tensión máxima cuando la máquina esta parada. Una tensión inadecuada puede afectar el rendimiento y la vida útil de la correa.
- c) Limpieza: Mantén las correas limpias y libres de polvo, aceite u otros contaminantes que puedan reducir la fricción y el agarre. Utiliza un paño limpio o una solución de limpieza suave para eliminar la suciedad acumulada.
- d) Engrasar mensualmente el tornillo sin fin. O trimestral si no se da mucho uso.
- e) Utilizar engranajes de viscosidad media a alta con propiedades EP (extrema presión) y resistente a la oxidación.
- f) Asegúrate de aplicar la cantidad adecuada de lubricante en el tornillo sin fin. Demasiado o muy poco lubricante puede afectar el rendimiento y la vida útil del sistema.
- g) Inspección visual: Realiza inspecciones regulares para verificar el estado del tornillo de potencia. Busca signos de desgaste, corrosión o daños en las roscas.
- h) Antes de realizar cada prueba lubricarlo correctamente, protegerlo de su exposición a la humedad, Mantenlo limpio y protegido contra la corrosión. Si es necesario, utiliza un lubricante o recubrimiento anticorrosivo recomendado para proteger la superficie.

Guía de selección del módulo de acondicionamiento de señal DI-8B

Cada módulo DI-8B es una entrada analógica aislada de un solo canal diseñada para una medida específica. Los módulos filtran, aíslan, amplifican y convierten las señales de entrada en una señal analógica de alto nivel adecuada para la conversión A / D. Más de 50 módulos abordan el espectro completo de medidas industriales.

Características clave

- Enfoque convergente, flexible y de combinación y combinación.
- El aislamiento total reduce el ruido y lo protege a usted ya su equipo de voltajes grandes en modo común.
- Tamaño pequeño 1,105" x 1,65" x 0,40".

Especificaciones comunes

- Aislamiento de entrada a salida de 1000V.
- Aislamiento de canal a canal de 500V.
- Protección de entrada 240 VAC.
- Rechazo de modo común de 160db.

Módulos de entrada de voltaje (3Hz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B30-01	± 10mV
DI-8B30-02	± 50 mV
DI-8B30-03	± 100 mV
DI-8B31-01	± 1V
DI-8B31-02	± 5 V
DI-8B31-03	± 10 V
DI-8B31-07	± 20 V
DI-8B31-09	± 40 V
DI-8B31-12	± 60 V

Módulos de entrada de corriente (3Hz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B32-01	4 a 20 mA
DI-8B32-02	0 a 20 mA

RMS verdadero aislado en poner módulos	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B33-01	0mV hasta 100mV
DI-8B33-02	0V a 1V
DI-8B33-03	0V hasta 10V
DI-8B33-04	0V hasta 100V
DI-8B33-05	0V hasta 300V

Módulos RTD linealizados de 2 o 3 cables (3 Hz BW)		
N° DE MODELO.	Escibe	Rango de entrada
DI-8B34-01	100Ω Pt.	-100 ° C a +100 ° C (-148 ° F a +212 ° F)
DI-8B34-02	100Ω Pt.	0 ° C hasta +100 ° C (+32 ° F a +212 ° F)
DI-8B34-03	100Ω Pt.	0 ° C hasta +200 ° C (+32 ° F a +392 ° F)
DI-8B34-04	100Ω Pt.	0 ° C hasta +800 ° C (+32 ° F a +1112 ° F)

Módulos de entrada de potenciómetro (3Hz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B36-01	0 a 100Ω
DI-8B36-02	0 hasta 500Ω
DI-8B36-03	0 a 1 kΩ
DI-8B36-04	0 a 10 kΩ

Cepa G Módulos de entrada de edad			
N° DE MODELO.	Escibe	Banda ancha	Rango de entrada
DI-8B38-01	Llano	3 kHz	± 10mV, 3mV / V 100 a 10k ±
DI-8B38-02	Llano	3 kHz	30mV, 3mV / V 300 a 10k ±
DI-8B38-05	Llano	3 kHz	20mV, 2mV / V 300 a 10k ±
DI-8B38-31	Llano	3 Hz	10mV, 3mV / V 100 a 10k ±
DI-8B38-32	Llano	3 Hz	30mV, 3mV / V 300 a 10k ±
DI-8B38-35	Llano	3 Hz	20mV, 2mV / V 300 hasta 10k

Módulos RTD linealizados de 4 hilos (1 kHz BW)		
N° DE MODELO.	Escibe	Rango de entrada
DI-8B35-01	100Ω Pt.	-100 ° C a +100 ° C (-148 ° F a +212 ° F)
DI-8B35-02	100Ω Pt.	0 ° C hasta +100 ° C (+32 ° F a +212 ° F)
DI-8B35-03	100Ω Pt.	0 ° C hasta +200 ° C (+32 ° F a +392 ° F)
DI-8B35-04	100Ω Pt.	0 ° C hasta +800 ° C (+32 ° F a +1112 ° F)

Módulos de entrada de voltaje (1 kHz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B40-01	± 10mV
DI-8B40-02	± 50 mV
DI-8B40-03	± 100 mV
DI-8B41-01	± 1V
DI-8B41-02	± 5 V
DI-8B41-03	± 10 V
DI-8B41-07	± 20 V
DI-8B41-09	± 40 V
DI-8B41-12	± 60 V

Módulos de entrada de corriente (100Hz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B42-01	4 a 20 mA
DI-8B42-02	4 a 20 mA

Módulo de entrada DC LVDT (1 kHz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B43-01	-1V a +1V
DI-8B43-02	-2V a +2V
DI-8B43-03	-3V a +3V
DI-8B43-04	-4V a +4V
DI-8B43-05	-5V a +5V
DI-8B43-11	-1V a +1V
DI-8B43-12	-2V a +2V
DI-8B43-13	-3V a +3V
DI-8B43-14	-4V a +4V
DI-8B43-15	-5V a +5V

Módulos de entrada de frecuencia (3Hz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B45-01	0 a 500 Hz
DI-8B45-02	0 a 1 kHz
DI-8B45-03	0 a 3 kHz
DI-8B45-04	0 a 5 kHz
DI-8B45-05	0 a 10 kHz
DI-8B45-06	0 a 25 kHz
DI-8B45-07	0 a 50 kHz
DI-8B45-08	0 a 100 kHz

Entrada de termopar linealizada Módulos (3Hz BW)		
N° DE MODELO.	Escibe	Rango de entrada
DI-8B47J-01	J	0 ° C hasta +700 ° C (+32 ° F a +1400 ° F)
DI-8B47J-02	J	-100 ° C a +300 ° C (-148 ° F a +572 ° F)
DI-8B47J-03	J	0 ° C hasta +500 ° C (+32 ° F a +932 ° F)
DI-8B47J-12	J	-100 ° C a +760 ° C (-148 ° F a +1400 ° F)
DI-8B47K-04	K	0 ° C hasta +1000 ° C (+32 ° F a +1832 ° F)
DI-8B47K-05	K	0 ° C hasta +500 ° C (+32 ° F a +932 ° F)
DI-8B47K-13	K	-100 ° C a +1350 ° C (-148 ° F a +2462 ° F)
DI-8B47K-14	K	0 ° C hasta +1200 ° C (+32 ° F a +2192 ° F)
DI-8B47T-06	T	-100 ° C a +400 ° C (-148 ° F a +752 ° F)
DI-8B47T-07	T	0 ° C hasta +200 ° C (+32 ° F a +392 ° F)

Módulos de entrada de voltaje (20 kHz BW)	
N° DE MODELO.	Rango de entrada
DI-8B50-01	± 20mV
DI-8B50-02	± 50 mV
DI-8B50-03	± 100 mV
DI-8B51-01	± 1V
DI-8B51-02	± 5 V
DI-8B51-03	± 10 V
DI-8B51-07	± 20 V
DI-8B51-09	± 40 V
DI-8B51-12	± 60 V

Especificaciones DI-718B

Presiona Esc para salir de pantalla completa

Entradas analógicas

Número de canales:	8 configurado para entradas analógicas de señal
Configuración de canal:	Definido por el módulo DI-8B
Rango de medición:	Definido por el módulo DI-8B
Precisión:	± 0.25% FSR (a 1800 S / s, modo de promedio)
Resolución:	± 1 parte en 8,192
Impedancia de entrada:	Definido por el módulo DI-8B
<i>(a baja impedancia de entrada)</i>	Definido por el módulo DI-8B
Diafonía de canal a canal rechazo:	-75db @ 100G desequilibrio
Coefficiente de temperatura de compensación:	0,25 µV / °C
Filtrado digital:	Estándar: sobremuestreo condicional Independiente: Ninguno
Error de CJC:	1,5 °C más módulo 8B

Aislamiento (a través de módulos DI-8B)

Entrada a salida:	1000 VCC / CA pico
Canal a canal:	500 VCC / CA pico

Características A / D

Escribe:	Aproximación sucesiva de
Resolución:	14 bits
Monotonicidad:	± 2 LSB
Tiempo de conversión:	89,4 µs

Características de escaneo

Max. tasa de muestreo de rendimiento:	Estándar: 4.800 Hz Independiente: 14.400 Hz*
Min. tasa de muestreo de rendimiento:	Estándar: 0,0034 Hz Independiente: 0,0017 Hz
Max. canales de datos en ejecución:	9 entradas
Tamaño del búfer de memoria:	2 KB

Calibración

Ciclo de calibración:	Un año
Método de calibración:	Software de calibración, incluido.

*Depende de la tarjeta SD utilizada. Las tarjetas SD de baja velocidad pueden muestrear hasta 2000 Hz; Las tarjetas de alta velocidad pueden muestrear hasta 14.400 Hz. Algunas tarjetas de alta velocidad no pueden muestrear tan alto a 14.400 Hz, pero su capacidad solo se puede determinar mediante prueba y error (el modelo 101014-2G ha sido probado y aprobado).

Controles (modelos independientes)

Pulsador único: Proporciona control manual sobre grabación y espera

E / S digital

8Bs: 2 entradas (almacenamiento remoto y eventos remotos)

Niveles de voltaje de entrada: Mn. requerido "1" 2V, Máximo permitido "0" 0,8 V

Interfaz ethernet

Escribe:	10 / 100Base-T
Conector:	RJ-45
Protocolo:	TCP / IP
Tipo de servidor:	DHCP o IP fija

Memoria extraíble (modelos independientes)

Escribe:	SD estándar (no SDHD o SDxC)
Capacidad:	16 MB a 2 GB

Reloj de tiempo real (modelos independientes)

Escribe:	Fecha, hora, minuto, segundo
Resolución:	1 segundo
Precisión:	20 ppm

Tasa de transferencia a PC

Tiempo real:	hasta 4800 muestras por segundo
De la tarjeta de memoria:	hasta 3000 muestras por segundo

General

Indicadores del panel:	LED de modo
Controles del panel:	Botón de control (modelos independientes)
Reservado panel:	Acepta memoria flash de tipo MMC / SD
Conectores de entrada:	Dos bloques de terminales extraíbles de decenas posiciones de 0 °C a 70 °C
Entorno operativo:	Base de aluminio con envoltura de acero.
Recinto:	Base de aluminio con envoltura de acero.
Dimensiones:	51x10-D x 41x-W x 11x-H (13,81-D x 10,48-W x 3,81-Hcm.) 14 oz.
Peso:	14 oz.
Requerimientos de energía:	USB: 9 a 36 VCC, 2 vatios + módulos 8B Ethernet: 9 a 36 VCC, 2,5 vatios + módulos 8B

Indicadores

Modelos independientes:	LED de tres colores que indica grabación, espera y Condiciones de error
Modelos estándar:	LED de encendido

Guía de pedidos

Descripción	N ° de pedido	Descripción	N ° de pedido
Instrumento USB DI-718B-U Registrador de datos USB portátil y de bajo costo con tasas de rendimiento de hasta 4800 Hz y ocho entradas de módulo DI-8B.	DI-718B-U	Instrumento Ethernet DI-718B-E Registrador de datos Ethernet portátil y de bajo costo con tasas de rendimiento de hasta 4800 Hz y ocho entradas de módulo DI-8B.	DI-718B-E
Instrumento autónomo USB DI-718B-US Registrador de datos USB portátil y de bajo costo con tasas de rendimiento de hasta 10,000 Hz, ocho entradas de módulo DI-8B y capacidad independiente.	DI-718B-US	Instrumento autónomo Ethernet DI-718B-ES Registrador de datos Ethernet portátil y de bajo costo con tasas de rendimiento de hasta 10,000 Hz, ocho entradas de módulo DI-8B y capacidad independiente.	DI-718B-ES
WinDAQ /HS-718B Código de identificación para la adquisición de datos de alta velocidad a la PC (rendimiento de 4800Hz).	WinDAQ /HS-718B	Lector de tarjetas SD Lee tarjetas Secure Digital (SD) y MultiMedia (MMC) Recuerdos. Para usar con modelos independientes.	101014-CR
Tarjeta SD Tarjeta SD de 2 GB de baja velocidad (frecuencia de muestreo de hasta 2 kHz) Tarjeta SD de 2 GB de alta velocidad (frecuencia de muestreo de hasta 14,4 kHz)	101014-2GS 101014-2G	Conector de alimentación Conector de alimentación (para clientes que desean proporcionar su propia energía).	100952



DATAQ Instruments,
Inc.241 Springside Drive
Akron, Ohio 44333
Teléfono: 330-668-1444
Fax: 330-666-5434

Enlaces de productos de adquisición de datos

[\(haga clic en el texto para saltar a la página\)](#)

[Adquisición de datos / Registrador de datos](#)

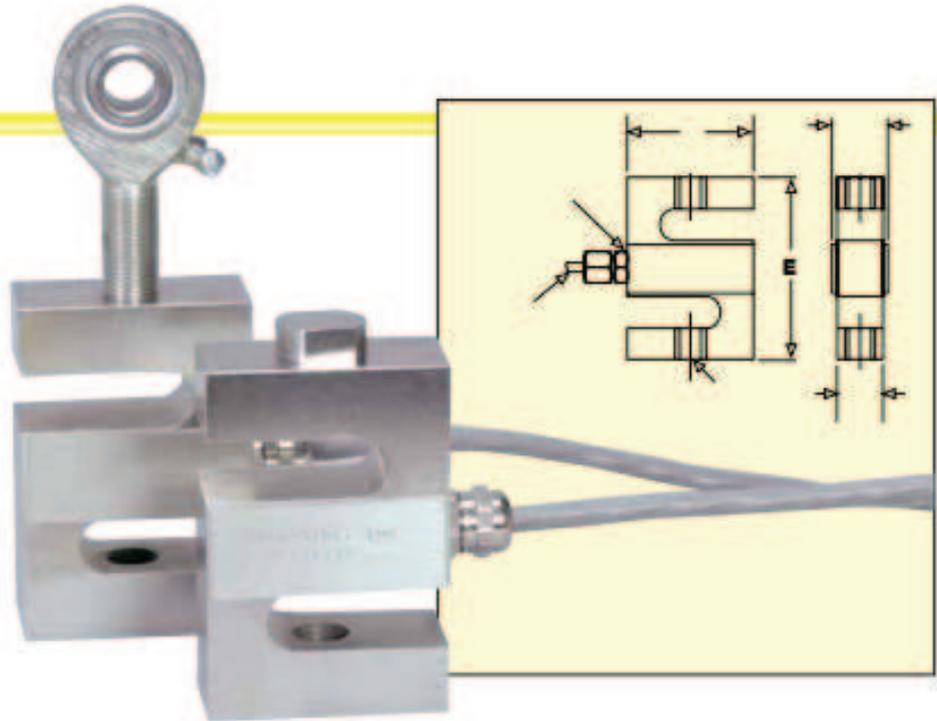
DATAQ, el logotipo de DATAQ y WinDAQ son marcas comerciales registradas de DATAQ Instruments, Inc. Todos los derechos reservados. Copyright © 2014 DATAQ Instruments, Inc.
La información de esta hoja de datos está sujeta a cambios sin previo aviso. Los módulos DI-8B están diseñados y fabricados por Dataforth Corporation.

CARACTERISTICAS DE CELDA DE CARGA TIPO S 5000 LBF Y 500 LBF

ACERO INOXIDABLE
Alta precisión,
PRECIO ECONOMICO

Tensión / Compresión
LCM101 (estilo de cable)
LCM111 (estilo conector)
10 kgf a 10,000 kgf

**LCM101 /
Serie LCM111**



U Todo acero inoxidable
para industrias duras
Aplicaciones

U 0.25% intercambiabilidad
para múltiples aplicaciones de
celdas de carga

U Calibrado en tensión U
Calibración de 5 puntos

Dimensiones: mm (pulgadas)

CAPACIDAD (kgf)	A	B	C	D	mi	Peso kg (libras)
10 hasta 100	M6 x 1,00	19 (0,75)	13 (0,50)	38 (1,5)	64 (2,5)	0,45 (1,0)
250 hasta 1000	M12 x 1,75	30 (1,17)	25 (1,0)	51 (2,0)	76 (3,0)	1,1 (2,5)
1500 hasta 2000	M16 x 2,0	32 (1,25)	25 (1,0)	51 (2,5)	89 (3,5)	1,6 (3,5)
5 K a 10 K	M24 x 2,00	44 (1,75)	38 (1,5)	76 (3,0)	108 (4,3)	2,0 (4,5)

Eléctrico (LCM101):

<100 kg: 9 m (30 pies) 24 Awg ≥ 250
kilogramos: 4,6 m (15 pies) 20 Awg ≥
1500 kg: 4,6 m (15') 20 Awg (cable
blindado de 4 conductores)

Conector de acoplamiento (LCM111):

≤100 kgf: PT06FB-45 (se vende por separado) ≥
250 kgf: PT06F10-65 (se vende por separado)

Especificaciones

Excitación: 10 V CC, 15 V CC máximo

Producción: 3 mV / V ± 0,0075 mV / V

Linealidad: ± 0,03% FSO

histéresis: ± 0,02% FSO

Repetibilidad: ± 0,01% FSO

Saldo cero: ± 1% FSO

Rango de temperatura de funcionamiento:

- 40 a 93 ° C (-40 a 200 ° F)

Rango de temperatura compensada:

17 a 71 ° C (60 a 160 ° F)

Efectos térmicos:

Cero: 0,0018% FSO / ° C

Lapso: 0,0018% FSO / ° C

Sobrecarga segura: 150% de capacidad

Sobrecarga definitiva:

300% de capacidad

Resistencia de entrada: 350 ± 10 Ω

Resistencia de salida: 350 ± 10 Ω

Deflexión de escala completa:

0,25 hasta 0,50 mm

Construcción: 17-4 PH acero inoxidable

Ordenar

Capacidad kgf	lbf	Modelo		Compatible* METROS	Botón de carga	Varilla final
		Cable	CONECTOR		Modelo NO.	Modelo NO.
10	22	LCM101-10	LCM111-10	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M6	MREC-M6M
25	55	LCM101-25	LCM111-25	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M6	MREC-M6M
50	110	LCM101-50	LCM111-50	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M6	MREC-M6M
100	220	LCM101-100	LCM111-100	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M6	MREC-M6M
250	551	LCM101-250	LCM111-250	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M12	MREC-M12M
500	1102	LCM101-500	LCM111-500	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M12	MREC-M12M
1000	2205	LCM101-1K	LCM111-1K	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M12	MREC-M12M
1500	3307	LCM101-1.5K	LCM111-1.5K	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M16	MREC-M16M
2000	4409	LCM101-2K	LCM111-2K	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M16	MREC-M16M
5000	11,023	LCM101-5K	LCM111-5K	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M24	MREC-M24M
10,000	22,046	LCM101-10K	LCM111-10K	iSeries, DP41-S, DP25B-S	MLBC-M24	MREC-M24M

Viene completo con calibración rastreada por NIST de 5 puntos.

* Verifique en línea para conocer los modelos compatibles.

Ejemplos de pedidos: LCM111-100, Celda de carga tipo conector de 100 kgf de capacidad. PT06FB-45, conector de acoplamiento (no incluido). MREC-M6M, extremo de varilla a juego. MLBC-M6, botón de carga correspondiente. LCM101-2K, Célula de carga tipo cable de 2000 kgf de capacidad. MREC-M16M, extremo de varilla a juego.

TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO DE CARRERA LARGA CON SALIDA DE 5 VCC

Serie LD620

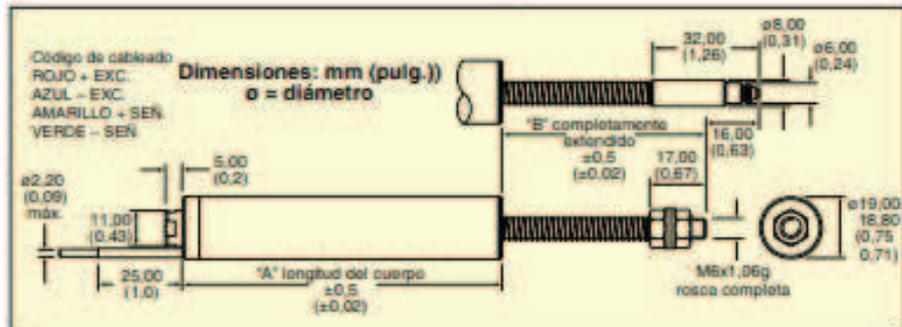
- ✓ Linealidad inferior al 0,2%
- ✓ Longitudes de recorrido disponibles de 5 a 300 mm
- ✓ Cuerpo de acero inoxidable resistente de 19 mm de diá.
- ✓ Conductores rígidos de acero inoxidable
- ✓ Núcleo guiado con muelle extraíble
- ✓ Calificación ambiental IP67
- ✓ Gran margen de diámetro interno-núcleo

El modelo LD620-25 se muestra en un tamaño inferior al real.



Los transductores de desplazamiento con salida de CC de la Serie LD620 han mejorado el sellado con calificación IP67 junto con guías de polímero y conductores rígidos. Estos transductores son precisos y fiables, en especial en condiciones corrosivas y de humedad.

Las opciones de salida incluyen ± 5 Vcc (LD620) o 0 a 10 Vcc (LD621). Se mantiene un margen de diámetro interno-núcleo excepcionalmente grande a lo largo del rango. Ello facilita la instalación y ayuda a evitar una alineación incorrecta.



ESPECIFICACIONES

Linealidad: <0,2% salida a escala completa

Tensión de excitación: De 10 a 30 Vcc. @ 25 mA máximo

Salida: LD620, ± 5 Vcc; LD621, 0 a 10 Vcc

Ondulación de salida: 0,02% salida a escala completa

Ancho de banda: 500 Hz (-3 dB)

Temperatura de almacenamiento:

-20 a 85 °C (-4 a 185 °F)

Temperatura de funcionamiento:

0 a 65 °C (32 a 149 °F)

Sellado: IP67

Vibración (Frecuencia sinusoidal):

10 a 50 Hz: 1 a 10 g rms

amplitud lineal

50 Hz a 1 kHz: 10 g rms amplitud

Choque:

Ensayo de caída: 1 m (3') en superficie dura

Ensayo de vuelco: 10 veces cada extremo en superficie dura

Material de la carcasa: Acero inoxidable 300

Cable: PFA, 2 m (6') de largo

Material del núcleo: Níquel-hierro

Para hacer su pedido, visite es.omega.com/ld620 para consultar precios y detalles

N.º DE MODELO	RANGO	N.º DE MODELO	RANGO	DIM. "A"	DIM. "B"
± 5 VCC	MM (PULG.)	0 a 10 Vcc	mm (pulg.)	mm (pulg.)	mm (pulg.)
LD620-2,5	$\pm 2,5$ ($\pm 0,1$)	LD621-5	0 a 5 (0 a 0,2)	94,0 (3,7)	35,3 (1,4)
LD620-5	± 5 ($\pm 0,2$)	LD621-10	0 a 10 (0 a 0,4)	113,5 (4,5)	46,3 (1,8)
LD620-7,5	$\pm 7,5$ ($\pm 0,3$)	LD621-15	0 a 15 (0 a 0,6)	120,7 (4,8)	50,3 (2,0)
LD620-10	± 10 ($\pm 0,4$)	LD621-20	0 a 20 (0 a 0,8)	135,0 (5,3)	61,3 (2,4)
LD620-15	± 15 ($\pm 0,6$)	LD621-30	0 a 30 (0 a 1,2)	149,4 (5,9)	79,3 (3,1)
LD620-25	± 25 ($\pm 1,0$)	LD621-50	0 a 50 (0 a 2,0)	170,9 (6,7)	102,3 (4,0)
LD620-50	± 50 ($\pm 2,0$)	LD621-100	0 a 100 (0 a 3,9)	228,5 (9,0)	160,3 (6,3)
LD620-75	± 75 ($\pm 3,0$)	LD621-150	0 a 150 (0 a 5,9)	278,7 (11,0)	231,3 (9,1)
LD620-100	± 100 ($\pm 3,9$)	—	—	336,2 (13,2)	291,2 (11,5)
LD620-150	± 150 ($\pm 5,9$)	—	—	450,9 (17,8)	457,3 (18,0)
—	—	LD621-200	0 a 200 (7,9)	336,2 (13,2)	291,2 (11,5)
—	—	LD621-300	0 a 300 (11,8)	450,9 (17,8)	457,3 (18,0)

Ejemplo de pedido: LD620-2,5, sensor de desplazamiento CC con rango de $\pm 2,5$ mm ($\pm 0,1$ pulg.) con salida ± 5 Vcc.

ACCESORIOS

N.º DE MODELO	DESCRIPCIÓN
LD-TIP	Adaptador de punta/punta redonda
LD-UJOINT-KIT	Kit de ajuste de junta universal

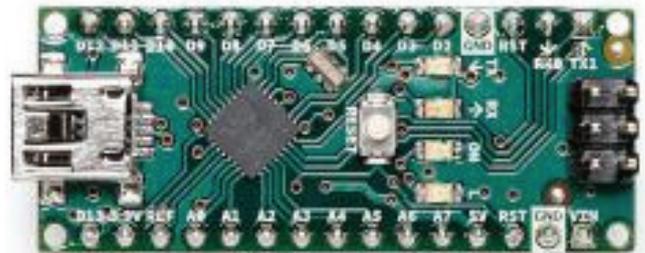
CARACTERISTICAS ARDUINO NANO



Arduino® Nano

Product Reference Manual

SKU: A000005



Description

Arduino® Nano is an intelligent development board designed for building faster prototypes with the smallest dimension. Arduino Nano being the oldest member of the Nano family, provides enough interfaces for your breadboard-friendly applications. At the heart of the board is **ATmega328 microcontroller** clocked at a frequency of 16 MHz featuring more or less the same functionalities as the Arduino Duemilanove. The board offers 22 digital input/output pins, 8 analog pins, and a mini-USB port.

Target Areas

Maker, Security, Environmental, Robotics and Control Systems



5.1 Analog

Pin	Function	Type	Description
1	+3V3	Power	5V USB Power
2	A0	Analog	Analog input 0 /GPIO
3	A1	Analog	Analog input 1 /GPIO
4	A2	Analog	Analog input 2 /GPIO
5	A3	Analog	Analog input 3 /GPIO
6	A4	Analog	Analog input 4 /GPIO
7	A5	Analog	Analog input 5 /GPIO
8	A6	Analog	Analog input 6 /GPIO
9	A7	Analog	Analog input 7 /GPIO
10	+5V	Power	+5V Power Rail
11	Reset	Reset	Reset
12	GND	Power	Ground
12	VIN	Power	Voltage Input

5.2 Digital

Pin	Function	Type	Description
1	D1/TX1	Digital	Digital Input 1 /GPIO
2	D0/RX0	Digital	Digital Input 0 /GPIO
3	D2	Digital	Digital Input 2 /GPIO
4	D3	Digital	Digital Input 3 /GPIO
5	D4	Digital	Digital Input 4 /GPIO
6	D5	Digital	Digital Input 5 /GPIO
7	D6	Digital	Digital Input 6 /GPIO
8	D7	Digital	Digital Input 7 /GPIO
9	D8	Digital	Digital Input 8 /GPIO
10	D9	Digital	Digital Input 9 /GPIO
11	D10	Digital	Digital Input 10 /GPIO
12	D11	Digital	Digital Input 11 /GPIO
13	D12	Digital	Digital Input 12 /GPIO
14	D13	Digital	Digital Input 13 /GPIO
15	Reset	Reset	Reset
16	GND	Power	Ground

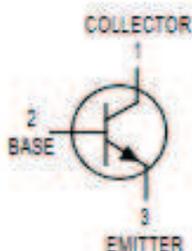
DATASHEET DE TRANSISTOR BC548

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by BC546/D

Amplifier Transistors NPN Silicon

BC546, B
BC547, A, B, C
BC548, A, B, C



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 546	BC 547	BC 548	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	65	45	30	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	80	50	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	825	5.0		mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5	12		Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$)	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)CEO}$	65 45 30	— — —	— — —	V
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100 \mu\text{A}$)	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)CBO}$	80 50 30	— — —	— — —	V
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$)	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)EBO}$	6.0 6.0 6.0	— — —	— — —	V
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70 \text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 50 \text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 35 \text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 30 \text{ V}, T_A = 125^\circ\text{C}$)	BC546 BC547 BC548 BC546/547/548	I_{CES}	— — — —	0.2 0.2 0.2 —	15 15 15 4.0	nA μA

DATASHEET DE OPTOACOPLADOR 4N35

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by 4N35/D



6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N35, 4N36 and 4N37 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Current Transfer Ratio — 100% Minimum @ Specified Conditions
- Guaranteed Switching Speeds
- Meets or Exceeds all JEDEC Registered Specifications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- Regulation Feedback Circuits
- Monitor & Detection Circuits
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	80	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$
TOTAL DEVICE			
Isolation Source Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250	mW
		2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating.
For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
 2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.
- Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

4N35*

4N36

4N37

[CTR = 100% Min]

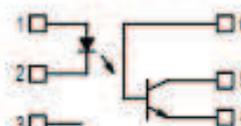
*Motorola Preferred Device

STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

SCHEMATIC



- PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

ANEXO F

ANALISIS DE INVENTOR

ENGRANAJE HELICOIDAL

SEGUNDO ANALISIS DE ENGRANAJE HELICOIDAL

ANALISIS PRIMERA CORREA

ANALISIS SEGUNDA CORREA

ANALISISI SEGUNDA CORREA CAMBIANDO POTENCIA A 0,246 KW

ANALISIS DEL CABEZAL

ENGRANAJE HELICOIDAL

1 Generador de componentes de engranajes helicoidales (Versión: 2020 (Build 240168000, 168))

08/04/2023

1.1.1 Información de proyecto

1.1.2 Guía

Tipo de cálculo de carga - Cálculo de la potencia para el par de torsión y la velocidad especificados

Tipo de cálculo de resistencia - Comprobar cálculo

Método de cálculo de resistencia - ANSI heredado

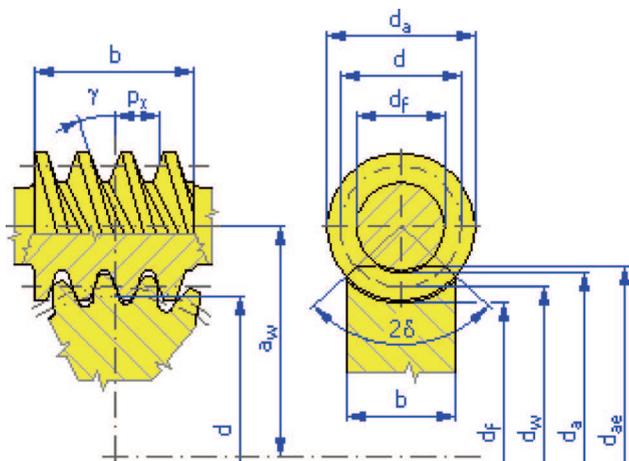
1.1.3 Parámetros comunes

Coefficiente de engranaje	i	40,0000 su
Ángulo de hélice	γ	7,1150 gr
Ángulo de presión	α	14,3930 gr
Factor de diámetro del tornillo helicoidal	q	8,0114 su
Distancia al centro	a_w	62,359 mm
Separación circular del eje	p_x	8,0000 mm
Separación circular	p_n	7,9384 mm
Separación circular base	p_b	7,745 mm
Plomo	p_z	8,000 mm
Longitud del tornillo helicoidal	b_1	60,000 mm
Anchura de engranaje helicoidal	b_2	17,800 mm
Ángulo de presión axial	α_x	14,5000 gr
Ángulo base de hélice	β_b	6,8906 gr
Coefficiente de contacto	ϵ	3,0037 su
Coefficiente de contacto transversal	ϵ_α	2,7260 su
Coefficiente de solapamiento	ϵ_β	0,2777 su
Desviación límite del ángulo del eje	F_β	0,0090 mm
Juego entre dientes de garantía	j_{nmin}	0,046 mm

Desviación límite de la distancia al centro	f_a	0,028 mm
---	-------	----------

1.1.4 Engranajes

		Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
Tipo de modelo		Sin modelo	Sin modelo
Número de roscas	z	1 su	
Número de dientes	z		40 su
Corrección unitaria	x	0,0000 su	0,4826 su
Diámetro de separación	d	20,401 mm	101,859 mm
Diámetro exterior	d_a	25,494 mm	109,410 mm
Diámetro raíz	d_f	14,289 mm	98,205 mm
Diámetro exterior	d_{ae}		111,956 mm
Diámetro de círculo base	d_b	19,751 mm	98,615 mm
Diámetro de separación de trabajo	d_w	22,859 mm	101,859 mm
Ángulo del chaflán del engranaje helicoidal	δ		44,28 gr
Altura de cabeza del diente	a^*	1,0000 su	1,0000 su
Juego	c^*	0,2000 su	0,2000 su
Empalme raíz	r_f^*	0,2668 su	0,2668 su
Grosor de diente	s	3,969 mm	4,600 mm
Grosor axial del diente	s_x	4,000 mm	4,636 mm
Oscilación circunferencial radial límite	F_r	0,0120 mm	0,0250 mm
Desviación límite de la separación axial	f_{pt}	0,0075 mm	0,0100 mm
Desviación límite de la separación básica	f_{pb}	0,0075 mm	0,0095 mm
Número virtual de dientes	z_v		40,938 su
Corrección mínima recomendada	x_{min}		-0,527 su



1.1.5 Cargas

		Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
Potencia	P	0,552 kW	0,303 kW
Velocidad	n	51,70 rpm	1,29 rpm
Par de torsión	T	101,930 N m	2235,424 N m
Eficiencia	η	0,548 su	
Fuerza radial	F_r	-10258,867 N	
Fuerza tangencial	F_t	-8918,279 N	-43892,453 N
Fuerza axial	F_a	-43892,453 N	-8918,279 N
Fuerza normal	F_n	45732,540 N	
Velocidad circunferencial	v	0,055 mps	0,007 mps
Velocidad de deslizamiento	v_k	0,056 mps	

1.1.6 Material

		Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
		Hierro fundido	Material de usuario
Resistencia máxima a tracción	S_u		500 MPa
Límite de elasticidad	S_y		180 MPa
Módulo de elasticidad	E	105000 MPa	206000 MPa
Coeficiente de Poisson	μ	0,250 su	0,300 su
Resistencia a fatiga por plegado	S_n		165,0 MPa
Resistencia a fatiga por contacto	K_w		0,6 MPa

Límite de fatiga por plegado	σ_{Flim}		170,0 MPa
Límite de fatiga por contacto	σ_{Hlim}		200,0 MPa
Dureza de lado del diente	Muy alto voltaje		110 su
Número base de ciclos de carga en plegado	N_{Flim}		250000000 su
Número base de ciclos de carga en contacto	N_{Hlim}		250000000 su
Exponente de curva de Wöhler para plegado	q_F		9,000 su
Exponente de curva de Wöhler para contacto	q_H		8,000 su
Velocidad de deslizamiento máx.	v_{max}		12,000 mps

1.1.7 Cálculo de resistencia

1.1.7.1.1 Factores de carga adicional

Factor de sobrecarga	K_o	1,200 su
Factor dinámico	K_v	1,000 su
Factor de forma de Lewis y		0,098 su

1.1.7.1.2 Resultados

Carga dinámica	F_d	-52689,097 N
Carga límite de fatiga de superficie	F_w	556,689 N
Carga límite de fatiga por plegado	F_s	2290,860 N
Pérdida de potencia	P_z	0,266 kW
Calor máx. de disipación	Q	0,082 kW
Comprobar cálculo		Positivo

1.1.8 Resumen de mensajes

2:09:01 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

2 Generador de componentes de engranajes helicoidales (Versión: 2020 (Build 240168000, 168))

08/04/2023

SEGUNDO ANALISIS DE ENGRANAJE HELICOIDAL

2.1.1 Cargas

		Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
Potencia	P	0,003 kW	0,016 kW
Velocidad	n	51,70 rpm	1,29 rpm
Par de torsión	T	0,572 N m	116,430 N m
Eficiencia	η	0,196 su	
Fuerza radial	F_r	-57,540 N	
Fuerza tangencial	F_t	-50,021 N	-2286,098 N
Fuerza axial	F_a	-2286,098 N	-50,021 N
Fuerza normal	F_n	2276,024 N	
Velocidad circunferencial	v	0,055 mps	0,007 mps
Velocidad de deslizamiento	v_k	0,056 mps	

2.1.2 Material

		Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
		Hierro fundido	Material de usuario
Resistencia máxima a tracción	S_u		500 MPa
Límite de elasticidad	S_y		180 MPa
Módulo de elasticidad	E	105000 MPa	206000 MPa
Coefficiente de Poisson	μ	0,250 su	0,300 su
Resistencia a fatiga por plegado	S_n		165,0 MPa
Resistencia a fatiga por contacto	K_w		0,6 MPa
Límite de fatiga por plegado	σ_{Flim}		170,0 MPa
Límite de fatiga por contacto	σ_{Hlim}		200,0 MPa
Dureza de lado del diente	Muy alto voltaje		110 su
Número base de ciclos de carga en plegado	N_{Flim}		250000000 su
Número base de ciclos de carga en contacto	N_{Hlim}		250000000 su
Exponente de curva de Wöhler para plegado	q_F		9,000 su

Exponente de curva de Wöhler para contacto	q_H		8,000 su
Velocidad de deslizamiento máx.	V_{max}		12,000 mps

2.1.3 Cálculo de resistencia

2.1.3.1.1 Factores de carga adicional

Factor de sobrecarga	K_o	1,200 su
Factor dinámico	K_v	1,000 su
Factor de forma de Lewis y		0,098 su

2.1.3.1.2 Resultados

Carga dinámica	F_d	-2744,263 N
Carga límite de fatiga de superficie	F_w	556,689 N
Carga límite de fatiga por plegado	F_s	2290,860 N
Pérdida de potencia	P_z	0,013 kW
Calor máx. de disipación	Q	0,082 kW
Comprobar cálculo		Positivo

2.1.4 Resumen de mensajes

2:32:01 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

ANALISIS PRIMERA CORREA

3 Generador de componentes de correas trapezoidales (Versión: 2020 (Build 240168000, 168))

08/04/2023

3.1.1 Información de proyecto

3.1.2 Propiedades de correa

Nombre mostrado		Correa trapezoidal ANSI/RMA IP-20
Tamaño		AX51
Número de correas	z	1,000 su
Ángulo de sector	α	40,00 gr
Anchura	b	12,700 mm

Altura	h	7,938 mm
Anchura de referencia	b_w	10,617 mm
Longitud de referencia	L_d	1328,420 mm
Longitud externa	L_e	1345,273 mm
Longitud interna	L_i	1295,400 mm
Factor de corrección de longitud	c_3	0,930 su
Desfase de línea externa	H_w	2,682 mm
Desfase de línea de paso	a	3,175 mm
Diámetro de referencia de polea mínimo recomendado	D_{wmin}	55,880 mm
Frecuencia flex máxima	f_{max}	120,000 Hz
Velocidad máxima de correa	v_{max}	60,960 mps
Masa específica	m	0,104 kg/m
Tasa de potencia base	P_{RB}	1,304 kW

3.1.3 Propiedades 1 de polea acanalada

3.1.4 Propiedades 2 de polea acanalada

3.1.5 Comprobación de resistencia

Potencia	P	0,550 kW
Par de torsión	T	3,525 N m
Velocidad	n	1490,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,964 su
Deslizamiento de correa	s	0,016 su
Factor de corrección de arco de contacto	c_1	0,898 su
Factor de servicio	c_2	1,200 su
Factor de servicio resultante	c_{PR}	1,981 su
Factor de corrección de longitud	c_3	0,930 su
Número de factor de corrección de correa	c_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	c_5	1,000 su

Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	5,176 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	7,793 Hz
Número de correas requerido	Z_{er}	0,606 su
Desmoldeo efectivo	F_p	106,252 N
Fuerza centrífuga	F_c	2,791 N
Tensión de instalación de correa	F_t	95,040 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	148,166 N

3.1.6 Resumen de mensajes

2:39:42 Cálculo: La tensión de correa se procesa con respecto a la polea 1.
2:39:42 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

ANALISIS SEGUNDA CORREA

4 Generador de componentes de correas trapezoidales (Versión: 2020 (Build 240168000, 168))

08/04/2023

4.1.1 Información de proyecto

4.1.2 Propiedades de correa

Nombre mostrado		Correa trapezoidal ANSI/RMA IP-20
Tamaño		AX55
Número de correas	z	1,000 su
Ángulo de sector	α	40,00 gr
Anchura	b	12,700 mm
Altura	h	7,938 mm
Anchura de referencia	b_w	10,617 mm
Longitud de referencia	L_d	1430,020 mm
Longitud externa	L_e	1446,873 mm

Longitud interna	L_i	1397,000 mm
Factor de corrección de longitud	C_3	0,950 su
Desfase de línea externa	H_w	2,682 mm
Desfase de línea de paso	a	3,175 mm
Diámetro de referencia de polea mínimo recomendado	D_{wmin}	55,880 mm
Frecuencia flex máxima	f_{max}	120,000 Hz
Velocidad máxima de correa	v_{max}	60,960 mps
Masa específica	m	0,104 kg/m
Tasa de potencia base	P_{RB}	0,402 kW

4.1.3 Propiedades 1 de polea acanalada

4.1.4 Propiedades 2 de polea acanalada

4.1.5 Comprobación de resistencia

Potencia	P	0,550 kW
Par de torsión	T	17,507 N m
Velocidad	n	300,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,962 su
Deslizamiento de correa	s	0,019 su
Factor de corrección de arco de contacto	C_1	0,888 su
Factor de servicio	C_2	1,200 su
Factor de servicio resultante	C_{PR}	0,616 su
Factor de corrección de longitud	C_3	0,950 su
Número de factor de corrección de correa	C_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	C_5	1,000 su
Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	0,995 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	1,392 Hz

Número de correas requerido	Z _{er}	1,947 su
Desmoldeo efectivo	F _p	552,709 N
Fuerza centrífuga	F _c	0,103 N
Tensión de instalación de correa	F _t	483,147 N
Tensión máxima en alcance de correa	F _{tmax}	759,501 N

ANALISIS SEGUNDA CORREA CAMBIANDO POTENCIA A 0,246 KW

5 Generador de componentes de correas trapezoidales (Versión: 2020 (Build 240168000, 168))

08/04/2023

5.1.1 Información de proyecto

5.1.2 Propiedades de correa

Nombre mostrado		Correa trapezoidal ANSI/RMA IP-20
Tamaño		AX55
Número de correas	z	1,000 su
Ángulo de sector	α	40,00 gr
Anchura	b	12,700 mm
Altura	h	7,938 mm
Anchura de referencia	b _w	10,617 mm
Longitud de referencia	L _d	1430,020 mm
Longitud externa	L _e	1446,873 mm
Longitud interna	L _i	1397,000 mm
Factor de corrección de longitud	C ₃	0,950 su
Desfase de línea externa	H _w	2,682 mm
Desfase de línea de paso	a	3,175 mm
Diámetro de referencia de polea mínimo recomendado	D _{wmin}	55,880 mm
Frecuencia flex máxima	f _{max}	120,000 Hz

Velocidad máxima de correa	V_{\max}	60,960 mps
Masa específica	m	0,104 kg/m
Tasa de potencia base	P_{RB}	0,402 kW

5.1.3 Propiedades 1 de polea acanalada

Nombre mostrado		Polea acanalada
Tamaño		Personalizado
Tipo de polea		Motriz
Diámetro de referencia	D_d	57,000 mm
Diámetro de separación	D_p	63,350 mm
Anchura de referencia	b_w	10,617 mm
Ángulo de acanalado	α	34,00 gr
Altura	c	3,175 mm
Profundidad de acanalado	h	11,684 mm
Radio externo	R_1	0,000 mm
Radio interno	R_2	0,000 mm
Coordenada X	x	-0,858 mm
Coordenada Y	y	-81,954 mm
Longitud de alcance	L_f	361,076 mm
Número de ranuras	n_g	1,000 su
Distancia desde eje	S_e	9,525 mm
Distancia entre acanalados	S_g	15,875 mm
Coefficiente de potencia	P_x	1,000 su
Potencia	P	0,246 kW
Par de torsión	T	7,830 N m
Velocidad	n	300,000 rpm
Arco de contacto	β	138,50 gr
Fuerza en entrada	F_1	339,778 N
Fuerza en salida	F_2	92,567 N

Carga axial resultante	F_r	413,682 N
Fuerza de tensado estática	F_v	404,306 N
Coef. de fricción	f_g	0,350 su

5.1.4 Propiedades 2 de polea acanalada

Nombre mostrado		Polea acanalada
Tamaño		Personalizado
Tipo de polea		Conducida
Diámetro de referencia	D_d	330,574 mm
Diámetro de separación	D_p	336,924 mm
Anchura de referencia	b_w	10,617 mm
Ángulo de acanalado	α	34,00 gr
Altura	c	2,000 mm
Profundidad de acanalado	h	11,000 mm
Radio externo	R_1	0,000 mm
Radio interno	R_2	0,000 mm
Coordenada X	x	377,804 mm
Coordenada Y	y	-6,443 mm
Distancia al centro	C	386,117 mm
Longitud de alcance	L_f	361,076 mm
Número de ranuras	n_g	1,000 su
Distancia desde eje	S_e	8,000 mm
Distancia entre acanalados	S_g	12,000 mm
Coeficiente de potencia	P_x	1,000 su
Potencia	P	0,237 kW
Par de torsión	T	40,813 N m
Velocidad	n	55,365 rpm
Coeficiente de transmisión teórico	i_r	5,318 su
Coeficiente de transmisión	i	5,419 su

Arco de contacto	β	221,50 gr
Fuerza en entrada	F_1	92,567 N
Fuerza en salida	F_2	339,778 N
Carga axial resultante	F_r	413,682 N
Fuerza de tensado estática	F_v	404,306 N
Coef. de fricción	f_g	0,350 su

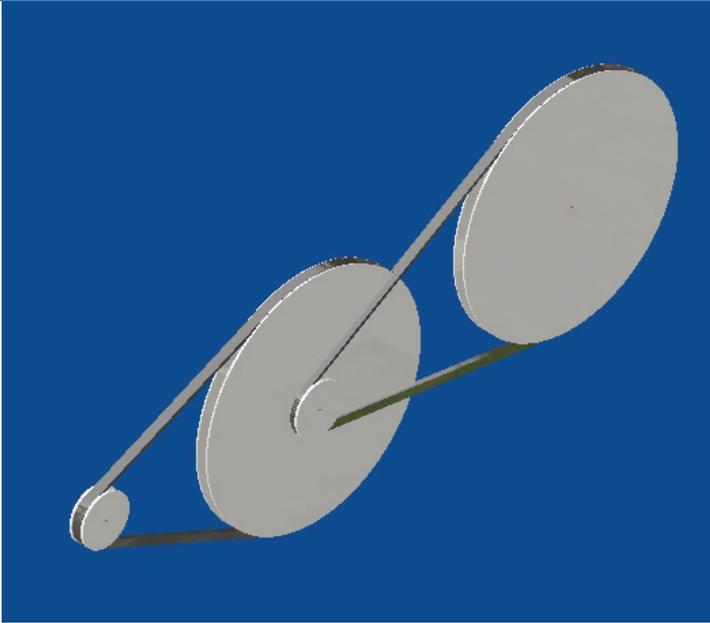
5.1.5 Comprobación de resistencia

Potencia	P	0,246 kW
Par de torsión	T	7,830 N m
Velocidad	n	300,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,962 su
Deslizamiento de correa	s	0,018 su
Factor de corrección de arco de contacto	c_1	0,888 su
Factor de servicio	c_2	1,200 su
Factor de servicio resultante	c_{PR}	1,378 su
Factor de corrección de longitud	c_3	0,950 su
Número de factor de corrección de correa	c_4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	c_5	1,000 su
Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k_1	1,300 su
Velocidad de correa	v	0,995 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	1,392 Hz
Número de correas requerido	z_{er}	0,871 su
Desmoldeo efectivo	F_p	247,211 N
Fuerza centrífuga	F_c	0,103 N
Tensión de instalación de correa	F_t	216,172 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	339,778 N

5.1.6 Resumen de mensajes

2:46:14 Cálculo: La tensión de correa se procesa con respecto a la polea 1.

2:46:14 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.



ANALISIS DEL CABEZAL

Anchura de la imagen (píxeles):

6 Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	soportePROBETA.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2020 (Build 240168000, 168)
Fecha de creación:	19/03/2023, 22:08
Autor del estudio:	SISTEMASCPSLP
Resumen:	

6.1.1 Información de proyecto (iProperties)

6.1.1.1 Resumen

Autor	SISTEMASCPSLP
-------	---------------

6.1.1.2 Proyecto

Nº de pieza	soportePROBETA
Diseñador	SISTEMASCPSLP
Coste	0,00 Bs
Fecha de creación	19/03/2023

6.1.1.3 Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

6.1.1.4 Propiedades físicas

Masa	0,943136 kg
Área	30353,3 mm ²
Volumen	119839 mm ³
Centro de gravedad	x=28,9442 mm y=52,6055 mm z=-6,82461 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

6.2 **Análisis estático:1**

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	19/03/2023, 22:03
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

6.2.1 **Material(es)**

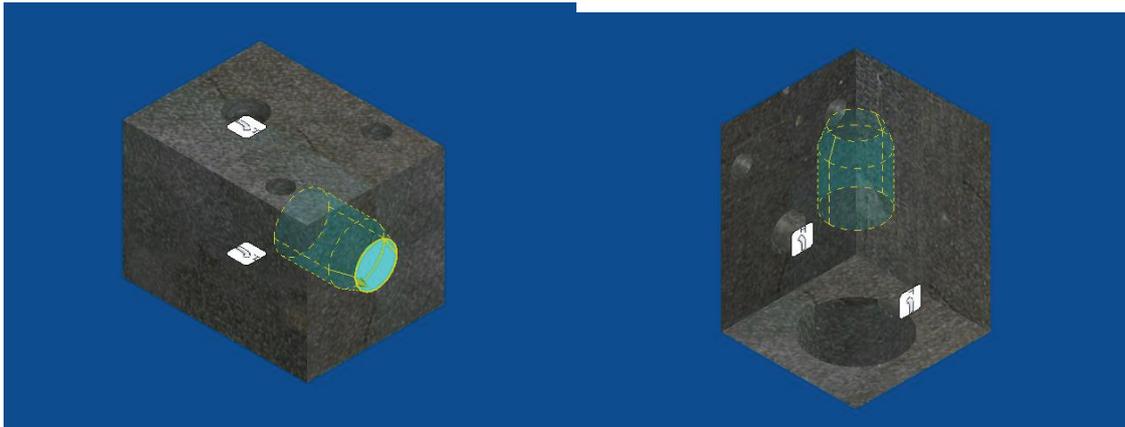
Nombre	Acero AISI 1015	
General	Densidad de masa	7,87 g/cm ³
	Límite de elasticidad	285 MPa
	Resistencia máxima a tracción	385 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	79,4574 GPa
Nombre(s) de pieza	SUJECIOPROBETA.ipt SUJECIONARRIBA.ipt	

6.2.2 Condiciones de funcionamiento

6.2.2.1 Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	22224,000 N
Vector X	22224,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N

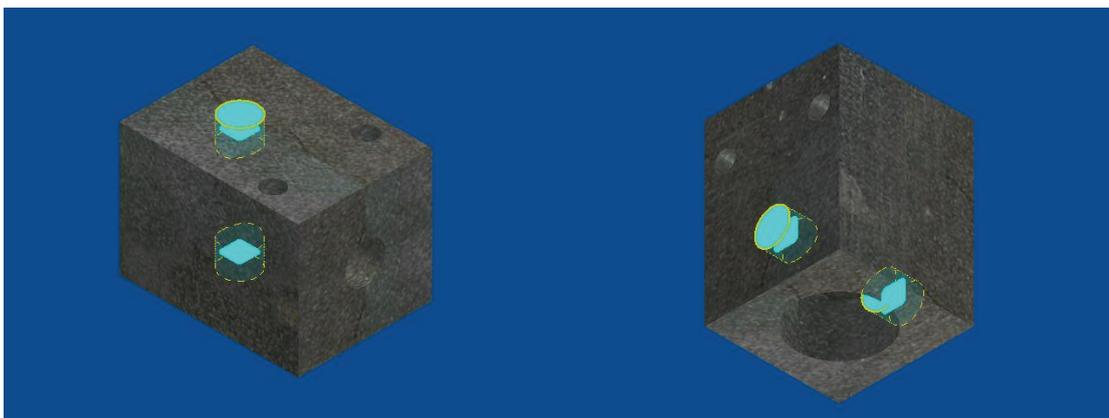
6.2.2.1.1 Cara(s) seleccionada(s)



6.2.2.2 Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

6.2.2.2.1 Cara(s) seleccionada(s)



6.2.3 Resultados

6.2.3.1 Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)

Restricción fija:1	22224 N	-22224 N	0,488942 N m	0 N m
		0 N		0 N m
		0 N		0,488942 N m

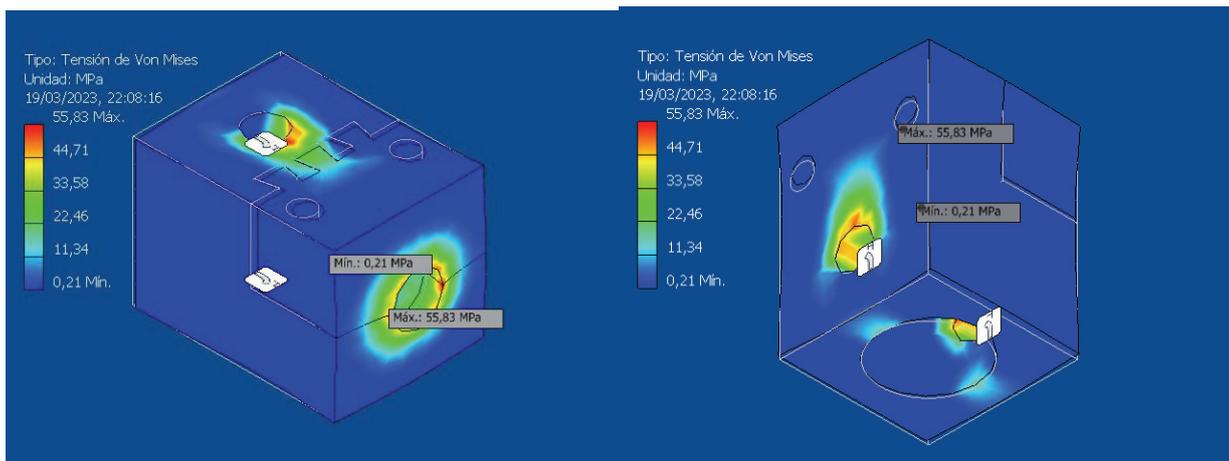
6.2.3.2 ☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	119843 mm ³	
Masa	0,943162 kg	
Tensión de Von Mises	0,212247 MPa	55,8304 MPa
Primera tensión principal	-6,21489 MPa	66,2612 MPa
Tercera tensión principal	-42,6724 MPa	12,5308 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00769666 mm
Coefficiente de seguridad	5,10474 su	15 su
Tensión XX	-28,3232 MPa	63,374 MPa
Tensión XY	-18,364 MPa	18,5653 MPa
Tensión XZ	-27,8214 MPa	27,6302 MPa
Tensión YY	-38,5058 MPa	54,4603 MPa
Tensión YZ	-24,1623 MPa	23,9848 MPa
Tensión ZZ	-40,1571 MPa	45,1778 MPa
Desplazamiento X	0 mm	0,007465 mm
Desplazamiento Y	-0,00225232 mm	0,00236046 mm
Desplazamiento Z	-0,00195812 mm	0,0018845 mm
Deformación equivalente	0,000000987979 su	0,000241605 su
Primera deformación principal	0,000000545211 su	0,000285777 su
Tercera deformación principal	-0,000201625 su	-0,000000683059 su
Deformación XX	-0,000124008 su	0,000267918 su
Deformación XY	-0,000115559 su	0,000116826 su
Deformación XZ	-0,000175071 su	0,000173868 su
Deformación YY	-0,000170827 su	0,000255848 su

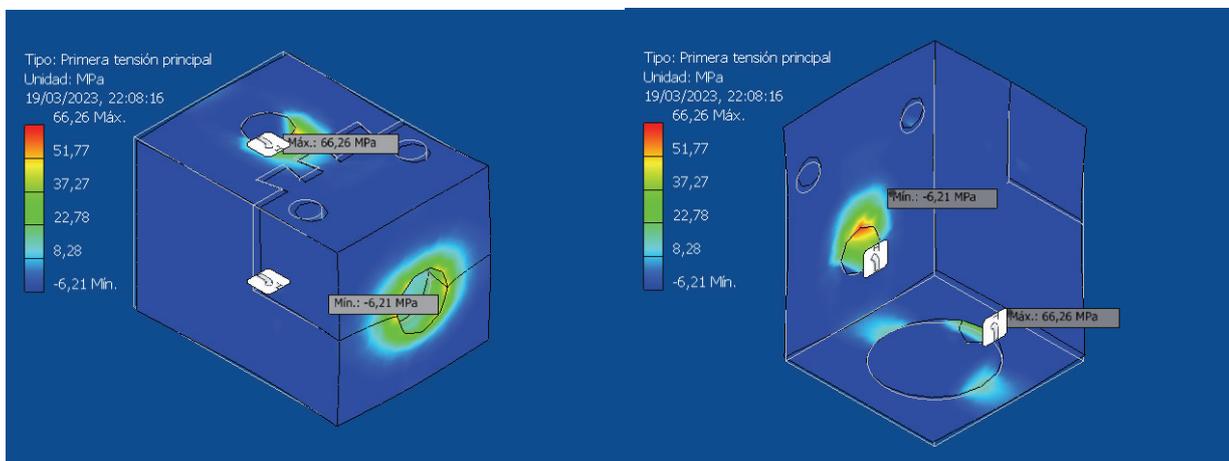
Deformación YZ	-0,000152045 su	0,000150929 su
Deformación ZZ	-0,000184357 su	0,000203234 su
Presión de contacto	0 MPa	144,193 MPa
Presión de contacto X	-136,252 MPa	33,2183 MPa
Presión de contacto Y	-28,7974 MPa	72,0446 MPa
Presión de contacto Z	-15,7932 MPa	15,2689 MPa

6.2.3.3 Figuras

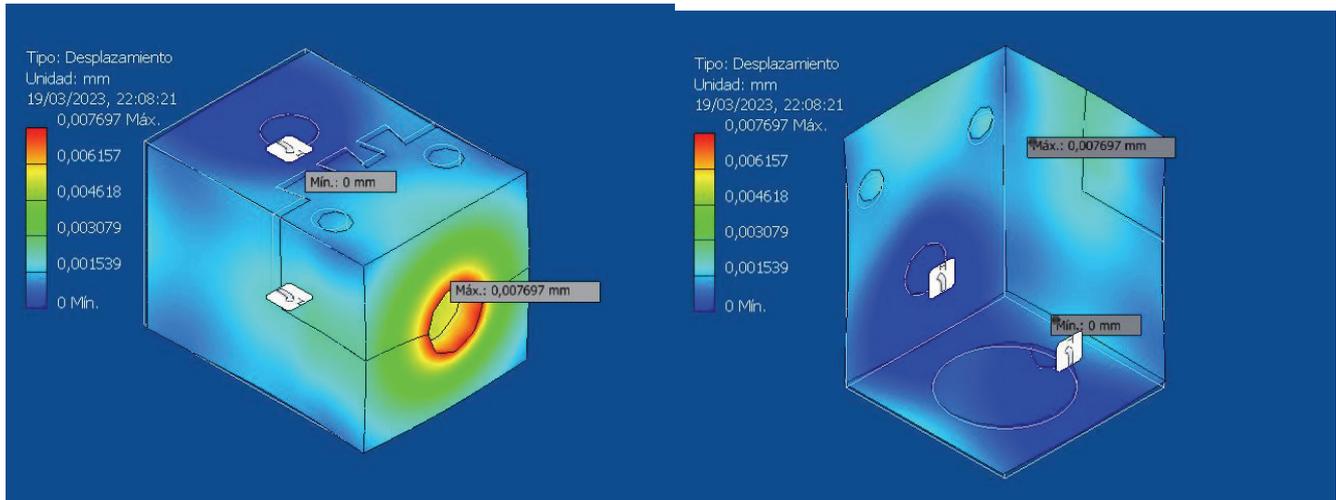
6.2.3.3.1 Tensión de Von Mises



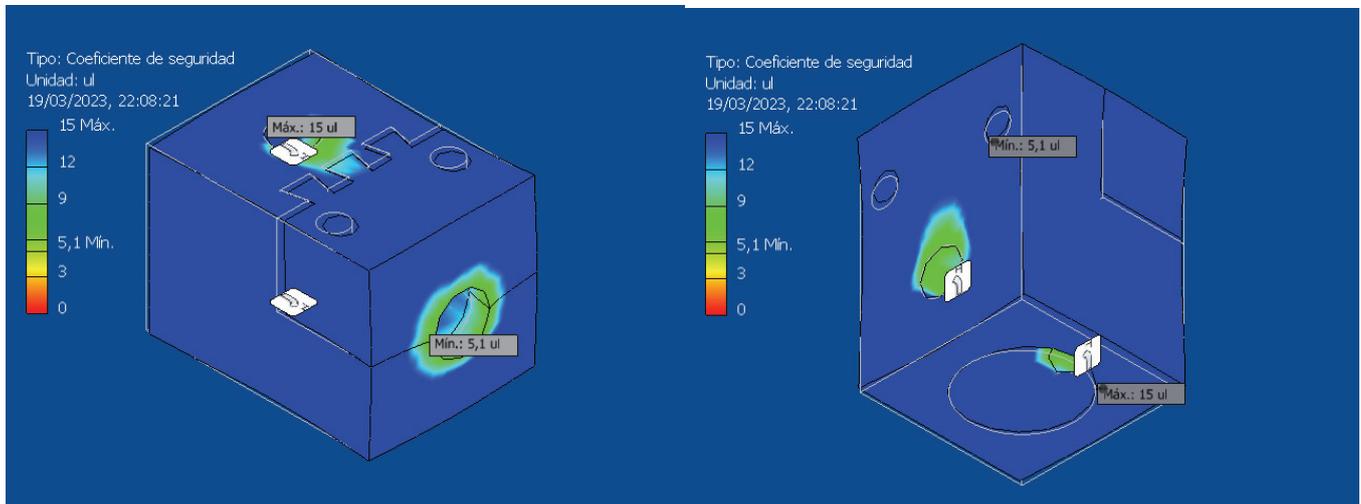
6.2.3.3.2 Primera tensión principal



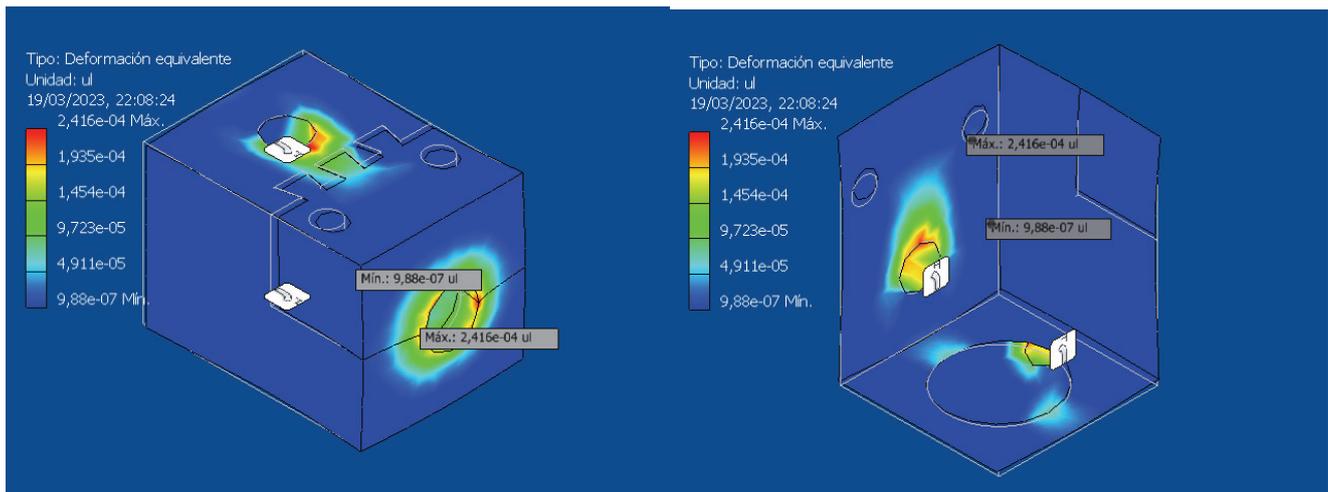
6.2.3.3.3 Desplazamiento



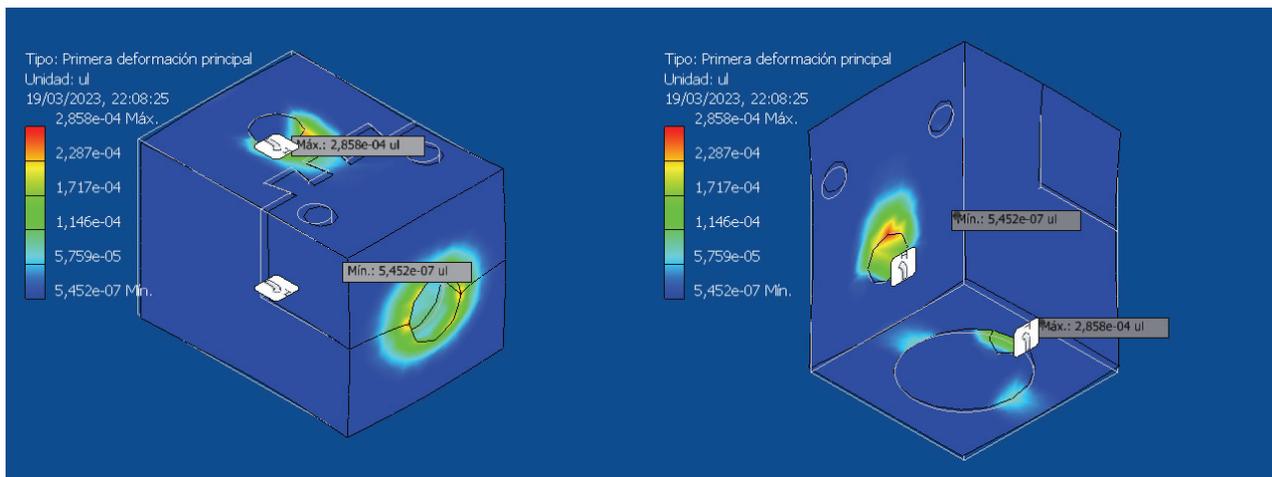
6.2.3.3.4 Coeficiente de seguridad



6.2.3.3.5 Deformacion equivalente



6.2.3.3.6 Primera deformación principal



Andres Jhonatan Rodriguez Cartagena

AJRC26798@gmail.com

Cel: 65633659



2023-TTES-1171-D-1

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2788/2023
La Paz, 4 de Octubre del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **27 de Septiembre del 2023**, por **ANDRES JHONATAN RODRIGUEZ CARTAGENA** con C.I. N° **10004382 LP**, con número de trámite **DA 1443/2023**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÁNICA"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y investigados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 312752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B.
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Oro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre N° 5837
entre Ayacucho y Junín,
Galería Central, Of. 14.
Telf.: 67204288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM Salinas N° 262,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018160

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

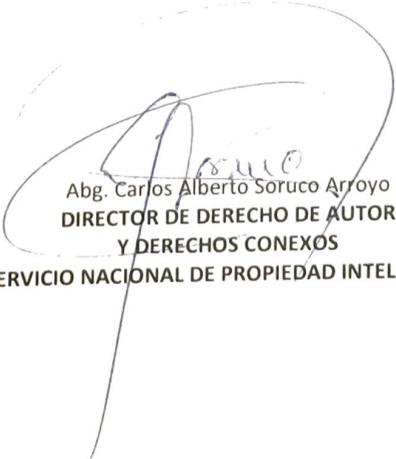
POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"REHABILITACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN DIDÁCTICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÁNICA"**, a favor del autor y titular: **ANDRES JHONATAN RODRIGUEZ CARTAGENA** con C.I. Nº **10004382 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.


Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



ASA/mxaq
c Arch



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz
Av. Montes, Nº 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
Nº 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3127152 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, Nº 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, Nº 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, Nº 366
casi esq. Uriolagaita,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Giro Tingo y Avaroa
Edif. Santa Clara, Nº 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre Nº 5837
entre Ayacucho y Junín,
Galería Central, Of. 14.
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazon entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas Nº 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 7201860