



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA: MECÁNICA

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE
DATOS EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA
PARA GENERAR LA CURVA DE TERMOFLUENCIA EN
MATERIALES FERROSOS”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

JONATAN SANTIAGO JEREZ MOSCOSO

JOHNNY EDUARDO VALLEJO RODRÍGUEZ

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA: MECÁNICA

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE
DATOS EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA
PARA GENERAR LA CURVA DE TERMOFLUENCIA EN
MATERIALES FERROSOS”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: JONATAN SANTIAGO JEREZ MOSCOSO

JOHNNY EDUARDO VALLEJO RODRÍGUEZ

DIRECTOR: Ing. JORGE ISAÍAS CAICEDO REYES

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Jonatan Santiago Jerez Moscoso; y Johnny Eduardo Vallejo Rodríguez

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

Nosotros, Jonatan Santiago Jerez Moscoso y Johnny Eduardo Vallejo Rodríguez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de marzo de 2021



Jonatan Santiago Jerez Moscoso

Cédula de Identidad: 180511418-6


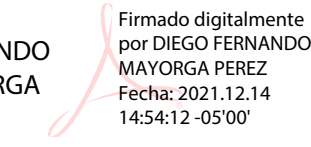


Johnny Eduardo Vallejo Rodríguez

Cédula de Identidad: 060406246-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, “**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA PARA GENERAR LA CURVA DE TERMOFLUENCIA EN MATERIALES FERROSOS**”, realizado por los Señores: **JONATAN SANTIAGO JEREZ MOSCOSO y JOHNNY EDUARDO VALLEJO RODRÍGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Nuñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 EDWIN FERNANDO VITERI NUNEZ <small>Firmado digitalmente por EDWIN FERNANDO VITERI NUNEZ Fecha: 2021.12.23 19:02:38 -05'00'</small>	2021-03-11
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> JORGE ISAIAS CAICEDO REYES	2021-03-11
Ing. Diego Fernando Mayorga Pérez MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 DIEGO FERNANDO MAYORGA PEREZ <small>Firmado digitalmente por DIEGO FERNANDO MAYORGA PEREZ Fecha: 2021.12.14 14:54:12 -05'00'</small>	2021-03-11

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este logro a Dios por saber guiarme y proporcionar ese aliento de esperanza y fuerza que me ha permitido seguir adelante.

A mis padres Marcelo y Ana por toda la confianza brindada, su incondicional apoyo e inagotable esfuerzo que han servido de motivación para no detenerme y así alcanzar esta meta. A mis hermanos Marcelo y Fernando por ser esa fuente de afecto necesaria para continuar.

A la memoria de mi mami Rosa, la mayor inspiración para culminar esta carrera, su anhelo de verme titulado de Ingeniero, el amor con el que me cobijó desde pequeño y el haber creído siempre en mí, ha sido y seguirá siendo sin duda el motor que impulse y guíe mi camino, aunque me hubiese gustado mucho que vea este logro sé que ella está conmigo y está orgullosa.

A mis tíos y primos por esas palabras de aliento. A mis amigos por todos esos momentos vividos y siempre extenderme de su mano en los momentos más difíciles, solo tengo un gracias de corazón.

A mi compañera de vida Jessica quien con su infinito amor e incalculable confianza supo brindarme ese apoyo necesario en todo momento. A mi hijo Santiago Nicolás, mi mayor felicidad y principal motivo para esforzarme y concluir con éxito este proyecto de titulación.

Jonatan Santiago Jerez Moscoso

El presente trabajo de titulación va dedicado con todo mi amor y cariño a mis padres Manuel Vallejo y Blanca Rodríguez, por ser los pilares fundamentales de mi vida que día a día me motivaron y apoyaron impulsando así a terminar con esta etapa de mi vida, a mis hermanos León y Karla por todo su aliento y comprensión.

A todos los seres cercanos con quienes pasamos alegrías, tristezas y momentos inolvidables en el transcurso de toda esta etapa universitaria perduraran.

Johnny Eduardo Vallejo Rodríguez

AGRADECIMIENTO

En primer. Mi infinita gratitud a Dios por la salud y vida, a mi familia y amigos por el apoyo, confianza y por creer en mí.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica que formaron parte del mi crecimiento y desarrollo como profesional, por los consejos y experiencias compartidas.

Agradezco al Ing. Isaías Caicedo, tutor de Tesis; por su asesoramiento y por su valioso aporte de conocimiento y experiencia para culminar este proyecto de titulación.

Jonatan Jerez

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de cumplir este sueño tan anhelado, a mis padres que con su ayuda he logrado superar una etapa más en mi vida, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a mis maestros de la Escuela de Ingeniería Mecánica por compartirme sus conocimientos y experiencias, y brindarme la oportunidad de obtener una profesión. A mis amigos y compañeros por su amistad y gratos momentos en el transcurso de esta etapa Universitaria.

Johnny Vallejo

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY	xviii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 <i>Justificación Teórica</i>	3
1.3.2 <i>Justificación Metodológica</i>	3
1.3.3 <i>Justificación Práctica</i>	4
1.4 Alcance	5
1.5 Objetivos	5
1.5.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
2. METODOLOGÍA	6
2.1 Adquisición de datos	6
2.2 Sistemas de adquisición de datos	6
2.2.1 <i>Componentes de un sistema de adquisición de datos</i>	6
2.2.1.1 <i>Sensores</i>	7
2.2.1.2 <i>Acondicionador de señal</i>	8
2.2.1.3 <i>Convertidor Analógico-Digital</i>	9
2.2.1.4 <i>Computadora con software DAQ</i>	10
2.2.2 <i>Tipos de sistemas de adquisición de datos</i>	10
2.2.2.1 <i>Sistemas o instrumentos de adquisición de datos listos para usar</i>	11
2.2.2.2 <i>Plataformas de desarrollo DAQ</i>	11
2.2.3 <i>Requisitos de un sistema de adquisición de datos</i>	11
2.2.4 <i>Importancia de los sistemas de adquisición de datos</i>	12

2.2.5	<i>Equipos de adquisición de datos.....</i>	12
2.2.5.1	<i>Tarjetas de adquisición de datos plug-in.....</i>	12
2.2.5.2	<i>Sistemas externos</i>	13
2.3	<i>El fenómeno de termofluencia.....</i>	14
2.3.1	<i>Curva de termofluencia.....</i>	14
2.3.1.1	<i>Etapa primaria.....</i>	15
2.3.1.2	<i>Etapa secundaria</i>	15
2.3.1.3	<i>Etapa terciaria.....</i>	15
2.3.2	<i>Relación entre la temperatura o esfuerzo sobre la curva de termofluencia.....</i>	15
2.3.3	<i>El ensayo de termofluencia.....</i>	16
2.3.3.1	<i>Norma ASTM E-139.....</i>	16
2.3.3.2	<i>Consideraciones para el ensayo de termofluencia</i>	17
2.3.3.3	<i>Probeta para ensayo de termofluencia</i>	18
2.4	<i>Enfoque, diseño y alcance de la investigación</i>	19
2.4.1	<i>Enfoque de la investigación.....</i>	19
2.4.2	<i>Diseño de la investigación</i>	19
2.4.3	<i>Alcance la investigación</i>	20
2.5	<i>Población y muestra.....</i>	20
2.5.1	<i>Población.....</i>	20
2.5.2	<i>Muestra.....</i>	21
2.6	<i>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</i>	21
2.6.1	<i>Métodos de investigación</i>	21
2.6.2	<i>Técnicas de investigación.....</i>	22
2.6.3	<i>Instrumentos de investigación</i>	22
2.7	<i>Procedimientos o fases de la investigación.....</i>	22
2.7.1	<i>Revisión bibliográfica</i>	24
2.7.1.1	<i>Caracterización de la máquina de ensayos de termofluencia.....</i>	24
2.7.2	<i>Selección de equipos e instrumentación del sistema.....</i>	26
2.7.2.1	<i>Diseño conceptual del sistema DAQ a implementarse</i>	26
2.7.2.2	<i>Selección del sensor.....</i>	27
2.7.2.3	<i>Selección del acondicionador</i>	29
2.7.2.4	<i>Selección de la tarjeta con conversor A/D.....</i>	35
2.7.2.5	<i>Selección del software para el desarrollo de la interfaz.....</i>	37
2.7.3	<i>Montaje del sistema en la máquina de ensayos.....</i>	37
2.7.3.1	<i>Esquema del sistema DAQ a implementarse</i>	38
2.7.3.2	<i>Fabricación de la tarjeta acondicionadora</i>	40
2.7.3.3	<i>Instalación del sensor en la máquina de ensayos</i>	42

2.7.3.4	<i>Instalación de los componentes en el tablero</i>	44
2.7.3.5	<i>Cableado de los componentes</i>	45
2.7.4	<i>Diseño de la interfaz gráfica del sistema</i>	46
2.7.4.1	<i>Desarrollo del HMI</i>	46
2.7.5	<i>Programación del sistema DAQ</i>	51
2.7.5.1	<i>Diagrama de flujo del código</i>	51
2.7.5.2	<i>Lectura del canal analógico</i>	52
2.7.5.3	<i>Adecuación de la señal</i>	54
2.7.5.4	<i>Conversión de la señal a distancia</i>	56
2.7.5.5	<i>Almacenamiento datos de deformación</i>	57
2.7.5.6	<i>Generación de la curva deformación versus tiempo</i>	58
2.7.5.7	<i>Generación del reporte con los resultados</i>	59
3.	GESTIÓN DEL PROYECTO	62
3.1	Evaluación del sistema de adquisición de datos de la máquina de ensayos	62
3.1.1	<i>Pruebas de funcionamiento</i>	62
3.1.1.1	<i>Adecuación de la probeta y sistemas de la máquina para ensayo de termofluencia</i>	62
3.1.1.2	<i>Inicialización del sistema de adquisición de datos</i>	64
3.1.2	<i>Verificación del sistema de adquisición de datos</i>	66
3.1.2.1	<i>Pasos para la ejecución del ensayo</i>	66
3.1.2.2	<i>Adquisición de datos de deformación</i>	68
3.1.2.3	<i>Generación de la curva de termofluencia en tiempo real</i>	68
3.1.2.4	<i>Generación del reporte en Excel con los resultados</i>	69
3.2	Análisis y discusión de resultados	70
3.2.1	Datos obtenidos en el Ensayo 1	71
3.2.2	Datos obtenidos en el Ensayo 2	72
3.2.3	Datos obtenidos en el Ensayo 3	73
3.2.4	Cálculo de la media de deformación producida en los ensayos	75
3.2.5	Cálculos y análisis del error	76
3.3	Análisis de costos	78
3.3.1	Costos directos	78
3.3.1.1	<i>Costos del sistema de tracción</i>	78
3.3.1.2	<i>Costo de elementos electrónicos</i>	79
3.3.1.3	<i>Costo de construcción y montaje</i>	79
3.3.1.4	<i>Costo de mano de obra</i>	80
3.3.1.5	<i>Costo de transporte</i>	80
3.3.1.6	<i>Costos directos totales</i>	81

3.3.2	<i>Costos indirectos</i>	81
3.3.3	<i>Costos totales</i>	82
4.	CONCLUSIONES.....	83
5.	RECOMENDACIONES.....	85

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Sensores para medición de variables físicas.....	8
Tabla 2-2: Valores máximos y mínimos que alcanzan los sistemas.	25
Tabla 3-2: Sensores para medición de variables físicas.....	27
Tabla 4-2: Datos técnicos del sensor QMT300-R200-IEP-IO-V1.....	28
Tabla 5-2: Simbología de conexión QMT300-R200-IEP-IO-V1.	29
Tabla 6-2: Comparación entre acondicionadores comerciales y fabricación propia.....	30
Tabla 7-2: Características técnicas de la tarjeta acondicionadora.....	34
Tabla 8-2: Comparación entre acondicionadores comerciales y fabricación propia.....	35
Tabla 9-2: Características técnicas de la tarjeta NI 6002.....	36
Tabla 10-2: Detalles técnicos de la fuente de voltaje.....	39
Tabla 11-2: Detalle de cables de conexión.	45
Tabla 12-2: Variables a mostrar en la interfaz gráfica.....	47
Tabla 1-3: Datos adquiridos primer ensayo.	71
Tabla 2-3: Datos adquiridos segundo ensayo.	72
Tabla 3-3: Datos adquiridos tercer ensayo.....	74
Tabla 4-3: Datos deformación media producida en los ensayos.....	75
Tabla 5-3: Error entre datos de deformación manual referencial versus sistema DAQ.....	77
Tabla 6-3: Costos del sistema de tracción.....	79
Tabla 7-3: Costos de elementos electrónicos.....	79
Tabla 8-3: Costos de construcción y montaje.	80
Tabla 9-3: Costos de mano de obra.....	80
Tabla 10-3: Costos de transporte	81
Tabla 11-3: Costos directos totales.....	81
Tabla 12-3: Costos indirectos	81
Tabla 13-3: Costos totales.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Elementos de un sistema moderno de adquisición de datos.	7
Figura 2-2: Tipos de sensores para medición de fenómenos físicos.....	7
Figura 3-2: Tarjeta acondicionadora de señal DAQ SIRIUS.....	9
Figura 4-2: Esquema de un conversor analógico digital.....	10
Figura 5-2: Tarjeta de adquisición de datos.....	13
Figura 6-2: Sistema externo de adquisición de datos.....	13
Figura 7-2: Curva ideal y etapas de Termofluencia.....	14
Figura 8-2: Curva ideal y etapas de Termofluencia.....	16
Figura 9-2: Mecanismo para el ensayo de termofluencia.....	16
Figura 10-2: Probeta de tensión plana con sección reducida.....	18
Figura 11-2: Máquina ensayo termofluencia Laboratorio Resistencia Materiales.....	24
Figura 12-2: Modelación estructural de la máquina de ensayos.....	25
Figura 13-2: Sensor óptico QMT300-R200-IEP-IO-V1.....	28
Figura 14-2: Conexión eléctrica sensor QMT300-R200-IEP-IO-V1.....	29
Figura 15-2: Rango operativo del sensor óptico QMT300-R200-IEP-IO-V1.....	31
Figura 16-2: Relación entre corriente y tensión para efectuar el acondicionamiento.....	31
Figura 17-2: Relación entre distancia y voltaje acondicionado.....	33
Figura 18-2: Diseño esquemático de la tarjeta acondicionadora.....	33
Figura 19-2: Diseño esquemático de la tarjeta acondicionadora.....	34
Figura 20-2: Tarjeta NI 6002.....	36
Figura 21-2: Software Labview 2017 32 bits.....	37
Figura 22-2: Esquema del sistema DAQ a implementarse en la máquina de ensayos.....	38
Figura 23-2: Fuente de voltaje 24 VDC del sistema DAQ.....	39
Figura 24-2: Diseño de la tarjeta impresa en papel couche.....	40
Figura 25-2: Corte y limpieza de la placa.....	40
Figura 26-2: Transferencia del diseño a la placa.....	41
Figura 27-2: Transferencia del diseño a la placa.....	41
Figura 28-2: Curado del diseño en la placa.....	42
Figura 29-2: Placa acondicionadora fabricada.....	42
Figura 30-2: Montaje del sensor en la máquina de ensayos.....	43
Figura 31-2: Superficie reflectante del sensor.....	43
Figura 32-2: Tablero de control del sistema de temperatura.....	44
Figura 33-2: Bases de sujeción impresas en 3D.....	44
Figura 34-2: Esquema eléctrico del sistema DAQ.....	45

Figura 35-2: Sistema DAQ implementado en la máquina de ensayos.....	46
Figura 36-2: Creación del proyecto.	47
Figura 37-2: Pantalla principal de la interfaz HMI.	48
Figura 38-2: Sección de control e ingreso de datos de variables.	48
Figura 39-2: Sección de registro de datos en tabla dinámica.....	49
Figura 40-2: Sección de generación de la gráfica en tiempo real.	49
Figura 41-2: Sección de control del sistema y registro de datos.....	50
Figura 42-2: Sección visualización de la máquina de ensayos.	50
Figura 43-2: Diagrama de flujo del código del sistema.	51
Figura 44-2: Bloque DAQ Assistant.....	52
Figura 45-2: Creación de un nuevo canal de lectura.....	53
Figura 46-2: Parámetros del canal creado.....	53
Figura 47-2: Bloque Filter.	54
Figura 48-2: Parámetros ingresados en el Bloque Filter.....	54
Figura 49-2: Bloque Statistics.....	55
Figura 50-2: Parámetros ingresados en el Bloque Statistics.....	55
Figura 51-2: Bloques de lectura y adecuación del canal analógico.	56
Figura 52-2: Programación para obtención de la distancia.....	56
Figura 53-2: Programación control de tara y conversión distancia en milímetros.	57
Figura 54-2: Programación almacenamiento de la deformación.	57
Figura 55-2: Programación tiempo de comunicación y muestreo.	58
Figura 56-2: Programación tiempo de adquisición de datos.....	58
Figura 57-2: Programación calculo tiempo de ensayo en minutos.	59
Figura 58-2: Programación visualización de la gráfica.	59
Figura 59-2: Plantilla de Excel para generación del reporte.....	60
Figura 60-2: Programación creación del reporte.	60
Figura 61-2: Programación creación archivos del reporte.....	61
Figura 1-3: Probetas empleadas en los ensayos.....	62
Figura 2-3: Montaje de la probeta para ensayo.....	63
Figura 3-3: Seteo de la temperatura de ensayo en el controlador.	63
Figura 4-3: Seteo de la presión de ensayo en el controlador.	64
Figura 5-3: Diagrama de conexión del sistema DAQ.....	64
Figura 6-3: Inicio del VI sistema DAQ.	65
Figura 7-3: Programa sistema DAQ inicializado.....	65
Figura 8-3: Programa sistema DAQ inicializado.....	66
Figura 9-3: Sistema DAQ durante la ejecución de los ensayos.	67
Figura 10-3: Verificación de la adquisición de datos deformación.	68

Figura 11-3: Verificación de la curva de termofluencia en tiempo real.	68
Figura 12-3: Curva de termofluencia en tiempo real exportada de la interfaz gráfica.	69
Figura 13-3: Verificación de la creación de los directorios.	69
Figura 14-3: Verificación de la creación del archivo Excel con el reporte.....	70
Figura 15-3: Verificación de los resultados almacenados en el archivo Excel.....	70
Figura 16-3: Curva 1 Deformación vs Tiempo del acero ASTM A36 a 500°C.	72
Figura 17-3: Curva 2 Deformación vs Tiempo del acero ASTM A36 a 500°C.	73
Figura 18-3: Curva 3 Deformación vs Tiempo del acero ASTM A36 a 500°C.	75
Figura 19-3: Curva Deformación Media vs Tiempo probetas ASTM A36 a 500°C.	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Fases para la implementación del sistema de adquisición de datos.	23
Gráfico 2-2: Diseño conceptual del sistema DAQ.	26

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Ley de Ohm.	32
Ecuación 2-2: Ecuación para convertir la señal en distancia.	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANOS ACTUALES DE LA MÁQUINA DE TERMOFLUENCIA.

ANEXO B: DATASHEET SENSOR QMT300-R200-IEP-IO-V1.

ANEXO C: DATASHEET NI DAQ 6002.

ANEXO D: PLANO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DAQ.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene por objetivo implementar un sistema de adquisición de datos en una máquina de ensayos de termofluencia con la finalidad de generar la curva de termofluencia en materiales ferrosos. El trabajo se desarrolló en diferentes etapas partiendo de la revisión bibliográfica referente a los sistemas de adquisición de datos (DAQ) para determinar los requerimientos y componentes del sistema a implementarse. A continuación, se procedió con la caracterización de la máquina de ensayos de termofluencia mediante el análisis de los sistemas presentes en la máquina. Posteriormente se realizó el diseño conceptual del sistema para la selección de los equipos e instrumentos a emplearse a través de la comparativa de sus prestaciones operacionales y funcionales, una vez seleccionados se pasó a la implementación del sistema en la máquina de ensayos de termofluencia. Culminado este proceso se realizó el diseño de la interfaz gráfica y programación dentro del software Labview teniendo como puntos esenciales la adquisición, monitoreo, almacenamiento y generación de la curva de termofluencia en tiempo real. Finalmente se ejecutaron las pruebas para la evaluación y verificación del sistema implementado mediante el desarrollo de ensayos en probetas ASTM A36 a una temperatura de 500 °C y 1321,1 PSI. Como resultado se obtuvo un error menor al 1% en la adquisición de la deformación instantánea y del 5,90% promedio en comparativa con los datos obtenidos de forma manual. Se concluyó que el sistema implementado tiene un correcto funcionamiento en la gestión de datos mediante el registro, visualización, generación y reporte de la curva característica de termofluencia en tiempo real durante los ensayos. Se recomienda socializar las investigaciones del fenómeno de termofluencia estudiado a partir de la implementación del sistema DAQ en la máquina de ensayos de termofluencia.

Palabras clave: <SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS> <MÁQUINA DE ENSAYOS><TERMOFLUENCIA> <INTERFAZ GRÁFICA> <LABVIEW (SOFTWARE)>

SUMMARY

The objective of this degree work is to implement a data acquisition system in a creep test machine to generate the creep curve in ferrous materials. The work was developed in different stages starting from the bibliographic review regarding data acquisition systems (DAQ) to determine the requirements and components of the system to be implemented. Next, the characterization of the creep testing machine was carried out by analyzing the systems present in the machine. Subsequently, the conceptual design of the system was carried out for the selection of the equipment and instruments to be used through the comparison of their operational and functional benefits, once it was selected, the system was implemented in the creep test machine. Upon completion of this process, the graphic interface design and programming were carried out within the Labview software, having as essential points the acquisition, monitoring, storage, and generation of the creep curve in real time. Finally, the tests were carried out for the evaluation and verification of the implemented system by developing tests on ASTM A36 specimens at a temperature of 500 ° C and 1321.1 PSI. As a result, an error of less than 1% was obtained in the acquisition of instantaneous deformation and an average 5.90% in comparison with the data obtained manually. It was concluded that the implemented system has a correct operation in data management through the recording, visualization, generation and reporting of the creep characteristic curve in real time during the tests. It is recommended to socialize the investigations of the creep phenomenon studied from the implementation of the DAQ system in the creep test machine.

Keywords: <DATA ACQUISITION SYSTEM> <TESTING MACHINE>
<TERMOFLUENCE> <GRAPHIC INTERFACE> <LABVIEW (SOFTWARE)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El fenómeno de termofluencia o creep en materiales ferrosos se ha convertido en un principal objeto de estudio para investigadores, ya que es uno de los fenómenos dañinos más importantes en el diseño de equipos y componentes industriales. Dicho estudio se centra en el análisis de la curva característica del fenómeno que relaciona la deformación en función del tiempo obtenida a una determinada temperatura y presión constante, mediante el empleo de máquinas adecuadas para la realización de ensayos.

A nivel mundial existen máquinas comerciales desarrolladas por ciertas empresas para realizar ensayos de termofluencia, como primer antecedente se presenta la máquina de ensayos de la serie Kappa desarrollada por la empresa española Zwick/Roell bajo los estándares ISO 204:2009 para el ensayo de termofluencia uniaxial bajo carga de tracción en metales, esta máquina cuenta con un sistema modernizado en lo referente a la automatización y software de ensayos testXpert III de desarrollo propio para la obtención, registro y seguridad de los datos adquiridos de la máquina. Además, dicho software permite la generación automática de la curva de termofluencia mientras se desarrolla el ensayo, con una precisión de +/- 1mm en la obtención de la deformación. (Zwick/Roell, 2021)

En América se sienta como antecedente la máquina para pruebas Creep y de Ruptura HCT-28 desarrollada por la empresa mexicana Cientec, fabricada bajo estándares internacionales y equipada con un computador en el que se encuentra cargado su propio software denominado PTS Maxtest orientado a la operación, adquisición y control de la máquina. Este software permite un control digital total, la generación y análisis de la curva obtenida durante el ensayo de termofluencia, niveles de seguridad en manejo de datos, manejo versátil de la base de datos, así como la generación de un reporte de resultados. (Cientec, 2008)

En Ecuador, a nivel universitario e industrial no se tiene un precedente referente a un estudio amplio acerca del fenómeno de termofluencia en materiales ferrosos, debido a la falta de maquinaria y equipo necesario para la realización de ensayos por su complejidad de fabricación y costo de adquisición. Sin embargo, en el país se cuenta únicamente con contadas máquinas de ensayos de termofluencia cuyo diseño y fabricación es nacional.

Se presenta como antecedente a nivel nacional la máquina fabricada por los autores Loor y Morales (2012), de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en su trabajo denominado: “Ensayo de Termofluencia del Acero AISI-SAE 1018 y Construcción del Modelo Predictivo de Vida”, en el cual desarrollaron un banco experimental para ensayos de termofluencia a partir de un sistema de brazo palanca, equipado con un horno, sistemas de control y supervisión remota; la adquisición de datos se efectúa mediante el empleo de una tarjeta DAQ 6008 controlada por una interfaz gráfica desarrollada en el software Labview, misma que permite la visualización de los parámetros temperatura y deformación, así como la generación y registro de la gráfica deformación en función del tiempo a lo largo del ensayo. (Loor Riascos, y otros, 2015)

A nivel local se tiene como antecedente la máquina para ensayos ubicada en el laboratorio de resistencia de materiales dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, máquina desarrollada por el autor Isaías Caicedo (2014), de la Universidad Técnica de Ambato, es su trabajo de maestría denominado: “Estudio del efecto de termofluencia sobre el hierro fundido gris perlítico como material alternativo y su incidencia en la degradación microestructural en espejos de la cámara de los hornos industriales para pan”, en el cual se diseñó e implementó una máquina funcional adecuada para la aplicación de temperatura y fuerza constante. El registro de la deformación durante el ensayo se realiza de forma manual mediante la visualización a través de un equipo calibrador pie de rey ubicado a un costado de la máquina, registrando las lecturas en hojas a mano para posteriormente generar la gráfica característica deformación en función del tiempo con ayuda del software Excel. (Caicedo Reyes, 2014)

1.2 Formulación del problema

Como se mencionó en el apartado de antecedentes el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con una Máquina para Ensayos de Termofluencia funcional al servicio de docentes y estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En esta máquina la obtención de la deformación de la probeta a lo largo del tiempo a temperatura y presión constante se realiza mediante un registro manual de los datos para en un posterior generar la curva característica del ensayo haciendo empleo del software Excel, lo que hace que el proceso sea tardado y produzca cansancio en la persona que ejecuta el ensayo debido a la duración extensa del mismo. Así como la imposibilidad de poder estudiar el efecto de termofluencia en tiempo real mediante el análisis de la gráfica deformación en función del tiempo, teniendo que esperar a la culminación del mismo que en ocasiones toma días de registro manual de datos para poder realizar este proceso.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Teórica

Hoy en día para los diseñadores de equipos y componentes industriales es necesario investigar y tener en cuenta todos los fenómenos que puedan ocasionar fallos en materiales, teniendo como principal razón la seguridad de las personas que puedan verse afectadas ante un hipotético fallo, así como en menor medida el aspecto económico derivado de potenciales reparaciones, cambio de componentes o paradas durante el proceso de instalación. De esta manera se denota la importancia que las máquinas orientadas al desarrollo de ensayos de termofluencia cuenten con un sistema de adquisición de datos que mediante el empleo de sensores y un software permita visualizar en una interfaz gráfica la generación de la curva característica y poder estudiar su efecto. (Arveng, 2019)

Esta propuesta tecnológica se la realiza con el propósito de mejorar la adquisición de datos de deformación obtenidos de la máquina de termofluencia, así como ayudar a los ensayistas en el desarrollo de los ensayos de termofluencia, ya que se estaría demostrando que el contar con un sistema de adquisición de datos mejoraría mediante la obtención automática de la curva característica de dichos ensayos y evitaría el esfuerzo humano al momento de registrar los datos de deformación manualmente como se lo realiza actualmente.

Una vez instalado y adecuado el sistema de adquisición de datos durante el ensayo, se podrá observar los cambios micro estructurales que sufre el material representados en la curva deformación en función del tiempo, de tal modo que el resultado de la práctica sea más exacto y arroje mejores resultados a los ya obtenidos de forma manual.

1.3.2 Justificación Metodológica

Para la elaboración de la presente propuesta tecnológica y con el fin de llegar a los resultados planteados en los objetivos se aplicará la metodología adecuada para su correcto desarrollo. Empleando la investigación bibliográfica para la recopilación de la información acerca de los sistemas de adquisición de datos; así como la investigación descriptiva para detallar el funcionamiento de la máquina para ensayo de termofluencia ubicada en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH, y analizar la curva característica deformación en función del tiempo resultante del ensayo. Luego mediante el empleo del método científico experimental se procederá a bosquejar, diseñar y seleccionar los elementos hardware y software del sistema de adquisición de datos para finalmente proceder a la implementación del sistema en

la máquina de ensayos con el fin de brindar una mayor exactitud y autonomía al generar la curva característica deformación en función del tiempo; curva que será corroborada mediante la ejecución de pruebas a temperatura y presión preestablecidas, y haciendo uso de datos estadísticos poder determinar el porcentaje de error en comparación con la curva obtenida de forma manual en iguales condiciones a las ejecutadas para el periodo de pruebas.

1.3.3 Justificación Práctica

La factibilidad para el desarrollo de la presente propuesta tecnológica se da porque existe la necesidad de mejorar la toma de datos de deformación durante el ensayo de termofluencia proceso que se realiza de forma manual actualmente, con un sistema de adquisición de datos que sea capaz de generar en tiempo real mediante una interfaz gráfica la curva deformación en función del tiempo de forma automática, así como contar con un registro de datos y generar un reporte con el fin de obtener resultados finales exactos al culminar el ensayo.

Con la implementación del sistema de adquisición de datos se podrá evidenciar el hecho que para el desarrollo del ensayo será muy provechoso poder visualizar la curva característica, permitiendo de esta manera potenciar a la máquina de ensayos de termofluencia en cuanto al desarrollo e implementación de un nuevo sistema de adquisición y visualización de datos poniéndola a la par con las máquinas industriales detalladas en la sección de antecedentes.

Además, la contribución que se dará para los ensayistas es que puedan tener una idea clara que ayude en el desarrollo de los trabajos o futuras investigaciones referentes al fenómeno de termofluencia en materiales ferrosos gracias a que el sistema genera la curva deformación en función del tiempo en tiempo real. Siendo beneficiarios directos los docentes, estudiantes, investigadores de la ESPOCH, e indirectamente otras personas o entidades que se podrán beneficiar con los resultados que se obtendrán del desarrollo del presente trabajo de titulación.

Con esto se espera fomentar la investigación referente al fenómeno de termofluencia en las instituciones de educación superior u otras instituciones que requieran evaluar posibles fallos en materiales ferrosos mediante la ejecución de ensayos y el posterior análisis de la curva característica.

1.4 Alcance

El trabajo planteado dispondrá de un sistema de adquisición de datos que permita llegar a recolectar, visualizar y almacenar los datos de deformación durante el ensayo de termofluencia efectuado en la máquina de ensayos del fenómeno ubicada en la ESPOCH, en la escuela de Ingeniería Mecánica, en el laboratorio de resistencia de materiales, mediante un sensor de distancia con excelente resolución, lo que facilitará la obtención de la curva deformación en función del tiempo de forma automática y tiempo real.

La obtención de dicha curva se encuentra limitada a la realización de los ensayos en la máquina bajo los parámetros de temperatura y presión que se puedan alcanzar con los sistemas actualmente instalados, siendo para la temperatura de trabajo una máxima de 700 grados centígrados alcanzada mediante el controlador de temperatura del horno de la máquina y para la presión 2400 psi a través del banco hidráulico, valores que se encuentran dentro del rango para la realización de ensayos de termofluencia en probetas planas de sección reducida fabricadas bajo la norma ISO 6892-1 propia para la máquina de ensayos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema de adquisición de datos en una máquina de ensayos de termofluencia para generar la curva característica del fenómeno en materiales ferrosos de forma automática.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Examinar el estado del arte correspondiente al estudio del sistema de adquisición de datos para conocer los requerimientos del mismo.
- Seleccionar los componentes del sistema a partir del diseño conceptual del mismo, para la determinación de las características adecuadas a la alternativa más óptima.
- Montar e implementar el sistema de adquisición de datos en la máquina de ensayos de termofluencia.
- Desarrollar la interfaz gráfica del sistema que permita gestionar los datos, así como la generación y visualización de la curva característica del fenómeno en materiales ferrosos.
- Realizar la validación del sistema de adquisición de datos con la ejecución de ensayos para comprobar su correcto funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Adquisición de datos

La adquisición de datos o DAQ (Data Acquisition) se refiere al proceso de realizar mediciones de fenómenos físicos, con el fin de registrarlos para poder ser analizados. En general, la adquisición de datos se presenta como una forma distinta a los métodos tradicionales de recolección mediante grabaciones en cinta o gráficos de papel, ya que existe una conversión entre señales analógicas a digitales, mismas que son grabadas en unidades de almacenamiento digital como unidades flash o unidades de disco duro. (Dewesoft, 2020)

Este proceso es comúnmente aplicado en escenarios donde se requiere documentar una o varias variables provenientes de un fenómeno físico a estudiar para poder investigar su impacto. Por tal motivo la adquisición de datos ha evolucionado en sistemas DAS (Data Acquisition Systems) mismos que se encuentran presentes en la mayoría de las maquinarias industriales, pero con un mayor desarrollo en máquinas orientadas a la ejecución de ensayos de laboratorio.

2.2 Sistemas de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos son productos o procesos empleados para analizar y documentar un fenómeno en particular mediante la recopilación de información. Con el avance de la tecnología estos sistemas han simplificado el proceso logrando que sea más preciso, versátil y fiable mediante el empleo de equipos electrónicos en comparación con el registro de datos realizado de forma manual. Desde los registradores más simples hasta lo más sofisticados equipados con sistemas informáticos son considerados un punto focal dentro de un sistema DAS, ya que es el encargado de gestionar la información proveniente de los sensores tales como son los que indican temperatura, nivel, distancia, caudal o presión. (Omega, 2012)

2.2.1 Componentes de un sistema de adquisición de datos

Los sistemas modernos de adquisición de datos digitales cuentan con cuatro componentes esenciales que forman la cadena de medición de los fenómenos físicos. En la figura 1-2, se presenta un esquema básico de un sistema de adquisición de datos, en el que destacan:

- Sensores
- Acondicionador de señal
- Convertidor Analógico-Digital
- Computadora con software DAQ



Figura 1-2: Elementos de un sistema moderno de adquisición de datos.

Fuente: (Dewesoft, 2020)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.2.1.1 Sensores

También conocidos como transductores son uno de los componentes fundamentales de los sistemas DAS y son el punto inicial de la cadena de medición de los sistemas modernos. Son dispositivos encargados de convertir un fenómeno físico en un voltaje, corriente analógica medible, o señal digital transmitida para procesamiento y posterior visualización en pantallas mediante el empleo de interfaces gráficas. (Dewesoft, 2020)

Existe una amplia gama de sensores diseñados para medir fenómenos físicos, figura 2-2, dichos sensores son fabricados para su aplicación en distintos sistemas industriales, educativos, maquinaria de ensayo, entre otras.

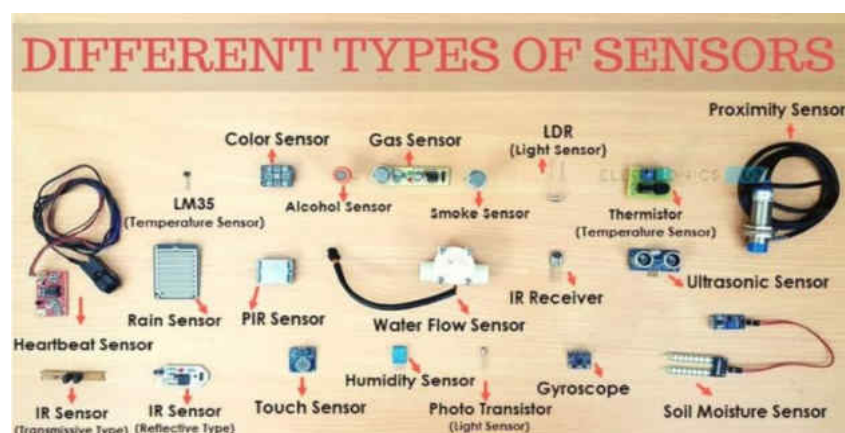


Figura 2-2: Tipos de sensores para medición de fenómenos físicos.

Fuente: (Electronicshub, 2020)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la tabla 1-2, se pueden destacar los principales sensores empleados en sistemas de adquisición de datos para la medición de variables físicas:

Tabla 1-2: Sensores para medición de variables físicas.

Tipo de Sensor	Variable física a medir
Termocupla, RTD y termistor	Temperatura
Calibradores de tensión	Tensión, presión, peso
Celda de carga	Peso y carga
LVDT	Desplazamiento en la distancia
Acelerómetro	Vibraciones y golpes
Ópticos	Distancia, luz, ausencia / presencia
Digitales	Conteo discreto, codificación, posición

Fuente: (Dewesoft, 2020)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Dependiendo del tipo de sensor, su salida eléctrica puede ser un voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico que varíe en función de la variable física a lo largo del tiempo. Los sensores comúnmente tienen dos tipos de salidas:

- **Salida analógica:** la salida de estos sensores se encuentra conectada a un acondicionador de señal.
- **Salida digital:** la salida genera una serie de bytes de datos escalados o no escalados.

2.2.1.2 Acondicionador de señal

Los sistemas de adquisición de datos DAS se conectan a una amplia variedad de sensores y señales para ejecutar su trabajo, los acondicionadores de señal se encargan de tomar la señal eléctrica del sensor y acondicionarla para que el subsistema conversor analógico digital pueda convertirla a una señal digital. Este acondicionamiento se requiere en ciertos sensores para poder funcionar y proporcionar una salida normalizada.

Requisitos de un acondicionador de señal

En la actualidad los acondicionadores de señal tienen elementos necesarios que los hacen compatibles y útiles para los sistemas de adquisición de datos DAS, estos elementos son:

- **Aislamiento eléctrico:** proporciona aislamiento eléctrico entre las entradas y salidas, su principal función es la reducir el ruido para garantizar mediciones precisas.
- **Conectores de conexión:** los sistemas DAS se adaptan a una amplia gama de sensores, por tal motivo el uso de los conectores apropiados para su conexión es determinante al momento de su correcto funcionamiento.
- **Selección rango de medida:** la selección adecuada de rangos acorde al tipo de acondicionador y su aplicación es un requisito crítico en el acondicionador de señal para establecer la ganancia de entrada.
- **Filtrado de señales:** en general se requiere algún tipo de filtrado de señal, comúnmente se emplea un filtro pasa bajo para reducir el ruido eléctrico. Este filtro puede ser de tipo hardware o software.
- **Conformidad con los requisitos del sensor:** el acondicionador debe ser capaz de estar perfectamente adaptado al sensor con el que se trabajara

La figura 3-2, muestra un acondicionador de señal del sistema DAQ SIRIUS desarrollado por la compañía Dewesoft.



Figura 3-2: Tarjeta acondicionadora de señal DAQ SIRIUS.

Fuente: (Dewesoft, 2020)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.2.1.3 Convertidor Analógico-Digital

También conocido como ADC (Analogic Digital Converter), su función principal es la de convertir la señal analógica acondicionada en datos digitales para que el sistema DAS pueda procesarla, como se ilustra en la figura 4-2. La resolución de bits en los sistemas de adquisición de datos comúnmente era de 8 bits, pero con el desarrollo de estos sistemas los ADC de 16 bits se consideran comúnmente la resolución mínima para señales en general, aunque en el mercado existen sistemas de gama baja que utilizan ADC de 12 bits. (Dewesoft, 2020)

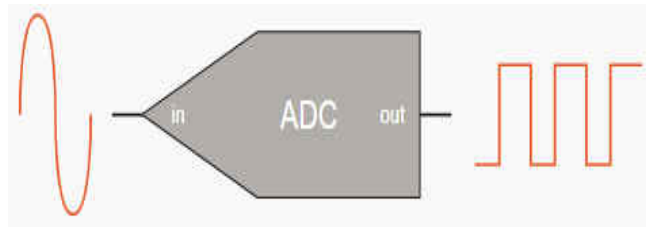


Figura 4-2: Esquema de un conversor analógico digital.

Fuente: (Dewesoft, 2020)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Por lo general un sistema común DAS tiene varios canales de circuitos de acondicionamiento de señales que son conectados hacia el sistema ADC. La velocidad a la que se convierten las señales se denomina frecuencia de muestreo.

2.2.1.4 Computadora con software DAQ

Los sistemas DAS cuentan con un software adecuado para el registro y análisis de las señales provenientes de los sensores, comúnmente este software es diseñado para cumplir con los requisitos del cliente y fabricante, se pueden encontrar en plataformas libres o privadas. En conjunto con el software desarrollado para el sistema DAQ los fabricantes también desarrollan controladores para poder comunicar el DAS con el computador. Los requisitos de hardware para el computador dependen de la capacidad y requerimientos del software desarrollado.

Actualmente los sistemas usan para el almacenamiento de datos la unidad de disco duro del computador para transmitir los datos desde el sistema ADC hacia el almacenamiento permanente. Además, la mayoría de los sistemas permiten la exportación de los datos en formatos de archivo para su análisis en software especializado, el formato común de datos es el CSV conocido como valores separados por comas.

2.2.2 Tipos de sistemas de adquisición de datos

Existen dos tipos básicos de sistemas de adquisición de datos.

- Sistemas o instrumentos de adquisición de datos listos para usar
- Plataformas de desarrollo DAQ

2.2.2.1 Sistemas o instrumentos de adquisición de datos listos para usar

Son considerados como instrumentos que los profesionales en el área pueden operar con un mínimo de formación referente al sistema. Tienen como característica el no requerir ensamblaje ni el empleo de lenguajes de programación, ya que están orientados al uso por el usuario final; estos sistemas sin embargo cuentan con una limitante en sus funciones en comparación con los sistemas que pueden programarse para realizar una infinidad de operaciones.

Los sistemas modernos listo para usar proporcionan sistemas de registro de datos independientes conocidos como registradores de datos.

2.2.2.2 Plataformas de desarrollo DAQ

Estas plataformas están representadas por la compañía National Instruments (NI) encargada del desarrollo del software LabVIEW que está orientado al diseño por parte de ingenieros de su propio software de adquisición de datos. Este software se basa en el modelo de programación gráfica orientada a objetos.

La compañía además ofrece una amplia gama de interfaces hardware compatible con su sistema software, si bien las plataformas de desarrollo ofrecen la mayor flexibilidad para poder desarrollar cualquier sistema, el usuario es el encargado de desarrollar y programar esencialmente todo su propio sistema. Además, es el responsable del mantenimiento, corrección de errores y posibles actualizaciones del sistema de adquisición de datos desarrollado.

2.2.3 *Requisitos de un sistema de adquisición de datos*

El objetivo principal de un sistema DAS es la de adquirir y almacenar los datos, pero también se orientan a su visualización y análisis en tiempo real mediante la capacidad analítica y generación de informaciones que tienen incorporadas. Acorde al tipo de aplicación los sistemas de adquisición de datos tienen varios requisitos claves que se pueden encontrar presentes en proporciones variables. A continuación, se presentan los requisitos de un sistema DAS:

- Registro de datos.
- Almacenamiento de datos.
- Visualización de datos en tiempo real.
- Generación del informe.

2.2.4 Importancia de los sistemas de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos son imprescindibles en la prueba de productos, elementos, materiales o prácticamente cualquier dispositivo electromecánico que utilice la gente. Antes de la aparición de estos sistemas la adquisición de datos se realiza de una manera no estructurada basándose en una apreciación subjetiva de los usuarios. Con la invención y el desarrollo de sistemas capaces de recopilar datos de una amplia variedad de sensores, se reemplazaron las opiniones subjetivas por mediciones objetivas que podían analizarse y visualizarse de una forma fácil mediante el empleo de interfaces gráficas.

En la actualidad, los fabricantes de equipos, dispositivos, maquinaria a gran escala, entre otros, no consideran pasar a la etapa de fabricación sin antes emplear la adquisición de datos para medir objetivamente la confiabilidad, rendimiento y seguridad. Además, los investigadores se han visto beneficiados en igual medida al poder contar con equipos y sistemas que permitan recopilar información, visualizar datos y analizar el comportamiento de fenómenos físicos producidos al estudiar el comportamiento de materiales.

2.2.5 Equipos de adquisición de datos

Los equipos de adquisición de datos empleados en los sistemas DAQ se caracterizan por una serie de parámetros que permiten decidir su utilización. En el mercado destacan la existencia de tarjetas de adquisición de datos tipo plug-in y sistemas externos.

2.2.5.1 Tarjetas de adquisición de datos plug-in

La tarjeta de adquisición de datos realiza mediciones y procesos de control, típicamente convierte señales de onda análogas a valores digitales para su posterior procesamiento. Es decir, hace el papel de intermediario entre la recepción de la señal analógica proveniente de sensores y la señal eléctrica que transmite los datos hacia la PC mediante un bus.

Estas tarjetas pueden contener entradas y salidas análogas o digitales, convertidores analógicos a digitales, sistemas de multiplexado entre otras funciones. Son diseñadas de manera que puedan ser insertadas en los slots internos del computador, limitando con esto los recursos del mismo. Pueden ser tarjetas PCI, figura 5-2, (Peripheral Component Interconnect), que una vez instaladas quedan listas para su uso, pudiendo establecer comunicación con la misma mediante el puerto USB y ethernet.

Se destaca que estas tarjetas son más baratas respecto a los sistemas externos.



Figura 5-2: Tarjeta de adquisición de datos.

Fuente: (Researchgate, 2009)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.2.5.2 *Sistemas externos*

Son plataformas robustas para sistemas de medida y automatización, figura 6-2, de alto rendimiento orientados a aplicaciones industriales como manufactura, militares, aeroespaciales entre otras. Estos constan de un equipo autónomo conectado a un computador mediante una interfaz estándar, cuenta con un mayor número de canales de entrada y salida en comparación a las tarjetas plug-in.

Estos sistemas externos tienen una amplia compatibilidad y pueden ser utilizados con una variedad de sensores acorde a su aplicación. La conexión con otros equipos que no sean ordenadores, tales como PLC se realiza bajo el empleo de los estándares RS-232, RS-485, USB entre otras. Poseen una mayor protección en su carcasa para evitar interferencias por ruido eléctrico procedente de procesos industriales, así como una mayor velocidad ya que cuentan con procesadores dedicados para su aplicación en procesos de control en tiempo real.



Figura 6-2: Sistema externo de adquisición de datos.

Fuente: (Instrutech, 2016)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Actualmente estos equipos están destinados al área industrial, ya que se hace empleo de un computador destinado exclusivamente al control y almacenamiento de la información. La mayor desventaja es el costo, tanto de los equipos como de los accesorios requeridos.

2.3 El fenómeno de termofluencia

La necesidad de caracterizar materiales metálicos que se encuentran sometidos a largos periodos de trabajo a temperaturas elevadas, ha provocado en científicos e investigadores realizar estudios para la obtención y análisis de las propiedades mecánicas de materiales mecánicos con la finalidad de estudiar posibles fallos ante estas condiciones. De esta manera garantizando un correcto diseño en múltiples campos de aplicación de ingeniería, así como la seguridad al momento de fabricar equipos como: hornos, turbinas, motores de combustión interna, entre otros modernos procesos de producción en el campo industrial.

El fenómeno de termofluencia o creep es un proceso dinámico de deformación plástica de un material bajo una carga constante menor al esfuerzo de cadencia, debido a movimientos de nivel atómico asociado con temperaturas elevadas. (López Sañay, y otros, 2017)

2.3.1 Curva de termofluencia

El efecto del fenómeno creep se representa mediante su curva ideal característica en la gráfica deformación en función del tiempo, figura 7-2. Esta curva también llamada curva de ruptura se obtiene de forma experimental con la realización de un ensayo para una carga constante suficiente para generar termofluencia a una temperatura constante que tiene un valor de fusión superior a la mitad del material, generando un cambio de su longitud en el tiempo, pudiendo destacar en el proceso la existencia de tres etapas. (Arveng, 2019)

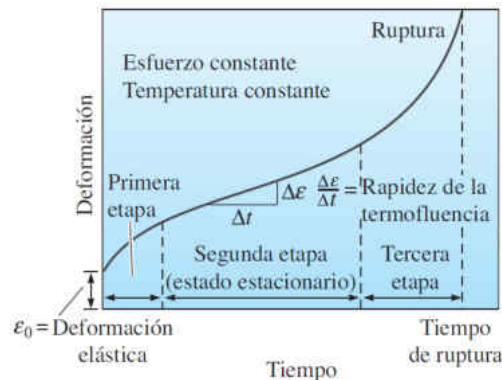


Figura 7-2: Curva ideal y etapas de Termofluencia.

Fuente: (Askeland, y otros, 2017)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.3.1.1 Etapa primaria

La curva de termofluencia inicia con una elongación instantánea al momento de aplicar la carga, entrando en la etapa primaria en la que el material sufre un transitorio de endurecimiento con el fin de soportar la carga aplicada y la tasa de creep disminuye provocando la reducción de la velocidad de deformación en el material. (Askeland, y otros, 2017)

2.3.1.2 Etapa secundaria

La tasa de creep alcanza un régimen permanente entrando en un estado estacionario debido a un equilibrio entre la velocidad con la que se propagan y la interferencia debido a las imperfecciones, teniendo un comportamiento relativamente lineal y predecible. La pendiente presente en esta etapa se conoce como la rapidez de termofluencia. (Askeland, y otros, 2017)

2.3.1.3 Etapa terciaria

Finalmente, la tasa de creep aumenta rápidamente con una abrupta deformación hasta llegar a un colapso, en el cual ocurren cambios bruscos provocando una deformación elevada y un endurecimiento por deformación que cada vez se reduce formando así el denominado cuello provocando una fractura inter-granular del material. El tiempo que se requiere para que se produzca la falla se denomina tiempo de ruptura. (Askeland, y otros, 2017)

2.3.2 Relación entre la temperatura o esfuerzo sobre la curva de termofluencia

La forma de la curva de termofluencia depende de la carga aplicada y de la temperatura. De acuerdo a las condiciones en que se realice el ensayo y al tipo de material ensayado la gráfica puede tener variaciones en su forma, figura 8-2. (Ríos Márquez, 2009)

- Un esfuerzo o temperatura mayor reducen el tiempo de ruptura y aumentan la velocidad de termofluencia.
- Mientras que a temperaturas inferiores a 0,4 del tiempo del tiempo de fusión y bajos esfuerzos los metales presentan fatiga primaria pero prácticamente ninguna fatiga secundaria ya que en estas condiciones de temperatura no se genera la recuperación de la temperatura difusional.

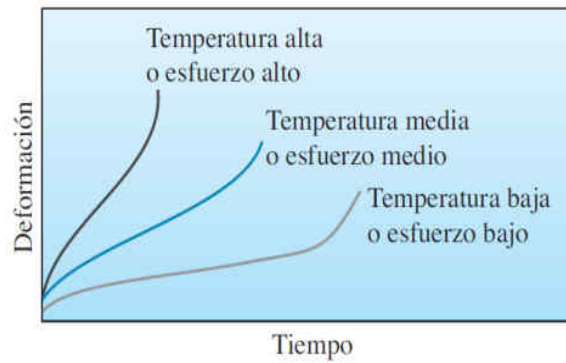


Figura 8-2: Curva ideal y etapas de Termofluencia.

Fuente: (Askeland, y otros, 2017)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.3.3 El ensayo de termofluencia

El comportamiento de la termofluencia de un material depende de la temperatura a la cual se somete el material y la carga aplicada que soporta. Este comportamiento es analizado mediante un ensayo de termofluencia regido bajo la norma ASTM E-139. Este ensayo consiste en someter a una probeta de prueba a carga constante ya sea de compresión o tracción mediante un sistema de palanca con pesos muertos, y temperatura elevada aplicada dentro de un horno, como se ilustra en el mecanismo de la figura 9-2. (Gonzales, 2003)

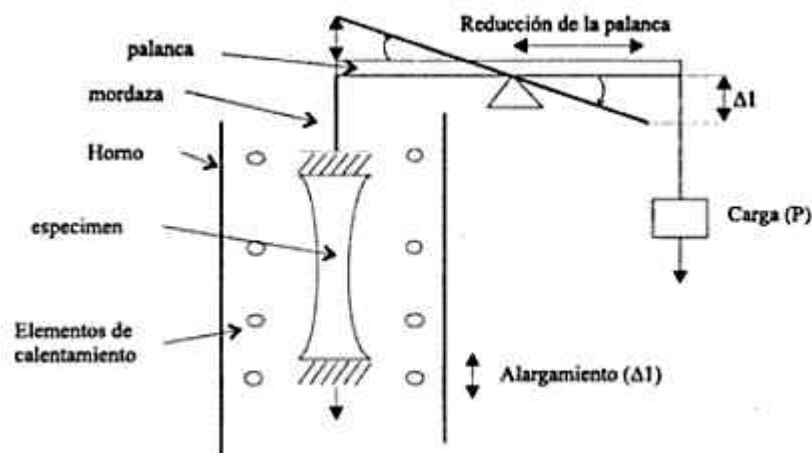


Figura 9-2: Mecanismo para el ensayo de termofluencia.

Fuente: (Gonzales, 2003)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.3.3.1 Norma ASTM E-139

Esta norma nos da a conocer los métodos de prueba estándar para realizar ensayos de termofluencia, para ello la determinación de los métodos utilizados es importante ya que los

resultados de diferentes procedimientos reconocidos varían de forma significativa (ASTM E 139, 2003, pág. 1).

Los efectos de la vibración pueden verse como un ruido al momento de trazar la curva del fenómeno de termofluencia, esta vibración no debe superar un ruido que exceda un 7,5% de fluencia o tensión plástica total, dichas vibraciones externas no darán errores en la fuerza aplicada que excedan el 1% de la fuerza de prueba especificada (ASTM E 139, 2003, pág. 2).

La norma además expresa que el tiempo máximo para los ensayos de termofluencia es de 10000 horas (416 días), pero para tiempos mayores, difícilmente se realizan debido a lo poco práctico que es este análisis (ASTM E 139, 2003, pág. 10).

2.3.3.2 *Consideraciones para el ensayo de termofluencia*

Existen ciertas consideraciones al momento de realizar el ensayo de termofluencia para garantizar su correcto desarrollo, así como la toma de datos de la deformación sea confiable para obtener resultados exactos al momento de generar la curva de termofluencia. La ASTM especifica las siguientes consideraciones a tomar en cuenta:

- Las máximas variaciones de temperatura sobre el tramo de calibración no deben exceder ± 3 °F de la temperatura promedio de ensayo para temperatura hasta de 1800 °F y ± 5 °F de la temperatura promedio de ensayo para temperaturas más altas.
- La amplitud de la temperatura debe consignarse al reportar cada ensayo.
- Las fluctuaciones de temperatura relativamente pequeñas introducen errores en la termofluencia, sino que cerca de alguna temperatura crítica estos cambios producen grandes cambios en la característica de la probeta.
- La carga aplicada debe precisarse hasta el 1%.
- Para especímenes redondos se recomiendan diámetros de 0.505, 0.320, 0.252, 0.1 pulgadas y un tramo de calibración de 4 diámetros.
- La probeta sin carga se calienta primeramente a la temperatura requerida, cuando se ha estabilizado se aplica rápidamente la carga sin choque.
- Observaciones diarias o semanales generalmente son suficientes para generar la curva.
- Al final del ensayo debe haber cuando menos 50 observaciones de la probeta, el promedio de las cuales debe reportarse como la temperatura del ensayo.

2.3.3.3 Probeta para ensayo de termofluencia

Para realizar en ensayo de termofluencia y poder analizar su curva característica se hace empleo de probetas fabricadas con materiales ferrosos a ser analizados. Estas pueden tener dos tipos de formas siendo: circulares y planas, mismas que dependen del diseño de la máquina en el que se va a ejecutar el ensayo. Para el caso de la máquina en el que se va a implementar el sistema de adquisición de datos, se hace empleo de la probeta descrita a continuación para realizar los ensayos.

Probeta de tensión plana con sección reducida

Las medidas para la probeta de tipo plana se establecen bajo la norma ISO 6892-1, en la cual se muestran los tamaños requeridos con respecto al ensayo, estableciendo además un rango de error máximo para su fabricación. En la figura 10-2, se muestra la probeta empleada con sus dimensiones. (Soriano Cruz, 2018)

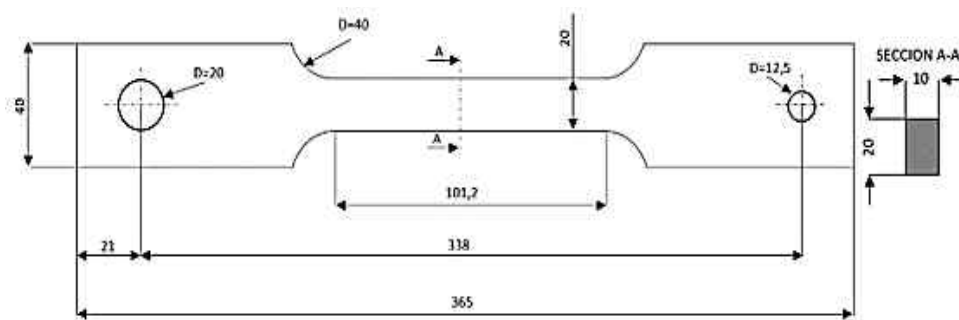


Figura 10-2: Probeta de tensión plana con sección reducida.

Fuente: (Soriano Cruz, 2018)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.4 Enfoque, diseño y alcance de la investigación

2.4.1 Enfoque de la investigación

La presente propuesta tiene un enfoque cuantitativo que permitirá analizar los datos en forma numérica recolectados de las variables físicas presión, temperatura, deformación y tiempo mediante la implementación del sistema de adquisición de datos en una máquina de ensayos de termofluencia con el fin de evaluar el funcionamiento de dicho sistema. Por este motivo, en parte también se realizará un análisis cualitativo de la curva de termofluencia obtenida en tiempo real con el sistema, expresando el comportamiento del material ferroso ASTM A36 empleado en los ensayos, destacando sus cualidades al someterse a las variables físicas antes mencionadas y comparándola con las curvas obtenidas en ensayos realizados bajo los mismos parámetros para terminar de validar el sistema.

Como fuentes de información para la ejecución del trabajo se tendrá fuentes primarias confiables provenientes de libros, trabajos de titulación, papers, entre otros, y como fuentes secundarias al internet, repositorios digitales, y normativas vigentes.

2.4.2 Diseño de la investigación

Debido al enfoque cuantitativo de la propuesta se tiene un diseño cuasi experimental, mientras que debido al enfoque cualitativo se trata de un estudio de caso.

Cuasi experimental: El desarrollo del presente trabajo se va a realizar con la recolección y análisis de los datos de deformación en función del tiempo obtenidos con el sistema DAS a través de la ejecución de ensayos de termofluencia, en los que se varía los parámetros físicos temperatura y presión al inicio de la ejecución de cada ensayo con el fin de estudiar el efecto en la deformación provocada en la probeta teniendo parámetros físicos de ensayo constantes.

Estudio de caso: Se va a realizar mediante la validación del funcionamiento del sistema DAS a implementarse específicamente en la máquina para ensayo de termofluencia de probetas planas de acero ASTM A36, que se encuentra ubicada en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, localizada en la provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba. Para este motivo en particular se analizará la curva de termofluencia obtenida de forma automática con el sistema, comparándola con la curva obtenida de forma manual en trabajos previos desarrollados en la máquina en cuestión.

2.4.3 Alcance la investigación

Investigación Exploratoria: El proyecto a desarrollarse tratará de solucionar un problema presente en la máquina para ensayo de termofluencia del laboratorio de materiales, misma que no cuenta con un sistema de adquisición de datos que le permita generar la curva deformación en función del tiempo de forma automática y en tiempo real, teniendo que realizar este proceso de forma manual. La importancia de analizar el fenómeno de termofluencia y el antecedente de máquinas de ensayos equipadas con sistemas de adquisición de datos moderno impulsa la necesidad de equipar a la máquina de ensayos de termofluencia funcional con un sistema DAS que permita analizar la curva generada para determinar posibles fallos producidas frente a este fenómeno.

Investigación Descriptiva: Con esta investigación se detalla una descripción fundamentada del fenómeno y curva de termofluencia, así como de los procesos y elementos que intervienen en la implementación del sistema de adquisición de datos. Pudiendo de esta manera estimar que el trabajo a realizarse ayudará a satisfacer la necesidad detectada con la investigación exploratoria, así como también será de apoyo a los profesionales, investigadores y docentes en el área de ingeniería mecánica o afines dedicados al diseño, construcción y mantenimiento de equipos.

Investigación Correlacional: Al desarrollar esta propuesta es importante asociar la información y variables obtenidas en los niveles exploratorio y descriptivo para de esta manera poder llegar a determinar si con la implementación del trabajo en realidad se contribuye con un sistema de adquisición de datos funcional, preciso y fiable para generar la curva de termofluencia en la máquina de ensayos.

Investigación Explicativa: Con los resultados alcanzados se permitirá dar una explicación fundamentada sobre las ventajas de contar con un sistema de adquisición de datos moderno en la recolección, visualización y almacenamiento de datos en la máquina para ensayos de termofluencia. Incentivando de esta manera trabajos futuros de investigación.

2.5 Población y muestra

2.5.1 Población

Para el proceso de recolección y análisis de la información, la población estará constituida por el número total de ensayos a realizar con el sistema de adquisición de datos en la máquina para

ensayos de termofluencia de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con la probeta de tensión plana con sección reducida fabricada con material ferroso ASTM A36. Contemplando la realización de tres ensayos, número mínimo para obtener una media y poder tener resultados confiables.

2.5.2 Muestra

Para los fines del presente trabajo, se tendrá en cuenta una muestra no probabilista conformada por la totalidad de población descrita, misma que servirá para analizar la curva de termofluencia y determinar sus cualidades, pudiendo verificar el correcto desempeño del sistema de adquisición de datos a implementar en la máquina.

2.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

2.6.1 Métodos de investigación

Método Científico: Se aplicó este método ya que sigue una serie ordenada de procedimientos para poder observar la extensión del objeto de estudio, logrando de esta manera encaminar el trabajo para llegar a descubrir los resultados que se buscan con su ejecución.

Método Deductivo: Con este método se empleó un proceso analítico que permite llegar a una conclusión implícita dentro de las premisas enunciadas. Permitiendo ir desde lo más grande a lo más pequeño, en la formulación de objetivos, así como en las técnicas e instrumentos que se emplearon.

Método Inductivo: Se empleó debido a que con este método se pudo llegar a conclusiones generales partiendo de antecedentes particulares planteados al inicio del trabajo; además de establecer la problemática y el contenido del marco teórico para el presente trabajo de titulación.

Método Analítico: Se utilizó dentro de la investigación para la descomposición del objeto de estudio, logrando analizar sus partes y elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. Además, se podrá evidenciar en el planteamiento del problema, objetivos, marco teórico y la justificación del trabajo de titulación.

Método Sintético: Con este método se hizo una relación de los hechos aparentemente aislados y se formulará una teoría que unifica los diversos elementos, logrando la unión racional de varios

elementos dispersos en una nueva totalidad. Permitiendo de esta manera la elaboración de las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron al culminar el trabajo.

2.6.2 Técnicas de investigación

Las características y operacionalización de las variables a analizar en el presente trabajo encaminan a la recolección de la información por medio de la técnica de la observación experimental en la ejecución de los ensayos con el sistema de adquisición de datos.

Observación experimental: Con esta técnica se podrá observar y obtener la mayor cantidad de datos que caractericen el fenómeno de estudio a través de la curva de termofluencia generada con el sistema DAS, para lo cual se recolectará la información y se procederá a registrarla para su análisis en tiempo real, consolidando una base sólida de información para su validación.

2.6.3 Instrumentos de investigación

Para la correcta recolección de información y procesamiento de esta se emplean los siguientes instrumentos.

Lista de chequeo: Se desarrollará como un instrumento que ayude en la recolección y comprobación de los parámetros obtenidos como resultado de la ejecución del presente trabajo, verificando las condiciones en las que se ejecutaron los ensayos en la máquina de termofluencia.

Ficha de observación: Este instrumento permite obtener un registro de la información que posteriormente será analizada y contrastada con datos ya existentes, pudiendo de esta manera verificar cambios en el objeto de estudio. Mediante su empleo se podrá comprobar las características de la curva de termofluencia generada con el sistema DAS, en comparación con la curva de termofluencia obtenida de forma manual, sustentada en trabajos previos realizados en la máquina de ensayos.

Test: Con este instrumento se podrá registrar las pruebas de adquisición, registro, visualización y almacenamiento de datos obtenidos con el sistema de adquisición de datos a implementar.

2.7 Procedimientos o fases de la investigación

A continuación, se presenta de manera detallada las fases a llevar a cabo en la implementación del sistema de adquisición de datos para generar la curva de termofluencia en una máquina de ensayos, grafico 1-2.

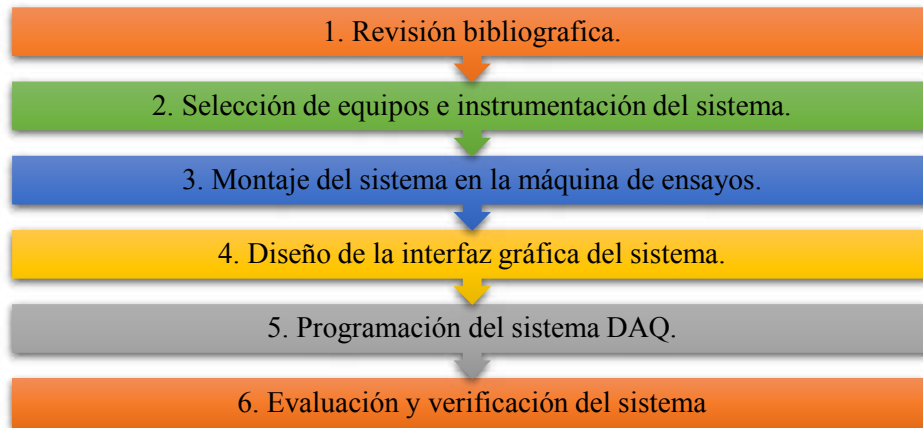


Gráfico 1-2: Fases para la implementación del sistema de adquisición de datos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Revisión bibliográfica. - se recolectó toda la información referente a la máquina de ensayos de termofluencia como es su estructura, funcionamiento, diseño y demás información que sirvió para adaptar el sistema de adquisición de datos.

Selección de equipos e instrumentación del sistema. - se partió del diseño conceptual del sistema de adquisición de datos, para investigar los sensores, controladores y equipos recabando manuales, datasheet, y así poder seleccionar los equipos que intervienen en el sistema.

Montaje del sistema en la máquina de ensayos. - se realizó pruebas de comunicación y calibración del sensor escogido para el sistema de adquisición de datos, verificando su funcionamiento y que se recolecten las medidas correctamente. Además, se estableció los pasos a seguir para la configuración de la tarjeta y su comunicación con los equipos. Finalmente se procedió a la ubicación y posicionamiento del sensor e instalación de los equipos del sistema DAQ en un gabinete de control de la máquina de ensayos de termofluencia.

Diseño de la interfaz gráfica del sistema. - se realizó la programación de la interfaz dentro del software de la tarjeta de control del sistema DAQ, para la visualización de la magnitud medida por el sensor, así como la gestión gráfica de los distintos procesos.

Programación del sistema DAQ: se programó todos los procesos propios del sistema de adquisición de datos, en el que destacan el acondicionamiento de la señal proveniente del canal analógico, conversión a distancia en milímetros, almacenamiento de registros de deformación, generación en tiempo real de la curva característica de termofluencia y finalmente la generación del reporte.

Evaluación y verificación del sistema. - en esta etapa se verificó el desempeño del sistema implementado mediante la ejecución de ensayos con probetas de acero, corrigiendo algunos errores que se presenten en el sistema o en el sensor con el fin de evitar datos erróneos.

2.7.1 Revisión bibliográfica

En esta fase se van a ejecutar los siguientes procedimientos a tomar en cuenta como punto inicial para llegar a la implementación del sistema.

2.7.1.1 Caracterización de la máquina de ensayos de termofluencia

Para el estudio del fenómeno de termofluencia es necesario contar con un maquina apropiada para una correcta determinación de las propiedades del material. Para efectuar ensayos lo suficientemente precisos la maquina debe contar con una gran calidad en instrumentos de medición y una elevada robustez, con el fin de reducir al máximo los errores.

El laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad Mecánica cuenta con una máquina para ensayos de termofluencia, figura 11-2, misma que involucra las variables: presión, deformación y temperatura. Que en la actualidad se registran y procesan los datos experimentales de manera manual, además que la duración del ensayo es por períodos prolongados de tiempo y no existe la instrumentación necesaria para censar las variables antes mencionadas y dar un procesamiento adecuado a los datos experimentales para generar la curva característica del ensayo de termofluencia.



Figura 11-2: Máquina ensayo termofluencia Laboratorio Resistencia Materiales.

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Estructura de la máquina de ensayos

La estructura de la máquina de ensayos en su mayor parte está conformada por Acero A36, su modelación estructural fue realizada con ayuda del programa computacional ANSYS, como se muestra en la figura 12-2, mediante la aplicación de conocimientos adquiridos por el autor Isaías Caicedo en el programa de maestría en diseño mecánico. Los planos actuales de la máquina de ensayos desarrollados por los autores del presente trabajo se encuentran en el Anexo A.

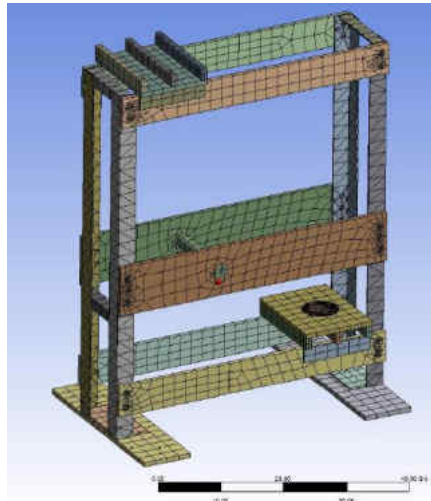


Figura 12-2: Modelación estructural de la máquina de ensayos.

Fuente: (Caicedo Reyes, 2014)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Sistemas de la máquina de termofluencia

La máquina de ensayos de termofluencia presente en el laboratorio de resistencia de materiales cuenta con sistemas de control de temperatura y presión automatizados procedentes de trabajos de titulación realizados en la máquina, estos sistemas se caracterizan por su precisión y la mejora en el rango de los parámetros temperatura y presión que pueden alcanzarse durante los ensayos. Además, la maquina cuenta un sistema de registro de deformación mediante un calibrador vernier ubicado bajo el horno.

El presente trabajo de titulación centra su trabajo en la implementación de un sistema de adquisición de datos de deformación durante el ensayo que reemplace el sistema manual antes mencionado. Como se explicó el ensayo de termofluencia centra su éxito en la correcta aplicación de temperatura y presión constante durante la realización del ensayo, por tal motivo en la tabla 2-2, se presentan los valores máximos y mínimos que se alcanzan con los sistemas presentes en la máquina de ensayos de termofluencia.

Tabla 2-2: Valores máximos y mínimos que alcanzan los sistemas.

Sistema	Valor mínimo	Valor máximo
----------------	---------------------	---------------------

Control de Temperatura	0 ° C	700 ° C
Control de Presión	0 PSI	2000 PSI
Adquisición de Deformación	0 mm	30 mm

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.2 Selección de equipos e instrumentación del sistema

2.7.2.1 Diseño conceptual del sistema DAQ a implementarse

Para la selección de los distintos equipos e instrumentos del sistema DAQ se partió del diseño conceptual del mismo, gráfico 2-2, en el mismo se detallan los componentes que conformaran el sistema el implementarse.

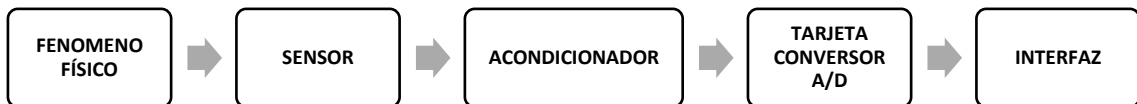


Gráfico 2-2: Diseño conceptual del sistema DAQ.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Fenómeno físico. - el efecto de termofluencia es evidenciado a través de la deformación en la probeta al momento de realizar los ensayos, en consecuencia, el sistema DAQ a implementarse va a registrar el fenómeno físico de la distancia o deformación producida durante el ensayo.

Sensor. - la elección del sensor será un aspecto importante dentro del sistema, ya que por las características estudiadas en la revisión bibliográfica la distancia que va a ser censada es pequeña y se maneja en el rango de milímetros, por tal motivo se estudian las opciones a emplearse destacando la resolución de este.

Acondicionador. - de acuerdo con el tipo de sensor escogido se procede a escoger al acondicionador apropiado para el mismo, teniendo en cuenta la existencia de acondicionadores comerciales y de fabricación propia.

Tarjeta con conversor A/D.- el elemento central del sistema DAQ es la tarjeta con conversor A/D, será la encargada de gestionar la información adquirida por el sensor mediante su acondicionador.

Interfaz. – es la encargada de proporcionar al usuario la visualización de los datos adquiridos en el sistema DAQ, como lo es la deformación de la probeta durante el ensayo; además proporciona las herramientas necesarias para la gestión y almacenamiento de la información obtenida. Esta interfaz es desarrollada bajo software compatible con la tarjeta controladora.

2.7.2.2 Selección del sensor

El sistema para implementarse contara con un solo sensor para la medición de la variable física dentro del sistema DAQ. Para la selección del sensor óptimo se debe tener en consideración el análisis de los siguientes aspectos fundamentales:

- **Fenómeno físico:** distancia (deformación).
- **Requerimiento**
 - Resolución
 - Tiempo de respuesta
 - Rango de medida
 - Tipo
 - Voltaje de alimentación
 - Objeto de lectura
- **Funcionalidad**
 - Dimensiones
 - Tipo de salida
 - Grado de protección
 - Conector

En la tabla 3-2 se presentan las posibles opciones de sensores para el sistema DAQ, considerando que en el mercado existen principalmente dos tipos de sensores de distancia como son los sensores ópticos y ultrasónicos.

Tabla 3-2: Sensores para medición de variables físicas.

Elemento	Sensor óptico	Sensor ultrasónico
Objeto detectable	Detección afectada por materiales	Detección no afectada por materiales
Distancia de detección	Max. 1000 mm	Max. 10 m
Precisión	Alta	Baja
Velocidad de respuesta	Rápida	Lenta
Protección Polvo/Agua	Afectado	Inmune
Rango de medición	Pequeño	Grande

Fuente: (Dewesoft, 2020)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Teniendo en cuenta los criterios de selección descritos se optó por un sensor óptico para el sistema DAQ, específicamente el sensor óptico para distancias OMT300-R200-IEP-I0-V1 de la marca

Pepperl-Fuchs de procedencia alemana, figura 13-2, al estar conformado por un láser su durabilidad y su adaptabilidad al trabajo a desempeñar es garantizada.



Figura 13-2: Sensor óptico QMT300-R200-IEP-IO-V1.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

El sensor escogido cuenta con las especificaciones necesarias y óptimas para el desarrollo de la adquisición de datos en una máquina de termofluencia, mismas que son detalladas en la tabla 4-2 en base a los criterios de selección.

Tabla 4-2: Datos técnicos del sensor QMT300-R200-IEP-IO-V1.

Detalle	Descripción
Fenómeno físico	Distancia
Resolución	0,1 mm
Tiempo de respuesta	Alta 3 ms
Rango de medida	100 – 300 mm
Tipo	Óptico
Voltaje de alimentación	18 – 30 VDC
Objeto de lectura	Blanca, 100x100 mm ²
Dimensiones	15 x 50.6 x 41.7 mm
Salida	4 - 20 mA
Grado de protección	Cable blindado
Conector	Acople flexible
Aplicación	Medidor para distancias

Fuente: (Pepperl-Fuchs, 2019)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Características eléctricas

En la figura 5-2 se representa la conexión eléctrica del sensor, para poder ejecutar la conexión y comunicación de datos.

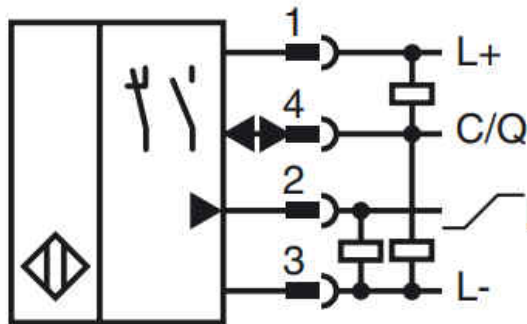


Figura 14-2: Conexión eléctrica sensor QMT300-R200-IEP-IO-V1.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La simbología de conexión del sensor se indica en la tabla 4-3, para tener un detalle más específico del sensor se puede revisar el Anexo B.

Tabla 5-2: Simbología de conexión QMT300-R200-IEP-IO-V1.

Símbolo	Señal
L+	Alimentación de 24 VDC
C/Q	Salida de relé
I	Salida de distancia del sensor
L-	Común

Fuente: (Pepperl-Fuchs, 2019)

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.2.3 Selección del acondicionador

Para la selección del acondicionador se consideró la existencia de acondicionadores de tipo comercial y de fabricación propia, debido a que la mayoría de las tarjetas controladoras captan señales de voltaje se hace necesario el empleo de un acondicionador dentro del sistema DAQ que convierta la señal de corriente proveniente del sensor a una señal de voltaje que interprete el controlador.

Para la selección del acondicionador del sensor escogido se tomó en consideración los siguientes aspectos fundamentales:

- **Requerimiento**
 - Señal del sensor

- Aislamiento eléctrico
- Conectores de conexión
- Selección de rango de medida
- Filtrado de señal
- **Funcionalidad**
 - Convertir la señal de corriente a voltaje

En la tabla 6-2 se presenta una comparativa entre los acondicionadores comerciales y los de fabricación propia.

Tabla 6-2: Comparación entre acondicionadores comerciales y fabricación propia.

Detalle	Comerciales	Fabricación propia
Número de canales	Módulos desde 1 canal	Acorde al diseño
Compatibilidad	Especifica con la marca	Libre
Controlador	Depende de la marca	Libre
Costo	De acuerdo a los módulos	Acorde al diseño
Expansión	Sí	Sí
Filtro de señal	Acorde al modelo	Acorde al diseño
Conectores	Estándar	Acorde al diseño

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Debido a que adquirir un acondicionador de señal de tipo comercial limita los aspectos de compatibilidad y uso de un controlador específico acorde a la marca seleccionada, además de que los costos tienen mucha significancia se optó por el desarrollo de una tarjeta acondicionadora de señal propia.

Diseño de la tarjeta acondicionadora de señal

Para obtener el acondicionamiento de la señal que parte de la medición de la magnitud física a través del sensor óptico escogido, mismo que provee una señal de corriente de 4-20 mA; se debe convertir la señal a un rango de voltaje estándar ya que la mayoría de tarjetas de adquisición de datos únicamente reciben señales de voltaje de 0-5 V o 0-10 V. Para el diseño de tarjeta acondicionadora se optó por acondicionar la señal de corriente al estándar de 0-10 Voltios. Para efectuar este proceso se parte de la ley de ohm la cual indica que el voltaje es proporcional a la corriente por resistencia, partiendo de este hecho se puede agregar una resistencia a la salida de

la señal de corriente del sensor obteniendo como resultado un voltaje que si es admisible para la entrada de la tarjeta de adquisición de datos.

En la figura 15-2, se puede observar la zona de trabajo del sensor óptico mismo que involucra las variables de distancia y corriente, a continuación, se determina la resistencia máxima a la que se obtendría una salida de voltaje óptimo en un rango estándar de 0-10 Voltios.

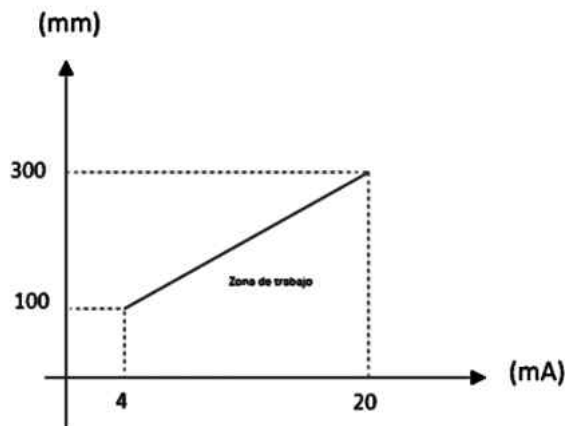


Figura 15-2: Rango operativo del sensor óptico QMT300-R200-IEP-IO-V1.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Para ello se toma como referencia el valor máximo de voltaje a obtener en la conversión mismo que dará el valor de resistencia máxima que admita el sistema para asegurar un correcto funcionamiento de los equipos y evitar que la tarjeta de adquisición de datos colapse por una sobrecarga. En la figura 16-2, se puede apreciar la relación entre corriente y voltaje para efectuar el acondicionamiento de la señal de salida.

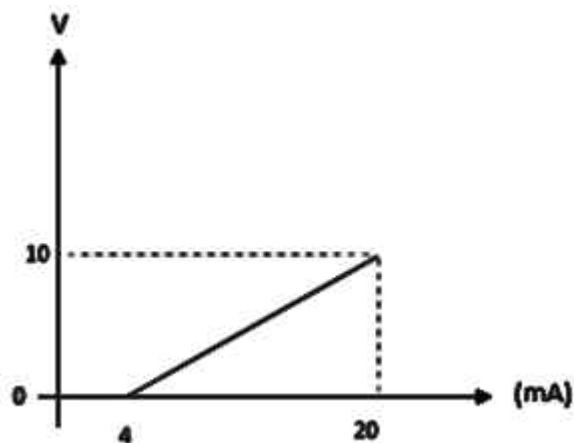


Figura 16-2: Relación entre corriente y tensión para efectuar el acondicionamiento.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Aplicando la Ley de ohm, ecuación 1-3, para obtener el valor de la resistencia se tiene:

Ecuación 1-2: Ley de Ohm.

$$V = I \times R$$

$$V = 10 \text{ Voltios}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$10 \text{ V} = 20 \times 10^{-3} \text{ A} \times R$$

$$R = 500 \Omega$$

El valor de 500 ohmios representa la resistencia máxima que admite el sistema, pero en el mercado podemos encontrar resistencias menores que se encuentran en el rango de los 500 ohmios, la solución más adecuada es emplear una resistencia comercial existente en el mercado de 330 ohmios, logrando así obtener una entrada de voltaje para la DAQ ya que no excede el valor máximo de resistencia calculado. Teniendo de esta manera los siguientes valores de tensión máximo y mínimo acorde a la entrada de corriente del sensor:

Para:

$$R = 330 \Omega$$

$$I = 4 \text{ mA}$$

$$V = I \times R$$

$$V = 4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 330 \Omega$$

$$V = \mathbf{1.32 \text{ V}}$$

Para:

$$R = 330 \Omega$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$V = I \times R$$

$$V = 20 \times 10^{-3} \text{ A} \times 330 \Omega$$

$$V = \mathbf{6.6 \text{ V}}$$

Como se puede observar en la figura 17-2, el rango de tensión con el uso de la resistencia de 330 ohmios es de entre 1,32 a 6,6 voltios mismos que se encuentran en el rango operativo del sensor generando así un trabajo óptimo de la tarjeta de adquisición de datos.

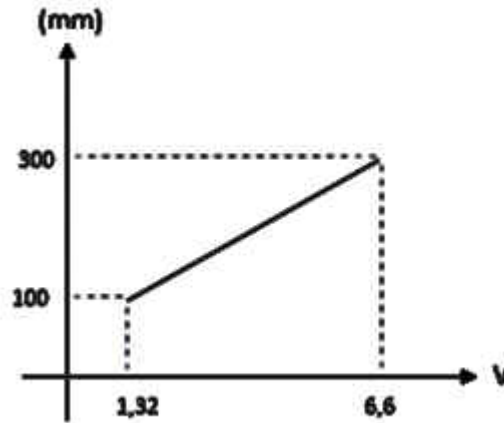


Figura 17-2: Relación entre distancia y voltaje acondicionado.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Una vez establecido el valor de la resistencia, el desarrollo de la tarjeta acondicionadora parte del diseño esquemático, figura 18-2, mismo que es realizado en un software de diseño electrónico especializado Eagle.

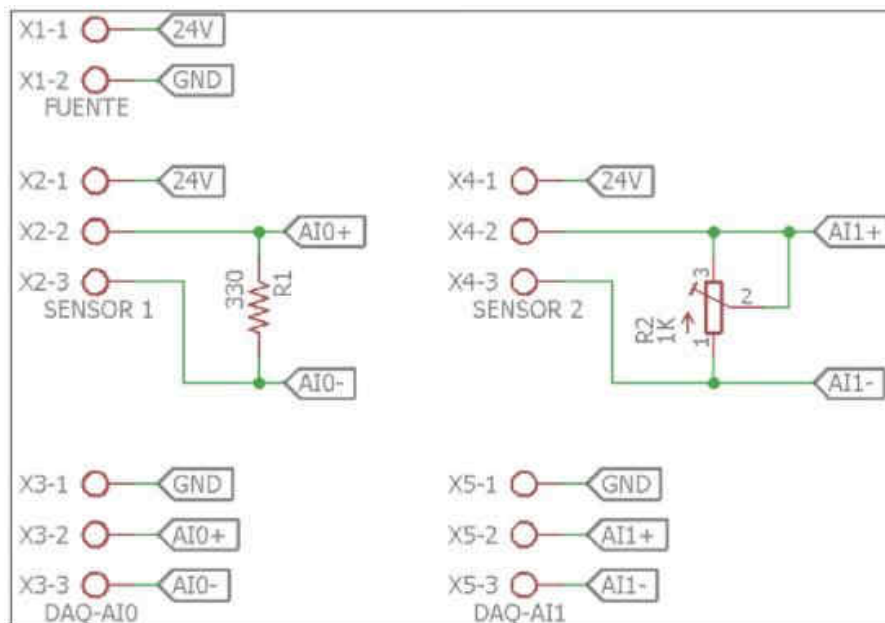


Figura 18-2: Diseño esquemático de la tarjeta acondicionadora.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Dentro del diseño la tabla 7-2, resume las características de la tarjeta guiándose en los parámetros de requerimiento y funcionalidad establecidos.

Tabla 7-2: Características técnicas de la tarjeta acondicionadora.

Detalle	Descripción
Número de canales	2
Voltaje de operación	24 VDC
Señal de ingreso	Analógica 4 – 20 mA
Aislamiento eléctrico	Sí entre señales
Conectores	Borneras
Señal salida	0 – 10 VDC
Filtro de señal	No

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Una vez establecido el diseño de la tarjeta se destaca el empleo de 2 canales a pesar que solo se requiere una para la señal proveniente del sensor de distancia, esto se ejecutó pensando en la posible expansión y futuros trabajos a desarrollarse en la máquina de ensayos; además, no se hace empleo de un filtro físico para la señal ya que se va a optar por el empleo de un filtro digital programado en la interfaz gráfica.

Con el diseño esquemático y haciendo uso del software Eagle se procedió al diseño en PCB como se muestra en la figura 19-2, destacando un diseño compacto y ordenado separando los bornes de conexión entre señales.

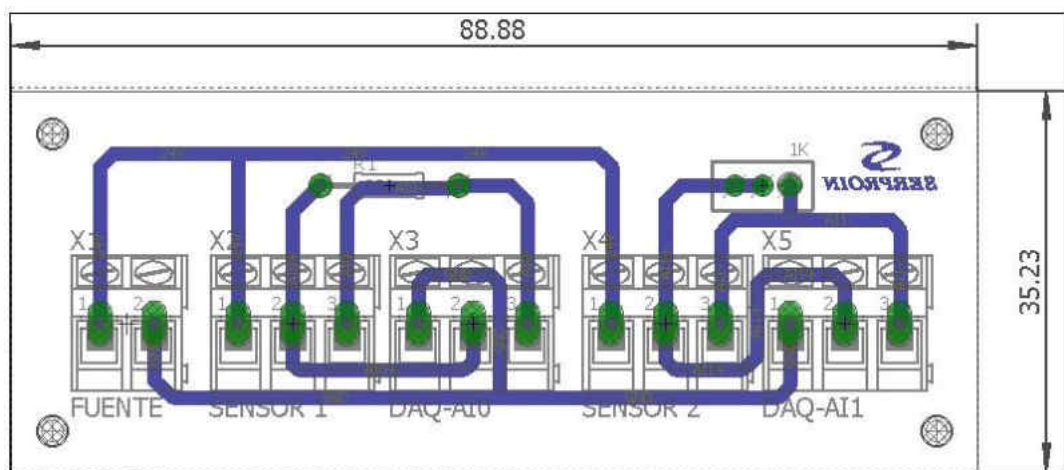


Figura 19-2: Diseño esquemático de la tarjeta acondicionadora.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.2.4 Selección de la tarjeta con conversor A/D

Una vez que se tiene la señal proveniente del sensor acondicionada en una señal de voltaje estándar de 0 – 10 VDC, se procede con la selección de la tarjeta controladora del sistema DAQ destacando en esta el requerimiento de un conversor A/D para poder interactuar y gestionar la señal proveniente del sensor.

Continuando el método de selección para la tarjeta se consideró los siguientes detalles:

- **Requerimiento**
 - Conversor A/D de resolución alta
 - Frecuencia de muestreo alta
 - Rango de voltaje
 - Entradas analógicas
- **Funcionalidad**
 - Adquirir la señal analógica y convertirla en digital

En el mercado existe una serie de tarjetas empleadas para la adquisición de datos, en la tabla 8-2 se presenta una comparativa entre las opciones que se consideraron.

Tabla 8-2: Comparación entre acondicionadores comerciales y fabricación propia.

Detalle	Arduino	PLC Siemens	DAQ
Entradas Digitales	Sí	Sí	Sí
Entradas Analógicas	Sí	Sí	Sí
Conversor A/D	8 bits	10 bits	16 bits
Rango de voltaje	0 - 5 VDC	0 – 24 VDC	0 – 10 VDC
Datalogger propio	No	Sí	No
Software	Arduino	Tía Portal	Labview
Compatibilidad	Sí	Sí	Sí

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Acorde a la revisión bibliográfica un requerimiento principal en las tarjetas empleadas en los sistemas DAQ es la presencia de un conversor A/D de alta resolución recomendando como mínimo 16 bits para un correcto funcionamiento. Por este motivo se seleccionó el empleo de una tarjeta DAQ de la compañía National Instruments tener la resolución mínima para el sistema. Además de la compatibilidad con el rango de la señal de voltaje proveniente del acondicionador.

Si bien no presenta un datalogger propio como el caso del PLC Siemens el software Labview ofrece una serie de herramientas para la gestión y procesamiento de la información del sensor.

Ya que el sistema DAQ requiere la lectura de un solo sensor para la implementación del sistema se escoge la tarjeta DAQ NI 6002, figura 20-2. La NI USB-6002 de National Instruments es un dispositivo de tipo USB de alta velocidad con 8 canales de entradas analógicas (AI) y 2 canales de salida analógicas (AO), 13 canales de entrada/salida digital (DIO) y un canal mostrador de 32 bits. En el Anexo C se presenta las características de conexión y configuración.



Figura 20-2: Tarjeta NI 6002.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Esta tarjeta dentro de la serie producida por National Instruments presenta las características idóneas para la implementación, como se evidencia en la tabla 9-2. Dispone de un número de entradas necesarias para la lectura del sensor, así como la posibilidad de la lectura de tres señales más en trabajos futuros en la máquina de ensayos.

Tabla 9-2: Características técnicas de la tarjeta NI 6002.

Detalle	Descripción
Tipo de conversión	Aproximación sucesiva
Frecuencia de muestreo	50 KHz
Convertidor análogo digital A/D	16 bits
Número de entradas	4
Rango de voltaje	0 – 10 VDC

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.2.5 Selección del software para el desarrollo de la interfaz

El sistema DAQ requiere de un software que permita visualizar e interpretar el desarrollo del programa en tiempo real y que a la vez otorgue una fácil lectura del fenómeno captado por el sensor, otorgando una idea clara del comportamiento del material ferroso sometido a una cierta presión y temperatura.

Si bien la selección de la tarjeta DAQ NI 6002 limita el empleo del software Labview para el desarrollo de la interfaz del sistema. El software desarrollado por la empresa National Instruments ofrece una serie de beneficios como el empleo de una licencia educativa, elementos para el procesamiento, visualización y gestión de la información. Además, se destaca la compatibilidad con una serie de tarjetas mediante el empleo de módulos.

Para el desarrollo de la interfaz se empleó el software Labview en su versión 2017 para un sistema operativo de 32 bits, figura 21-2, mismo que nos permitirá diseñar un sistema basado en el lenguaje de programación visual, mostrando en tiempo real la variable deformación, además de la curva propia del fenómeno de termofluencia. En conjunto con el software Labview se hizo necesario la instalación del módulo NI DAQmx para poder comunicarse con la tarjeta NI 6002.



Figura 21-2: Software Labview 2017 32 bits.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.3 Montaje del sistema en la máquina de ensayos

Una vez seleccionados los componentes hardware y software del sistema de adquisición de datos, se procede con el montaje en la máquina de ensayos de termofluencia. Para este punto se parte del esquema del sistema a implementarse.

2.7.3.1 Esquema del sistema DAQ a implementarse

En la figura 22-2 se presenta el esquema del sistema a montarse en la máquina de ensayos en el que destacan los siguientes componentes:

Hardware:

Sensor de distancia óptico QMT300-R200-IEP-IO-V1.

Tarjeta acondicionadora de señal de fabricación propia.

Tarjeta DAQ NI 6002.

Computador con sistema operativo Windows 10.

Software

Labview 2017 32 bits

Módulo NI DAQmx

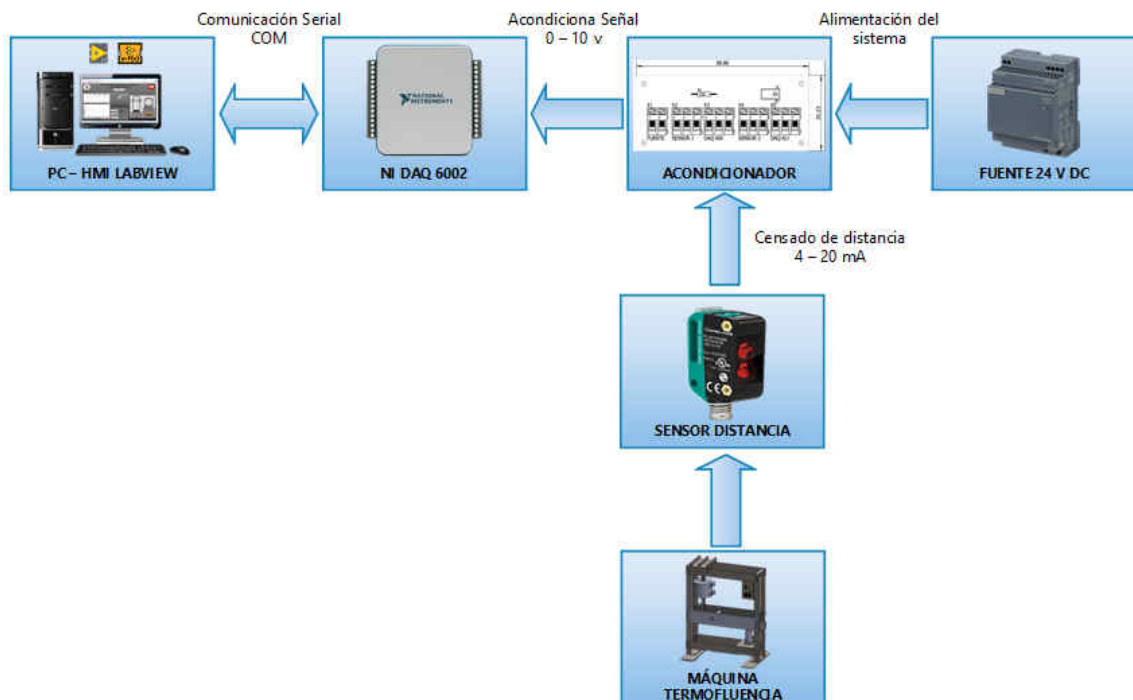


Figura 22-2: Esquema del sistema DAQ a implementarse en la máquina de ensayos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Además de los componentes descritos para el funcionamiento del sistema, se requiere una fuente de voltaje de 24 voltios con una corriente mínima de 1 Amperio debido a que el único elemento que consumirá energía es el sensor de distancia en un rango de 300 mA. La tarjeta NI 6002 se

conecta mediante un cable USB hacia el computador recibiendo de este componente la energía para su funcionamiento.

Debido a que el consumo de corriente es bajo y el sistema DAQ cumplirá un papel complementario en la repotenciación de los sistemas de la máquina de ensayos, se optó por hacer uso de la fuente de voltaje presente en el sistema de presión, ya que posee la corriente necesaria para energizar los dos sistemas sin alterar su funcionamiento.

Además, se destaca que la fuente presenta una protección de 10 Amperios, como se puede observar en la figura 23-2.



Figura 23-2: Fuente de voltaje 24 VDC del sistema DAQ.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la tabla 10-2 se presentan las características técnicas de la fuente de voltaje que dotara de energía al sistema DAQ.

Tabla 10-2: Detalles técnicos de la fuente de voltaje.

Detalle	Descripción
Marca	Mean Well
Voltaje de entrada	110 VAC
Voltaje de salida	24 VDC
Corriente de salida	4 A
Potencia	32 W

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.3.2 Fabricación de la tarjeta acondicionadora

Como siguiente punto en el montaje del sistema se procede con la fabricación de la tarjeta acondicionadora de señal proveniente del sensor, para lo cual se sigue el diseño mostrado en la figura 19-2. En la fabricación se empleó el sistema de transferencia por planchado para lo cual se siguen los siguientes procedimientos:

- a) Impresión del diseño del circuito: En primer lugar, se imprime el diseño de la tarjeta acondicionadora en papel couche delgado haciendo empleo de una impresora láser, figura 24-2, a fin de garantizar su correcta transferencia.

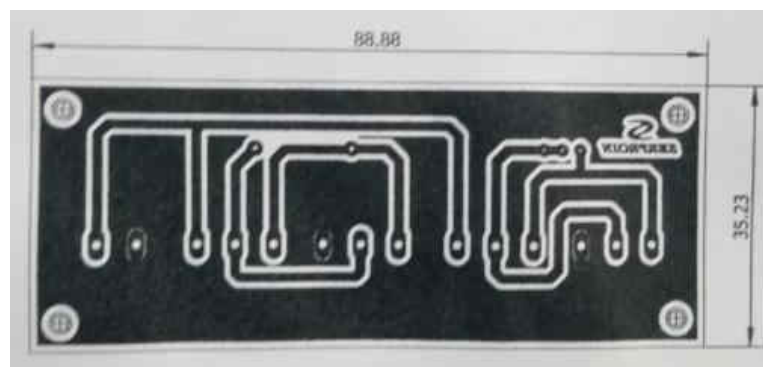


Figura 24-2: Diseño de la tarjeta impresa en papel couche.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

- b) Corte y limpieza de la placa: Se realiza el corte de la placa vácueta con las dimensiones del diseño a fabricar siendo de 89x36 mm, y a continuación se procede a su limpieza empleando alcohol y lustre metálico hasta que esté libre de impurezas como se muestra en la figura 25-2.



Figura 25-2: Corte y limpieza de la placa.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

- c) Transferencia del diseño impreso: Se procede a cortar el diseño impreso y con la placa limpia se inicia la transferencia mediante la aplicación de calor proporcionado por una plancha durante un lapso de 10 minutos, verificando la completa transferencia del diseño de forma visual, culminando este proceso al exponer la placa con el diseño transferido a un recipiente con agua fría.



Figura 26-2: Transferencia del diseño a la placa.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

- d) Adecuación del diseño transferido en la placa: Con el diseño transferido se pasa a retirar el papel couche teniendo cuidado de no levantar las pistas transferidas, realizado este proceso se procede a realizar correcciones en caso de ser necesarias quedando lista para continuar como se evidencia en la figura 27-2.

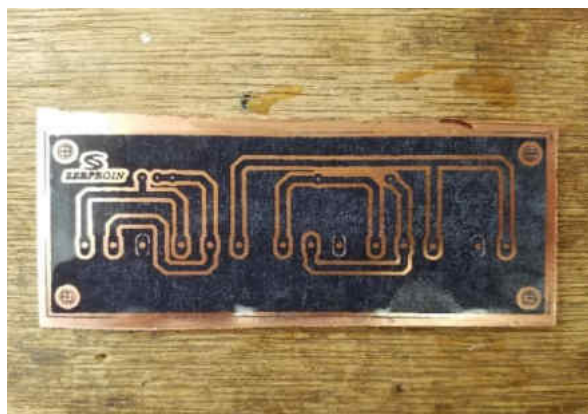


Figura 27-2: Transferencia del diseño a la placa.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

- e) Curado del diseño en la placa: En este proceso se remueve el cobre sobrante de la placa dejando únicamente las pistas del diseño, mediante el empleo de un recipiente se coloca ácido férrico y agua caliente y mediante agitación se espera hasta que todas las capas de cobre se diluyan quedando culminado el proceso como se muestra en la figura 28-2.

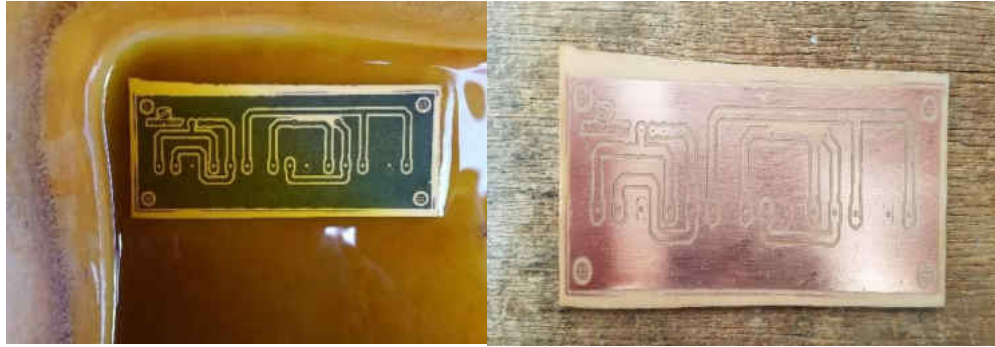


Figura 28-2: Curado del diseño en la placa.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

- f) Montaje de los componentes en la placa: Finalmente, se procede con la ubicación de la identificación de componentes, la perforación de la placa con un taladro y el soldado de los componentes empleando caudín y estaño. Una vez concluido todos los procesos descritos se procede a verificar la correcta conexión de los componentes mediante una prueba de continuidad con el multímetro, quedando de esta manera lista la placa acondicionadora de señal, figura 29-2, Destacando la presencia de los 2 canales descritos y borneras de conexión con tornillo.



Figura 29-2: Placa acondicionadora fabricada.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.3.3 Instalación del sensor en la máquina de ensayos

Con todos los componentes adquiridos o fabricados, y tras el rediseño del sistema de tracción con una mejora notoria en la transferencia de carga axial, se procede al montaje de los componentes partiendo con la instalación del sensor óptico de distancia en la máquina de ensayos.

Como se muestra en la figura 30-2, se ubicó al sensor en la parte inferior de la mesa del sistema de tracción y sujeto mediante una base acoplada con el sensor mediante pernos, permitiendo de esta manera una correcta medición al momento de ensayar la probeta, obteniendo una medida precisa.



Figura 30-2: Montaje del sensor en la máquina de ensayos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la instalación del sensor se tomaron las siguientes consideraciones:

- Ubicación del sensor a una distancia de 15 centímetros medidos desde la base esto debido a que el sensor tiene una zona ciega de 10 centímetros pudiendo incurrir en errores de lectura en la medida que expresa el sensor.
- Debido a la característica del ensayo en que se produce la fractura de la probeta se seleccionó la ubicación verificando que no exista un elemento que pueda provocar golpes o posible ruptura. Quedando de esta manera ubicado por debajo de un elemento propio de la máquina que evita el deslizamiento de la estructura al existir la ruptura.
- Ya que el horno de la máquina fue repotenciado en un trabajo previo, la ubicación del sensor no tuvo que considerar la temperatura de trabajo del mismo ya que no existe transferencia de calor hacia la estructura de la maquina quedando completamente aislado.
- Finalmente, por las características del sensor se ubicó una base de nylon reflectante blanca con dimensiones de 4x4 cm, figura 31-2, superficie suficiente para que el haz de luz proveniente del sensor pueda actuar sin inconveniente.

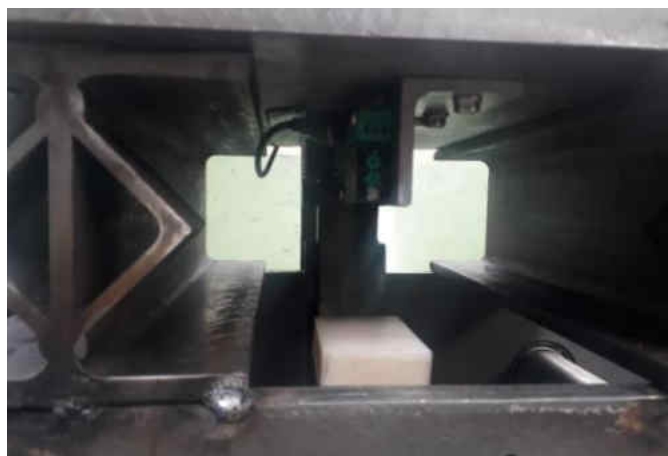


Figura 31-2: Superficie reflectante del sensor.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.3.4 Instalación de los componentes en el tablero

Para la instalación de los demás componentes sistema DAQ en la máquina de ensayos de termofluencia se tomó en cuenta los sistemas presentes e instalados en trabajos previos, con el fin de optimizar los recursos y evitar sobrecargar de tableros de control a la máquina. Para la implementación se consideró que se requiere de una superficie de 25x20 centímetros. Se optó por adecuar los componentes dentro del tablero de control del sistema de temperatura, debido a que se contaba con el espacio necesario para los equipos a instalar, así como una conexión directa con la fuente de voltaje del sistema de presión que va a energizar el sistema DAQ.



Figura 32-2: Tablero de control del sistema de temperatura.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Para la fijación de los componentes en el tablero se hizo empleo de riel din así como de bases diseñadas e impresas en 3D, figura 33-2, cuidando que estas logran una correcta instalación y no interrumpa en el proceso de conexión de los elementos.



Figura 33-2: Bases de sujeción impresas en 3D.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.3.5 Cableado de los componentes

Para realizar el cableado del sistema se utilizó cable acorde a cada componente, resumiendo los mismos en la tabla 11-2.

Tabla 11-2: Detalle de cables de conexión.

Componente	Cable
Sensor óptico OMT300-R200-IEP-I0-V1	Blindado 3x22 AWG
Fuente de voltaje 24 VDC	2x20 AWG
Tarjeta acondicionadora	22 AWG Dupont
Tarjeta DAQ NI 6002	USB

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Para asociar los cables con las entradas y salidas del sensor y de la tarjeta acondicionadora se parte del esquema eléctrico del sistema, figura 34-2, para poder conectar con la tarjeta de adquisición de datos NI 6002. Los planos eléctricos se presentan en el Anexo D.

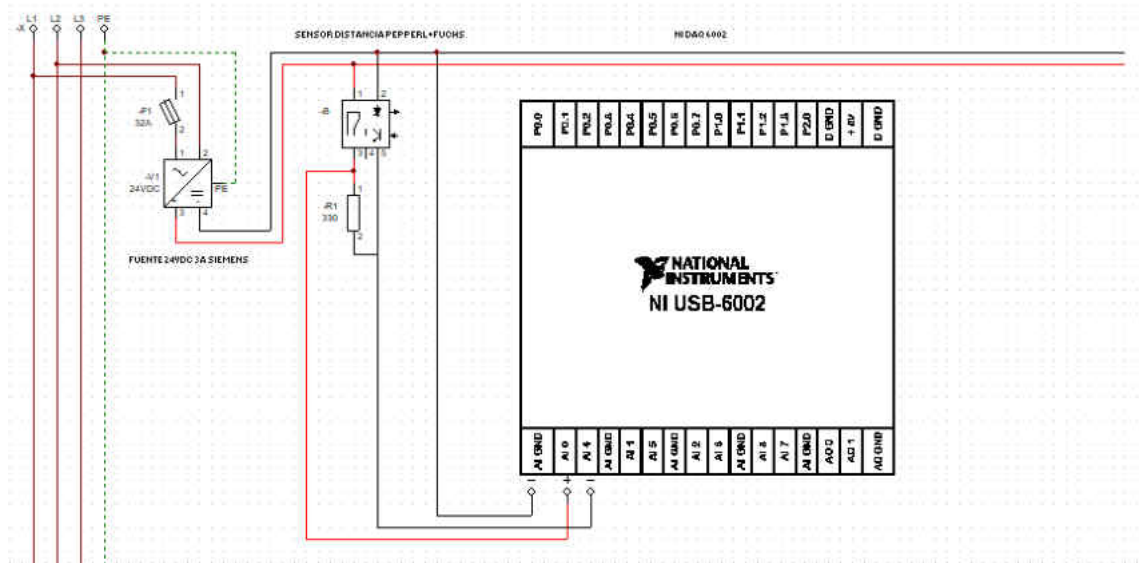


Figura 34-2: Esquema eléctrico del sistema DAQ.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Se realizó la instalación con las debidas precauciones ya que se emplean equipos electrónicos sensibles. Para lo cual se detalla mediante un registro fotográfico la instalación del sistema como se muestra en la figura 35-2.

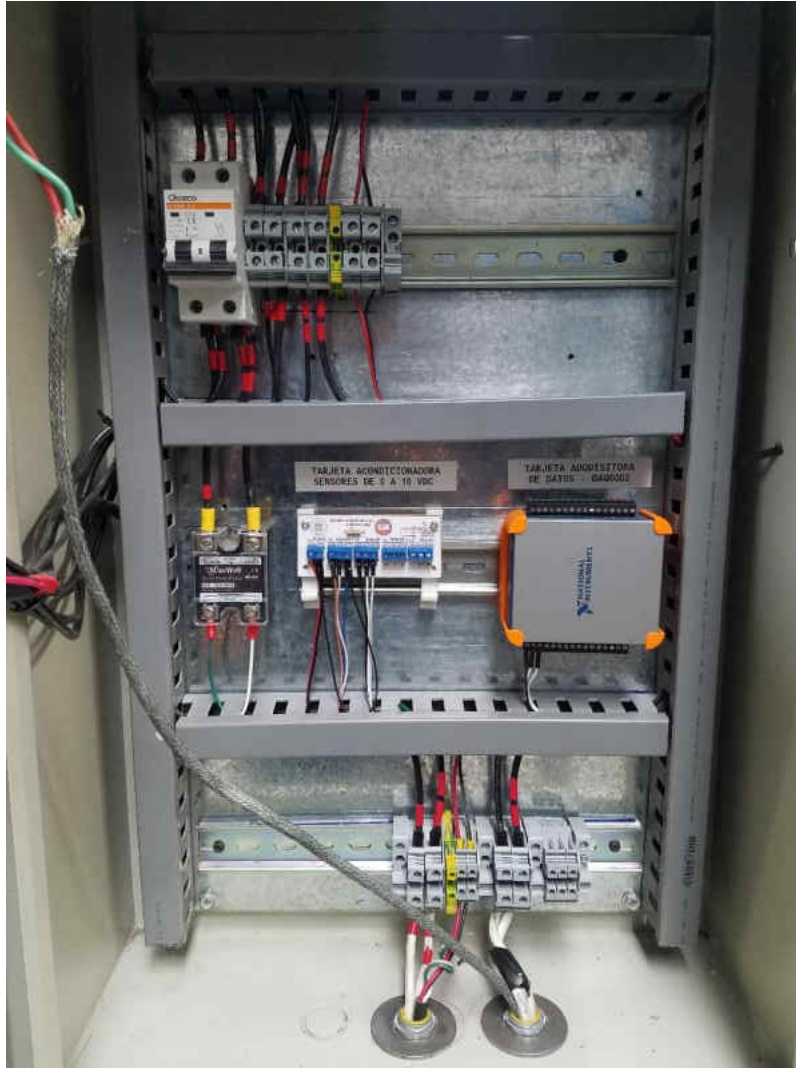


Figura 35-2: Sistema DAQ implementado en la máquina de ensayos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.4 Diseño de la interfaz gráfica del sistema

El diseño de la interfaz gráfica del sistema DAQ empleada para la visualización y gestión de datos de deformación obtenida durante la ejecución de los ensayos, se desarrolló en el programa Labview 2017 software desarrollado por National Instruments que es compatible con la tarjeta NI 6002 empleada en el sistema.

2.7.4.1 Desarrollo del HMI

Para iniciar con el desarrollo se crea un nuevo proyecto como se muestra en la figura 36-2, el proyecto se denomina como: MAQUINA PARA ENSAYO DE TERMOFLUENCIA; al crear un nuevo proyecto se crea un VI en blanco donde se diseña la interfaz ajustándose a los

requerimientos del usuario, y una ventana donde se programa los procesos empleando bloques de programación.

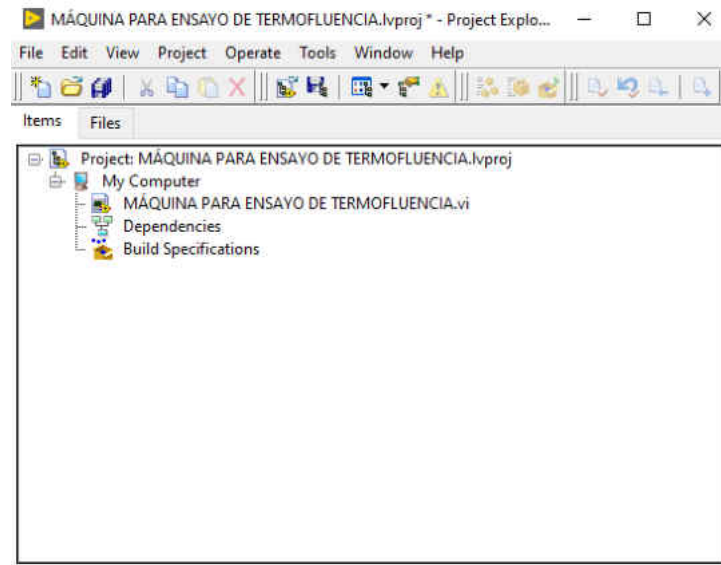


Figura 36-2: Creación del proyecto.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Para el diseño de la interfaz se toma en cuenta las variables que se van a visualizar en el programa de adquisición de datos, en la tabla 12-2 se indican las variables a emplear.

Tabla 12-2: Variables a mostrar en la interfaz gráfica.

Variable	Descripción	Ingresada por usuario	Adquirida por sistema DAQ
Temperatura	Horno	Sí	No
Presión	Bomba	Sí	No
Deformación	Probeta	No	Sí

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La interfaz consta de una pantalla principal como se observa en la figura 37-2, en la que destaca la presencia de cuatro secciones. Mismas que están orientadas a la visualización y gestión de los datos de las variables.



Figura 37-2: Pantalla principal de la interfaz HMI.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la primera sección se presentan elementos de control e ingreso de datos; destinados para el ingreso manual de la temperatura y presión a la que se desarrollan los ensayos por parte del usuario; además presentan los controles para realizar el control y encendido del sensor de distancia previa a la ejecución de los ensayos, como se visualiza en la figura 38-2.

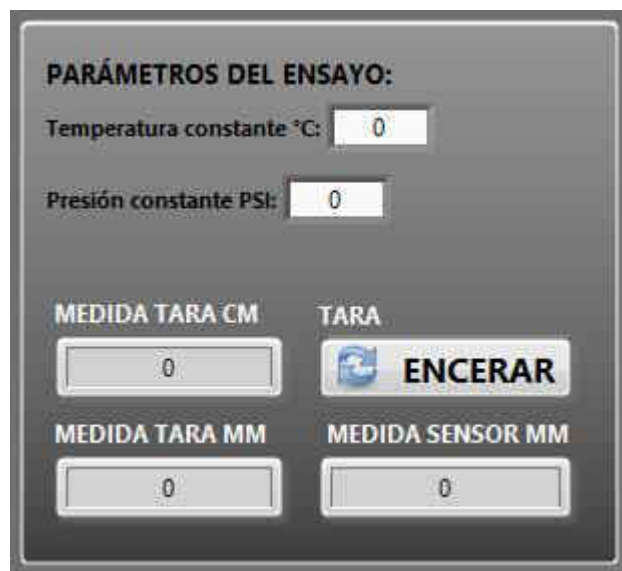


Figura 38-2: Sección de control e ingreso de datos de variables.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La segunda sección implementada consta de un objeto tabla donde se va mostrando el número de muestra, tiempo de ensayo y deformación de la probeta a medida que se ejecuta el ensayo como se muestra en la figura 39-2.



Nº	Fecha / Hora	Tiempo Ensayo [min]	Deformación [mm/mm]

Borrar tabla: Click derecho sobre la tabla -> Data Operations -> Empty tabla

Figura 39-2: Sección de registro de datos en tabla dinámica.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la tercera sección se destaca un objeto grafico destinado a visualizar la gráfica deformación en función del tiempo del ensayo de termofluencia en tiempo real con los datos de la tabla mostrada en la primera sección. Se detalla además la opción para que el usuario pueda limpiar la gráfica como se muestra en la figura 40-2.

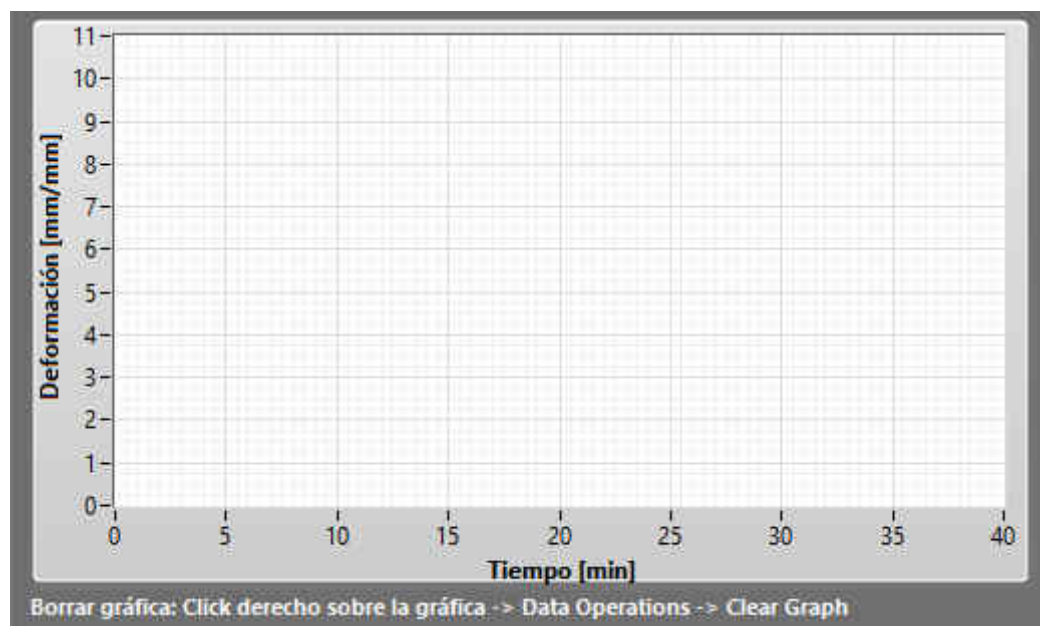


Figura 40-2: Sección de generación de la gráfica en tiempo real.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La cuarta sección contiene botones de control de ejecución del programa e inicio de adquisición de datos, así como la generación del reporte final con los resultados del ensayo, como se puede evidenciar en la figura 41-2.



Figura 41-2: Sección de control del sistema y registro de datos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Finalmente se muestra mediante un gráfico la referencia de la máquina de termofluencia, para que los usuarios que realicen los ensayos puedan tener una referencia de los sistemas descritos.

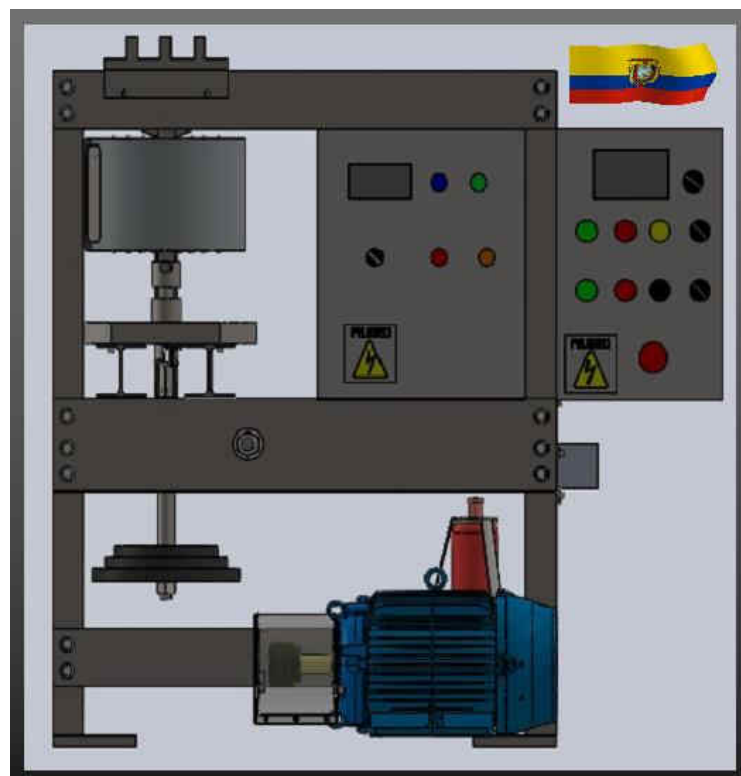


Figura 42-2: Sección visualización de la máquina de ensayos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.5 Programación del sistema DAQ

2.7.5.1 Diagrama de flujo del código

Para la implementación del código del sistema DAQ se realizó mediante el diagrama de flujo expuesto en la figura 43-2.

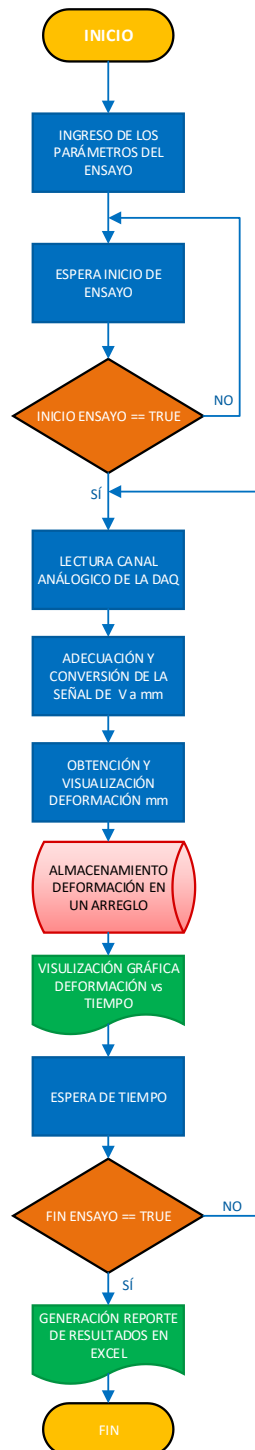


Figura 43-2: Diagrama de flujo del código del sistema.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Las funciones programadas dentro del código de la interfaz son:

- Lectura del canal analógico con la señal del sensor.
- Conversión de la señal adquirida a distancia en mm.
- Almacenamiento de los datos de deformación.
- Generación de la curva deformación en función del tiempo.
- Generación del reporte con los resultados del ensayo

2.7.5.2 Lectura del canal analógico

Para la lectura del canal analógico del sensor se hace empleo de la función DAQ Assistant <<DAQmx – Data Acquisition>> dentro del diagrama de bloques de Labview. Como se muestra en la figura 44-2.

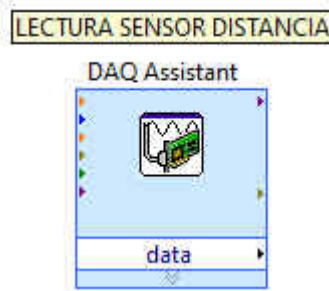


Figura 44-2: Bloque DAQ Assistant.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Mediante el empleo de esta función se puede establecer los parámetros de cada puerto de entrada o salida de la tarjeta DAQ 6002.

Se inicia por crear un nuevo canal para la lectura, ya que el acondicionar de señal del sensor proporciona una salida en un rango de 0 a 10 voltios se crea un nuevo canal para la adquisición de señal analógica de voltaje, como se muestra en la figura 45-2.

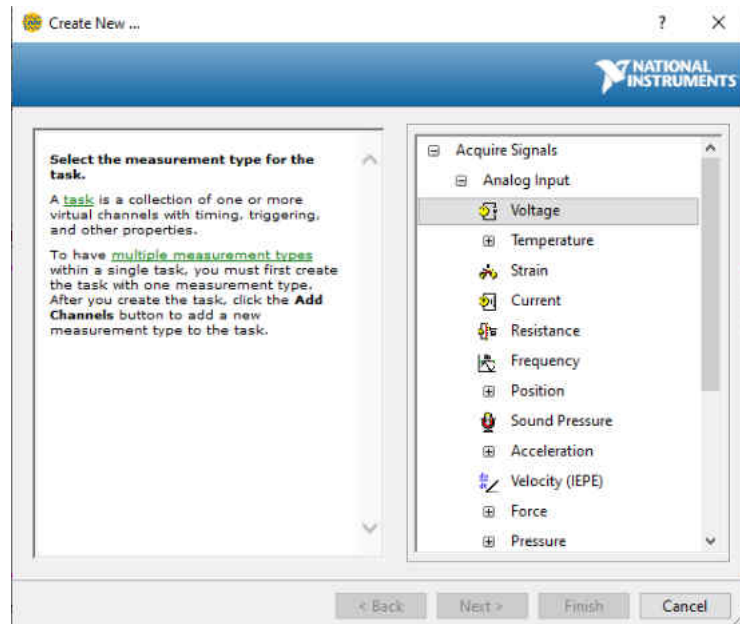


Figura 45-2: Creación de un nuevo canal de lectura.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Una vez creado el canal se procede a configurar los parámetros para su lectura, figura 46-2, entre los parámetros que se destaca es el ingreso del valor máximo y mínimo que se espera en el canal siendo 10 y 0 voltios respectivamente.

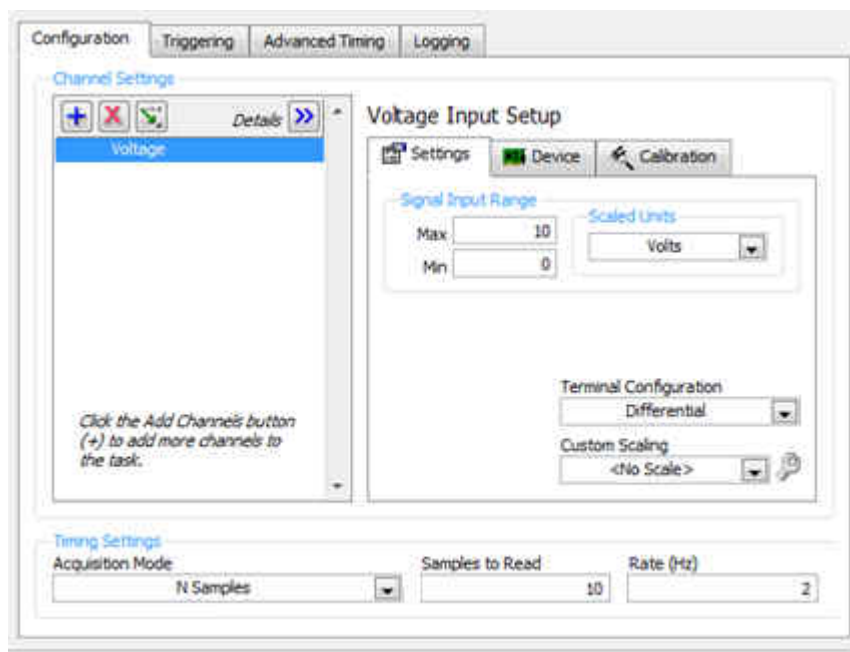


Figura 46-2: Parámetros del canal creado.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.5.3 Adecuación de la señal

Debido a que el sistema implementado está expuesto a perturbaciones de tipo eléctrico por los sistemas de control presentes, se hace empleo de dos bloques de función. En primer lugar, la señal adquirida para por un bloque de filtro denominado Filter, figura 47-2, mismo que filtra la señal de posibles perturbaciones que puedan generar errores de medida.

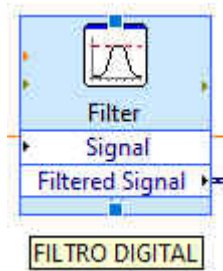


Figura 47-2: Bloque Filter.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

De igual manera el bloque debe ser configurado con parámetros para su correcto funcionamiento, en la figura 48-2, se presentan los valores ingresados para obtener un correcto filtrado de señal. Debido a que las frecuencias de las perturbaciones que ingresan en sistemas eléctricos sobrepasan la frecuencia de 100 Hz se programa un filtro de tipo paso bajo con frecuencia de corte de 100 Hz, permitiendo que el sola la señal proveniente del sensor sea detectada.

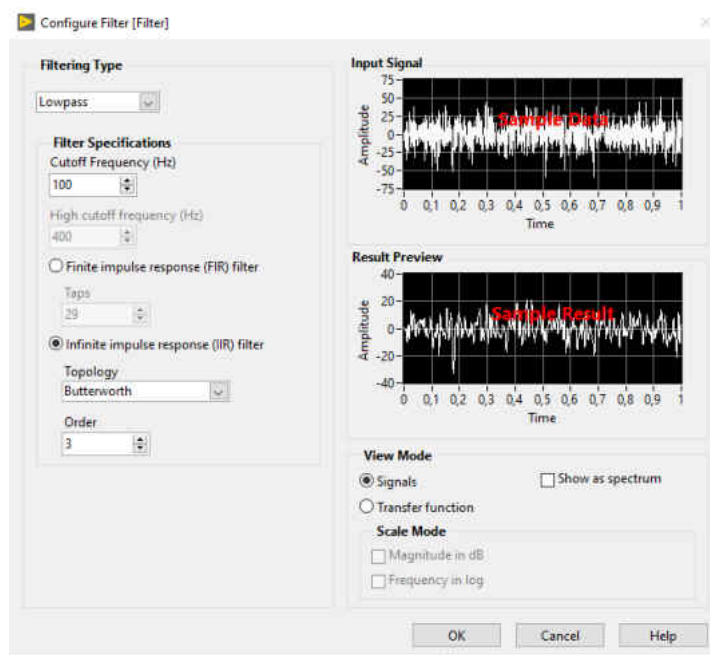


Figura 48-2: Parámetros ingresados en el Bloque Filter.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

A la señal filtrada pasa a un bloque denominado Statistics, figura 49-2, mismo que cumple la función de calcular la media aritmética de las lecturas del sensor.

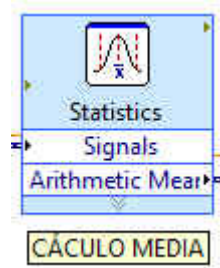


Figura 49-2: Bloque Statistics.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la configuración del bloque se establece el cálculo de la media aritmética, con el fin de tener lecturas estables del sensor ya que por poseer una alta resolución detecta el mínimo cambio que puede interpretarse como error.

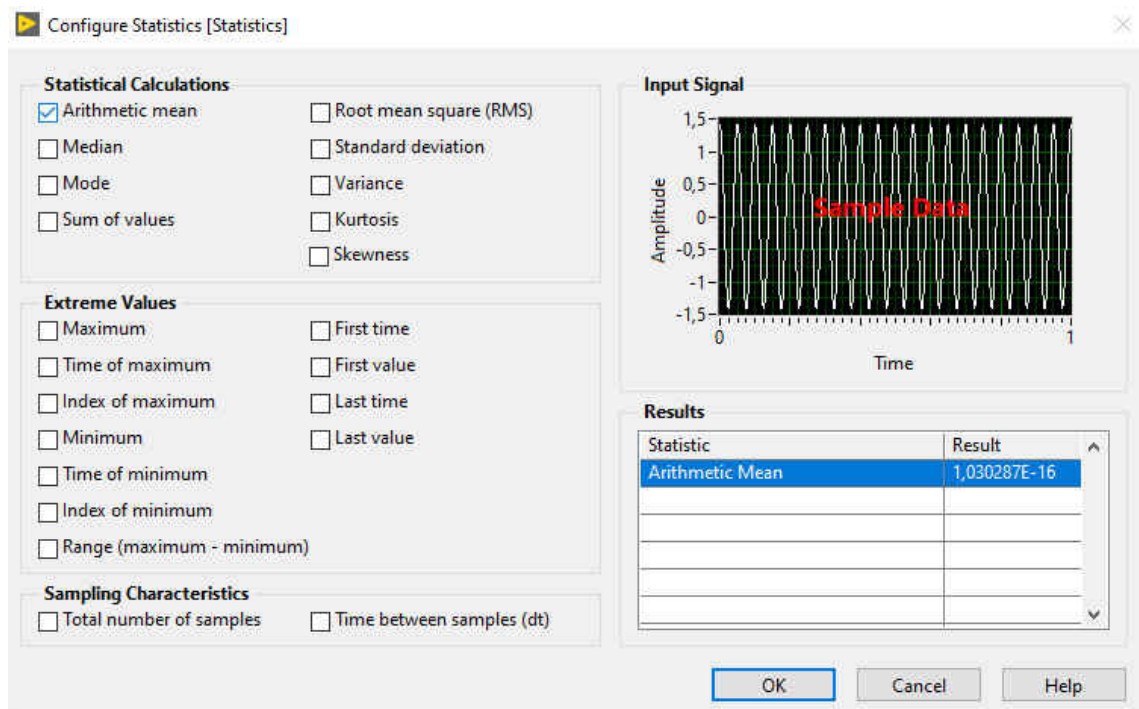


Figura 50-2: Parámetros ingresados en el Bloque Statistics.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Finalmente, en la figura 51-2, se muestran los bloques empleados en la lectura y adecuación de la señal analógica del canal 0 de la tarjeta DAQ NI 6002.

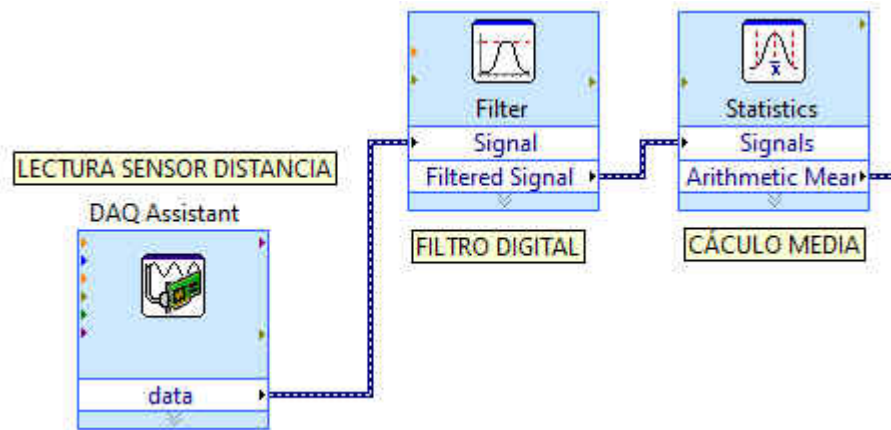


Figura 51-2: Bloques de lectura y adecuación del canal analógico.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.5.4 Conversión de la señal a distancia

Con la señal del sensor adecuada, se procede a convertir la lectura digital en un dato que representa la distancia medida en centímetros. Para este proceso se tomó lecturas a partir de la zona ciega llegando a la distancia máxima cuando se produce la ruptura de la probeta durante los ensayos. Se aplicó la ecuación de la recta tomando en cuenta la relación entre la lectura del sensor y distancia, como se expresa en la ecuación 2-3:

Ecuación 2-2: Ecuación para convertir la señal en distancia.

$$y = \frac{3203}{540}x - 8,156814815$$

La ecuación 1-3 es ingresada en la programación mediante el empleo de bloques aritméticos que realizan la conversión de la distancia en centímetros, como se muestra en la figura 52-2.



Figura 52-2: Programación para obtención de la distancia.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Debido a la calibración efectuada en el sensor, se consideró realizar un proceso de encerado en las lecturas adquiridas, proceso conocido como tara, este proceso hace que cuando inicie el ensayo la deformación adquirida inicie desde cero evitando de esta manera errores en la medición. Además, al requerir la deformación en milímetros se procede también a la conversión de la lectura en centímetros a milímetros mediante un proceso sencillo de división en factor de 10. Los procesos programados se muestran en la figura 53-2.

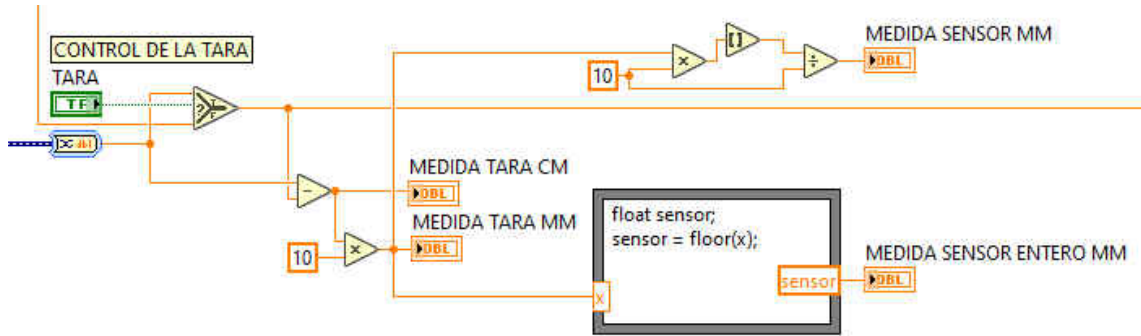


Figura 53-2: Programación control de tara y conversión distancia en milímetros.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.5.5 Almacenamiento datos de deformación

La programación del registro y almacenamiento de datos de la deformación se ejecutó mediante el empleo del bloque Table, mismo que admite una serie de parámetros para poder ser visualizados. Como se muestra en la figura 54-2, los parámetros que se muestran en el objeto son el número de muestra, fecha y hora, tiempo de ensayo y la deformación del sensor.

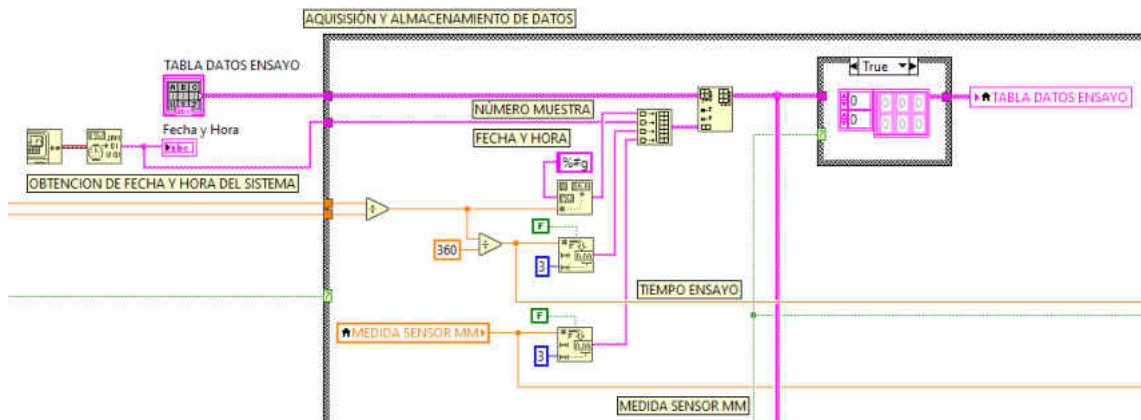


Figura 54-2: Programación almacenamiento de la deformación.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

El almacenamiento de los datos se ejecuta cada 100 milisegundos, tiempo que se ejecuta un ciclo de trabajo y se registra el tiempo de refresco de la comunicación, figura 55-2.



Figura 55-2: Programación tiempo de comunicación y muestreo.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La adquisición de datos inicia mediante el control lógico resultados, mientras se encuentra presionado los datos son almacenados acorde a cada iteración ejecutada. Como se muestra en la figura 56-2.

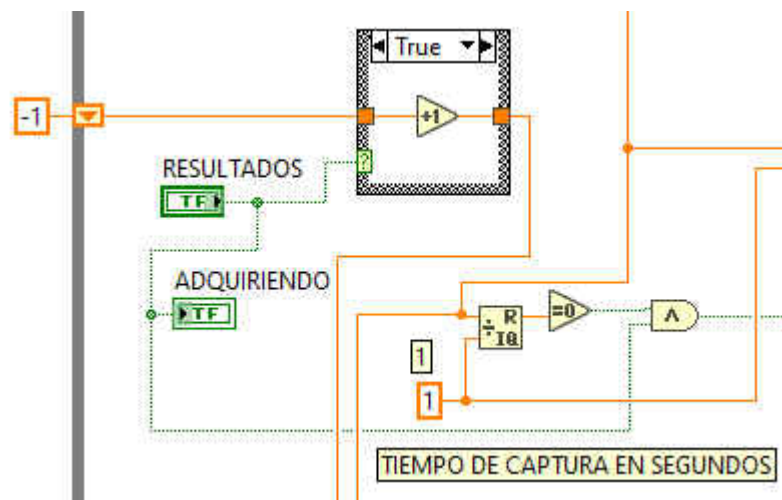


Figura 56-2: Programación tiempo de adquisición de datos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.5.6 Generación de la curva deformación versus tiempo

La generación de la curva deformación en función del tiempo se ejecuta mediante el bloque Build XY Graph; debido a que la gráfica se genera en función del tiempo en minutos transcurridos durante la ejecución del ensayo, en primer lugar, se procede a calcular el tiempo del ensayo en minutos basado en los ciclos de trabajo del programa como se puede observar en la figura 57-2.



Figura 57-2: Programación calculo tiempo de ensayo en minutos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La visualización de la gráfica se efectúa mediante el empleo del objeto XY Graph, como resultado del bloque Build XY Graph que tiene como parámetros de ingreso en el eje X la deformación en milímetros obtenida del sensor y en el eje Y la duración de ensayo previamente calculada. En la figura 58-2 se muestra la programación efectuada.

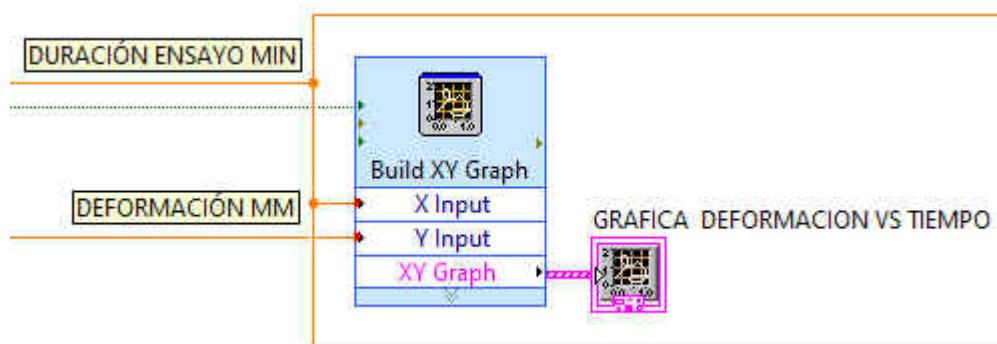


Figura 58-2: Programación visualización de la gráfica.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

2.7.5.7 Generación del reporte con los resultados

Una vez culminado el ensayo se programa un controlador para la generación de forma automática un reporte en Microsoft Excel con los resultados adquiridos durante el ensayo. En la generación del reporte se hizo empleo de los bloques NI Report. La generación del reporte se ejecuta mediante un controlador denominado Reporte, mismo que inicia una serie de procesos en las que se almacena en un arreglo los datos para pasarlos a un nuevo documento.

El bloque NI Report hace uso de una plantilla en Excel en el que se especifica los parámetros a ser llenados con los datos adquiridos por el VI de Labview. En la plantilla se programó las celdas para almacenar el arreglo de datos, así como la generación de la gráfica a partir de los datos almacenados. En la figura 59-2 se muestra la plantilla empleada.

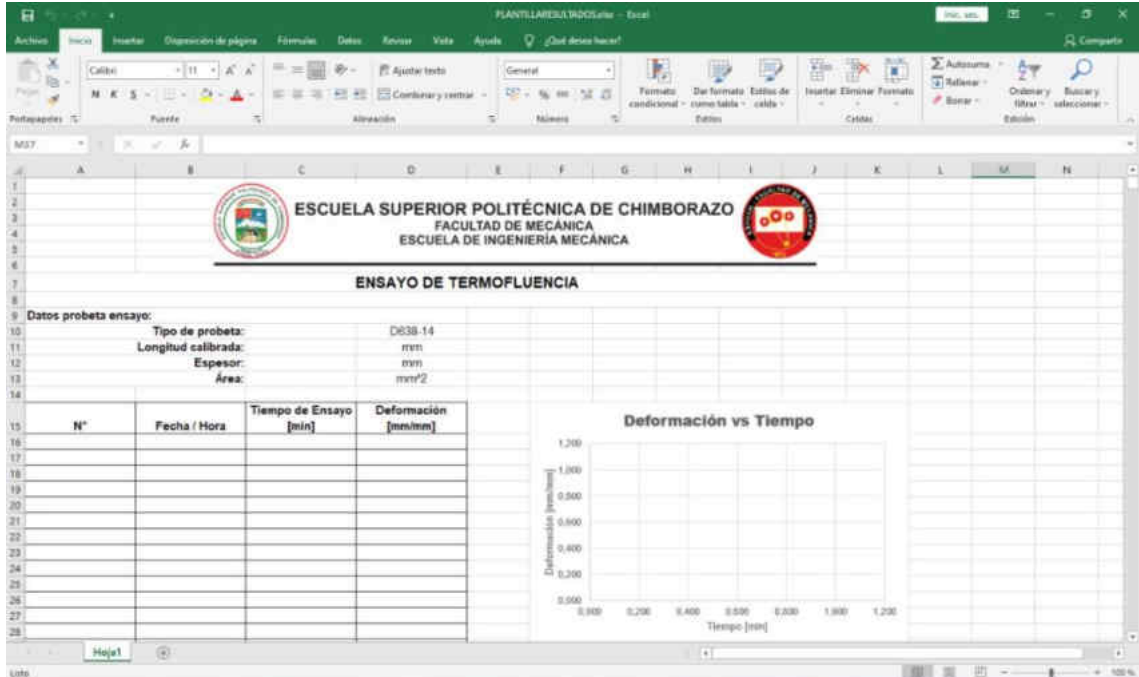


Figura 59-2: Plantilla de Excel para generación del reporte.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Para evitar conflictos en la generación del reporte se programa que se adquiera la dirección de la ubicación de los archivos, así como el ingreso de los datos en el encabezado de la plantilla como se muestra en la figura 60-2.

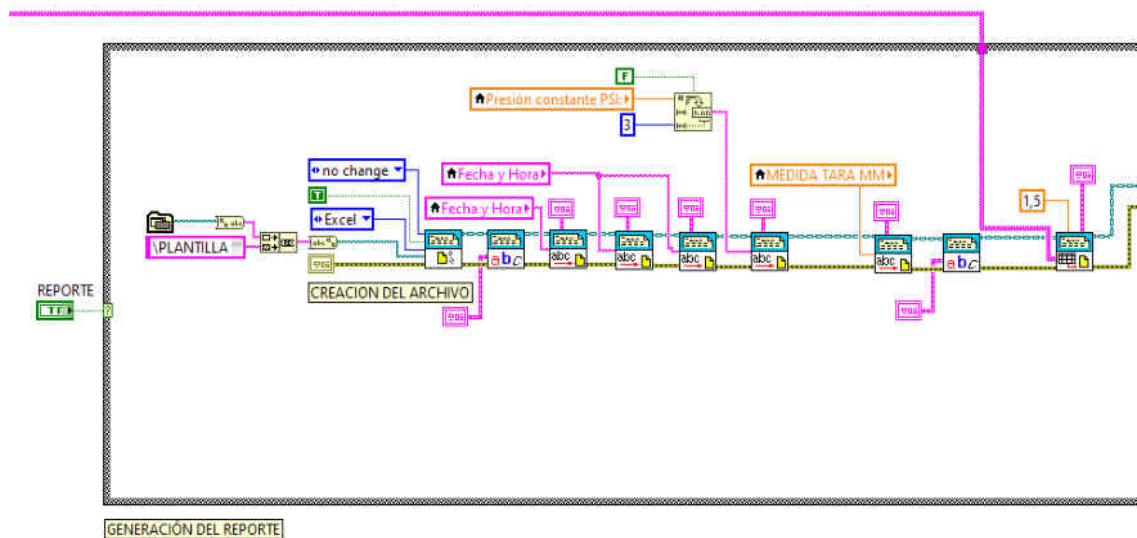


Figura 60-2: Programación creación del reporte.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Finalmente, el reporte crea una carpeta nueva en el que se almacena un nuevo archivo de Excel con los resultados basados en la plantilla empleada. Para dar aviso al usuario de la correcta operación se programa un mensaje de aviso donde se detalla la ubicación del archivo, proceso que se puede evidenciar en la figura 61-2.

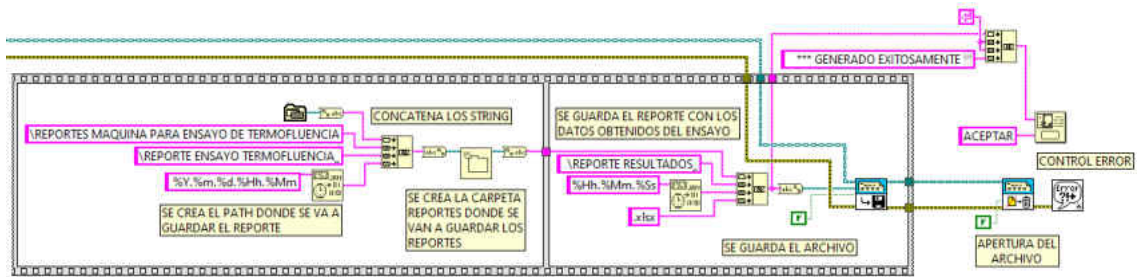


Figura 61-2: Programación creación archivos del reporte.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

CAPÍTULO III

3. GESTIÓN DEL PROYECTO

3.1 Evaluación del sistema de adquisición de datos de la máquina de ensayos

Una vez implementado el sistema de adquisición de datos en la máquina para ensayos de termofluencia se procede a la realización de las pruebas respectivas, verificando que no exista problemas cuando se transmita la información desde el sensor de distancia hacia la tarjeta DAQ 6002 para garantizar un correcto funcionamiento en la adquisición y gestión de datos; así como la generación de la curva de termofluencia automáticamente en tiempo real.

3.1.1 Pruebas de funcionamiento

Previo a realizar las pruebas de funcionamiento del sistema implementado se efectúa la adecuación de la probeta a ensayarse, así como de los sistemas de temperatura y presión del sistema; dejando de esta manera lista la máquina para ejecutar el software del sistema de adquisición de datos.

3.1.1.1 Adecuación de la probeta y sistemas de la máquina para ensayo de termofluencia

Para el desarrollo de las pruebas se utilizaron tres probetas planas con sección reducida de acero A36, con dimensiones basadas en la norma ISO 6892, figura 1-3, mencionadas en el alcance.



Figura 1-3: Probetas empleadas en los ensayos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En primer lugar, se monta la probeta a ensayar en las mordazas del horno como se ilustra en la figura 2-3.



Figura 2-3: Montaje de la probeta para ensayo.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Seguidamente se procede a cerrar el horno, para proceder con el energizado y encendido del controlador de temperatura, en el que se ingresa la temperatura deseada como referencia para la realización del ensayo, siendo para el caso una temperatura seteada de 500 grados centígrados, figura 3-3, misma que es mantenida por la acción del controlador PID interno del sistema.

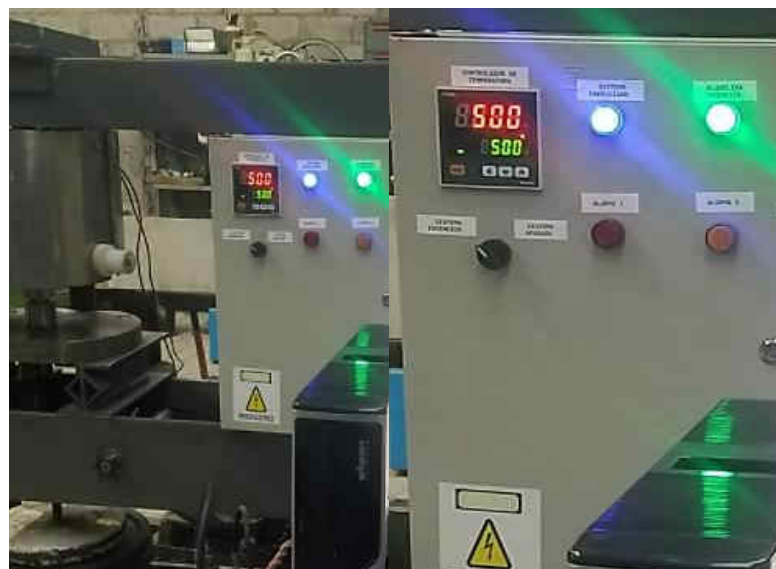


Figura 3-3: Seteo de la temperatura de ensayo en el controlador.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Al momento que la temperatura del ensayo se mantiene estable, se procede a ingresar el valor de la carga en la pantalla HMI del sistema automatizado de presión, ingresando un valor de 1321.1

psi. Con este paso se deja el sistema listo para proceder con el ensayo y realizar la adquisición de datos, figura 4-3.



Figura 4-3: Seteo de la presión de ensayo en el controlador.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.1.1.2 Inicialización del sistema de adquisición de datos

Una vez con los sistemas requeridos para la ejecución del ensayo se procede con la inicialización del sistema implementado. Para efectuar este proceso en primer lugar se verifica la conexión entre los componentes como se muestra en la figura 5-3.

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DAQ

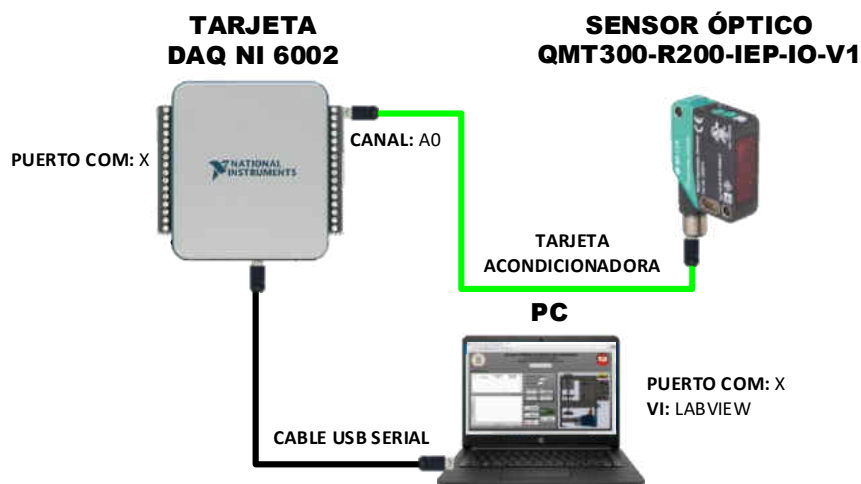


Figura 5-3: Diagrama de conexión del sistema DAQ.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Una vez verificado se procede a comprobar la comunicación entre la tarjeta DAQ y el computador, mediante la apertura de los puertos seriales del computador. Debido a que la tarjeta NI 6002 es de tipo plug in al momento de conectarla al computador este designa un número de puerto serial, para efectuar la comunicación de sus datos.

En el computador donde se encuentra la interfaz programada en Labview perteneciente al Laboratorio de Resistencia de Materiales se designó para la tarjeta el puerto COM3. Si el sistema se ejecutara en otro computador el número de puerto podría cambiar, hecho que no afecta al funcionamiento del sistema. Con todo el sistema listo se procede a iniciar el programa pulsando el botón RUN dentro del VI como se muestra en la figura 6-3. O bien mediante la combinación de teclas Ctrl + R.



Figura 6-3: Inicio del VI sistema DAQ.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la figura 7-3, se muestra el programa del sistema en estado de ejecución. Pudiendo verificar la adquisición de la fecha y hora del sistema, así como el inicio de la lectura del sensor quedando de esta manera inicializado de forma correcta.

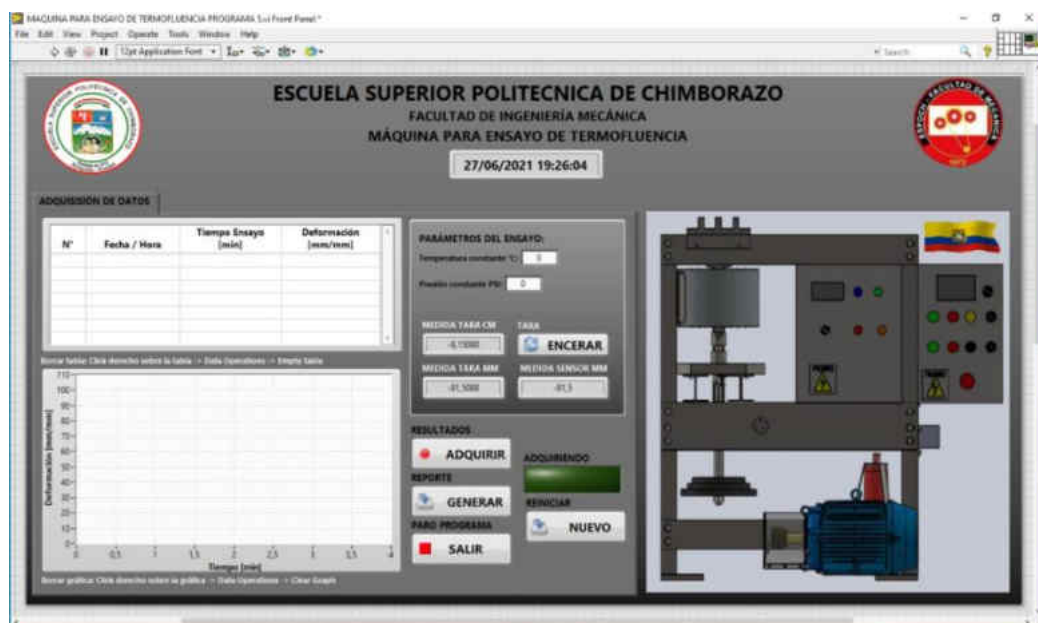


Figura 7-3: Programa sistema DAQ inicializado.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.1.2 Verificación del sistema de adquisición de datos

Para proceder con la verificación del sistema DAQ implementado se ejecutaron tres ensayos de termofluencia con las probetas descritas en el alcance del trabajo de titulación. En la figura 8-3 se observan todos los sistemas de la máquina de ensayos de termofluencia en ejecución previo a la realización de los ensayos.



Figura 8-3: Programa sistema DAQ inicializado.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.1.2.1 Pasos para la ejecución del ensayo

A continuación, se describe el procedimiento de pasos a seguir en la ejecución de los ensayos para poder comprobar el correcto funcionamiento del sistema.

1. Ubicar la probeta a ensayar dentro del horno y realizar su sujeción con las mordazas
2. Cerrar el horno y hermetizar el mismo
3. Conectar mediante el cable USB la tarjeta NI 6002 con el computador en el que se encuentre el software Labview y programa de control del sistema DAQ.
4. Abrir el programa MAQUINA PARA ENSAYO DE TERMOFLUENCIA PROGRAMA.vi
5. Comprobar la comunicación entre la tarjeta y el computador mediante la ejecución del programa; en este paso se podrá visualizar la lectura del sensor de distancia
6. Encender los sistemas de control de temperatura y presión.

7. Ingresar en el controlador Autonics la temperatura constante deseada para la ejecución del ensayo, e iniciar el proceso de calentamiento del horno.

8. Una vez que se ha alcanzado la temperatura deseada, se procede a ingresar en la pantalla LOGO TD, el valor de la presión constante con la que se va a ejecutar el ensayo.

9. En el programa que se ejecuta en el computador se procede a ingresar la temperatura y presión a la que se va a ejecutar el ensayo.

10. Se procede a encerrar la lectura del sensor para captar la deformación de la probeta; accionado el botón ENCERRAR dentro del HMI; dejando de esta manera el sistema daq para la adquisición de los datos de deformación.

9. Al mismo tiempo se inicia la aplicación de la carga mediante el accionamiento del sistema de presión y se pulsa el botón ADQUIRIR dentro del programa; iniciando de esta manera el ensayo y la adquisición de datos.

Los datos son adquiridos y visualizados en la interfaz del programa durante todo el proceso.

10. Una vez culminado el ensayo se pulsa el botón GENERAR para obtener el reporte en Excel con los datos del ensayo realizado.

Reportes que son almacenados dentro de la carpeta donde se encuentra el programa principal, con la identificación de fecha y hora del ensayo. La generación del mismo cuenta con un aviso al usuario de su correcta generación

11. Culminado el ensayo se procede a apagar los sistemas de temperatura y presión; así como retirar la probeta y culminar la ejecución del programa mediante el botón SALIR.

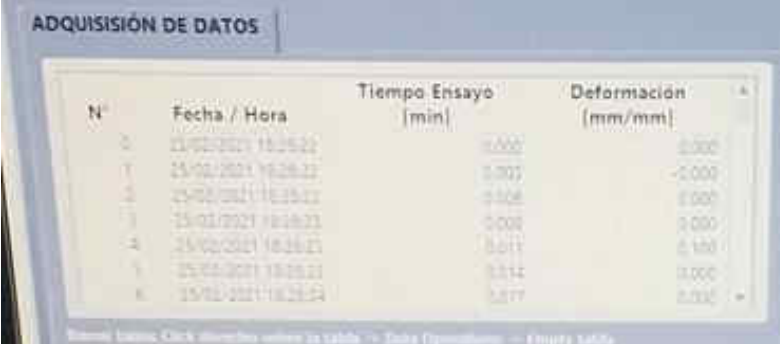


Figura 9-3: Sistema DAQ durante la ejecución de los ensayos.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.1.2.2 Adquisición de datos de deformación

Durante la ejecución de los ensayos se pudo verificar una correcta adquisición de datos de la deformación del sistema, mediante un correcto almacenamiento en la tabla de la interfaz gráfica comprobando de esta manera que los datos eran adquiridos y visualizados en el tiempo establecido en la programación. En la figura 10-3 se puede visualizar los datos adquiridos durante el ensayo ejecutado con el sistema.



N°	Fecha / Hora	Tiempo Ensayo [min]	Deformación (mm/mm)
0	25/02/2021 18:28:22	0.000	0.000
1	25/02/2021 18:28:23	0.001	-0.000
2	25/02/2021 18:28:23	0.008	0.000
3	25/02/2021 18:28:23	0.008	0.000
4	25/02/2021 18:28:23	0.011	0.100
5	25/02/2021 18:28:23	0.012	0.000
6	25/02/2021 18:28:24	0.017	0.000

Figura 10-3: Verificación de la adquisición de datos deformación.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.1.2.3 Generación de la curva de termofluencia en tiempo real

Al tener una correcta adquisición de datos se pudo evidenciar la exitosa generación de la curva de termofluencia característica del ensayo como se muestra en la figura 11-3. La curva se genere de forma autónoma a partir de los datos de la tabla, además mediante el ajuste de escala automática de la misma, se pudo apreciar la totalidad de la curva en todo momento sin perder detalle alguno durante la ejecución de los ensayos.

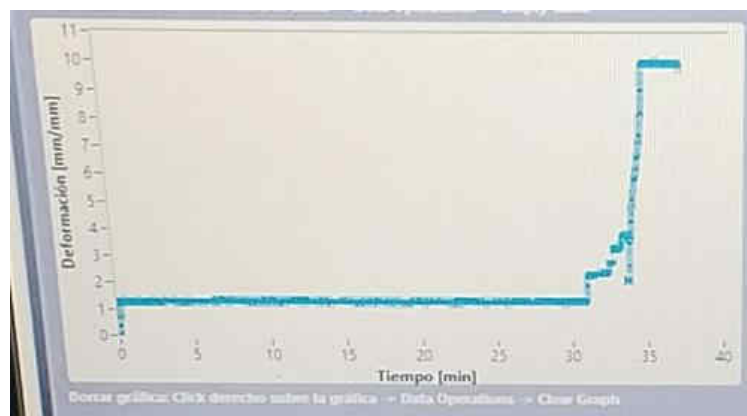


Figura 11-3: Verificación de la curva de termofluencia en tiempo real.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Los resultados obtenidos en la gráfica también se pudieron verificar mediante la exportación en formato bmp una vez finalizado el ensayo. Como se puede observar en la figura 12-3, la gráfica es idéntica a la adquirida en la interfaz gráfica.

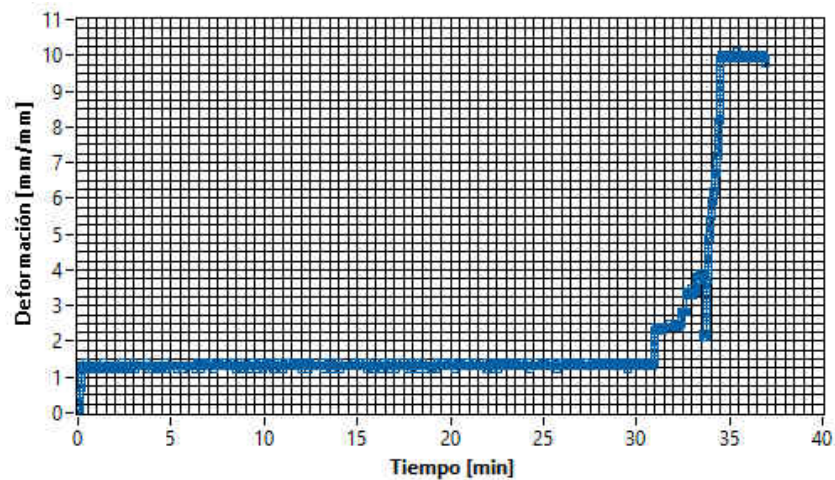


Figura 12-3: Curva de termofluencia en tiempo real exportada de la interfaz gráfica.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.1.2.4 Generación del reporte en Excel con los resultados

Una vez culminado los ensayos se verifico la ejecución de un aspecto clave como es la generación de los reportes con los resultados de los ensayos. Como primer punto se evidencio la creación de las carpetas en el directorio donde se encuentra el VI de Labview, pudiendo de esta manera corroborar el éxito de esta operación como se muestra en la figura 13-3.



Figura 13-3: Verificación de la creación de los directorios.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Como segundo punto se verificó la creación del archivo de Excel con el reporte, mismo que se ejecutó sin inconveniente pudiendo observar que el archivo se crea con la fecha y hora de la ejecución del ensayo y bajo el nombre de REPORTE DE RESULTADOS, como se puede evidenciar en la figura 14-3.



Figura 14-3: Verificación de la creación del archivo Excel con el reporte.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Finalmente, se apertura el archivo generado pudiendo determinar que los resultados almacenados son los mismos que se adquirieron con la interfaz gráfica del sistema DAQ durante la ejecución de los ensayos, como se visualiza en la figura 15-3. Quedando de esta manera verificado el correcto funcionamiento de todos los procesos programados en el sistema DAQ.



Figura 15-3: Verificación de los resultados almacenados en el archivo Excel.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.2 Análisis y discusión de resultados

Una vez realizado en el ensayo se tiene los resultados propios del mismo que nos permiten obtener una idea de la fiabilidad del sistema con respecto a los ensayos realizados de forma manual, para ello contamos con los datos de deformación en función del tiempo al someterse a una temperatura de 500°C y a una presión de 1321,1 psi.

Centrándonos en la primera etapa conocida como deformación plástica donde se presenta tanto la deformación instantánea donde la curva de termofluencia inicia con una elongación instantánea al momento de aplicar la carga, entrando en la etapa primaria en la que el material sufre un transitorio de endurecimiento con el fin de soportar la carga aplicada, y con el inicio de la etapa secundaria donde la tasa de creep alcanza un régimen permanente entrando en un estado

estacionario teniendo un comportamiento relativamente lineal y predecible. Procediendo a los resultados obtenidos de tres ensayos tenemos los siguiente:

3.2.1 Datos obtenidos en el Ensayo 1

Como se puede observar en la tabla 1-3, en la ejecución del primer ensayo se obtuvo una deformación instantánea de 0,7 mm y en un determinado tiempo se llegó a estabilizar en 1,3 mm; donde al encontrarse en la zona estacionaria a una temperatura de 500°C se corrobora la estabilidad de la curva en el tiempo.

Tabla 1-3: Datos adquiridos primer ensayo.

ENSAYO 1	
Tiempo (min)	Deformación (mm)
0,000	0,700
5,000	0,790
10,000	0,830
15,000	0,840
20,000	0,880
25,000	0,880
30,000	0,900
35,000	0,920
40,000	0,940
45,000	0,950
50,000	1,050
55,000	1,050
60,000	1,100
80,000	1,100
100,000	1,130
120,000	1,150
140,000	1,150
160,000	1,150
180,000	1,200
200,000	1,200
220,000	1,250
240,000	1,250
260,000	1,270
300,000	1,270
340,000	1,300
380,000	1,300
420,000	1,300
540,000	1,300
600,000	1,300

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la figura 16-3, se muestra el gráfico obtenido con el sistema de adquisición de datos en el que se pueden apreciar los detalles característicos de la curva bajo las condiciones ensayadas.

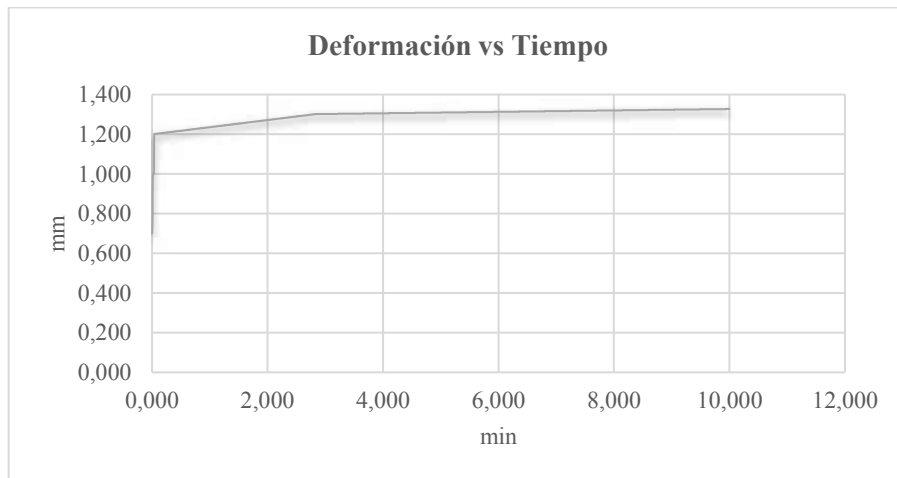


Figura 16-3: Curva 1 Deformación vs Tiempo del acero ASTM A36 a 500°C.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.2.2 Datos obtenidos en el Ensayo 2

En la ejecución del segundo ensayo el sistema adquirió los datos que se presentan en la tabla 2-3, donde se destaca que la probeta ensayada en su primera etapa tuvo una deformación instantánea de 0,68 mm para proceder a estabilizarse en 1,31 mm en la zona estacionaria. Si bien los datos obtenidos por el sistema varían en comparación a los obtenidos en el primer ensayo, estos son validados ya que en la práctica es casi una tarea imposible poder recrear las condiciones exactas entre la realización de ensayos con distintos especímenes.

Tabla 2-3: Datos adquiridos segundo ensayo.

ENSAYO 2	
Tiempo (min)	Deformación (mm)
0,000	0,680
5,000	0,805
10,000	0,845
15,000	0,855
20,000	0,895
25,000	0,895
30,000	0,915
35,000	0,935
40,000	0,955
45,000	0,965
50,000	1,065

55,000	1,065
60,000	1,115
80,000	1,115
100,000	1,145
120,000	1,165
140,000	1,165
160,000	1,165
180,000	1,215
200,000	1,215
220,000	1,265
240,000	1,265
260,000	1,285
300,000	1,285
340,000	1,315
380,000	1,315
420,000	1,315
540,000	1,315
600,000	1,315

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La curva obtenida en la figura 17-3, de igual manera cumple con las características propias de la curva de termofluencia ejecutados en una probeta de acero ASTM A36 a 500 °C.



Figura 17-3: Curva 2 Deformación vs Tiempo del acero ASTM A36 a 500°C.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.2.3 Datos obtenidos en el Ensayo 3

Finalmente, en la ejecución del último ensayo de igual manera que en los anteriores durante el arranque el mismo se obtuvo una deformación instantánea de 0,71 mm y 1,43 mm en la zona

estacionaria bajo las mismas condiciones de temperatura y presión, determinando una similitud en los datos obtenidos en la tabla 3-3 en comparación con los ensayos anteriores, teniendo una pequeña variación debido a las propiedades propias de la probeta ensayada.

Tabla 3-3: Datos adquiridos tercer ensayo.

ENSAYO 3	
Tiempo (min)	Deformación (mm)
0,000	0,710
5,000	0,925
10,000	0,965
15,000	0,975
20,000	1,015
25,000	1,015
30,000	1,035
35,000	1,055
40,000	1,075
45,000	1,085
50,000	1,185
55,000	1,185
60,000	1,235
80,000	1,235
100,000	1,265
120,000	1,285
140,000	1,285
160,000	1,285
180,000	1,335
200,000	1,335
220,000	1,385
240,000	1,385
260,000	1,405
300,000	1,405
340,000	1,435
380,000	1,435
420,000	1,435
540,000	1,435
600,000	1,435

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

En la figura 18-3 se corrobora la curva obtenida con el sistema de adquisición de datos implementado, ya que en la totalidad de ensayos realizados se pudo verificar una correcta generación de la curva en tiempo real, dando como resultado graficas correspondientes al

fenómeno de termofluencia semejantes a las obtenidas de forma manual en trabajos previos ejecutados en la máquina de ensayos.



Figura 18-3: Curva 3 Deformación vs Tiempo del acero ASTM A36 a 500°C.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.2.4 Cálculo de la media de deformación producida en los ensayos

Debido a la pequeña variación en los datos de deformación adquiridos entre las probetas ensayadas durante el periodo de prueba, se ejecutó el cálculo de la media de deformación producida para de esta manera tener un dato referencial para el cálculo del error del sistema implementado. En la tabla 4-3, se muestra la deformación media obtenida en las probetas de acero ASTM A36 ensayadas a 500 °C.

Tabla 4-3: Datos deformación media producida en los ensayos.

Tiempo (min)	Deformación Media (mm)
0,000	0,697
5,000	0,840
10,000	0,880
15,000	0,890
20,000	0,930
25,000	0,930
30,000	0,950
35,000	0,970
40,000	0,990
45,000	1,000
50,000	1,100
55,000	1,100
60,000	1,150
80,000	1,150

100,000	1,180
120,000	1,200
140,000	1,200
160,000	1,200
180,000	1,250
200,000	1,250
220,000	1,300
240,000	1,300
260,000	1,320
300,000	1,320
340,000	1,350
380,000	1,350
420,000	1,350
540,000	1,350
600,000	1,350

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

La curva presente en la figura 19-3, muestra la deformación media en función del tiempo producida en los ensayos ejecutados con el sistema DAQ. Evidenciando el comportamiento del material sometido a medidas de presión y temperatura constantes, otorgándonos una curva idónea propia del comportamiento de un material sometido al fenómeno de termofluencia.

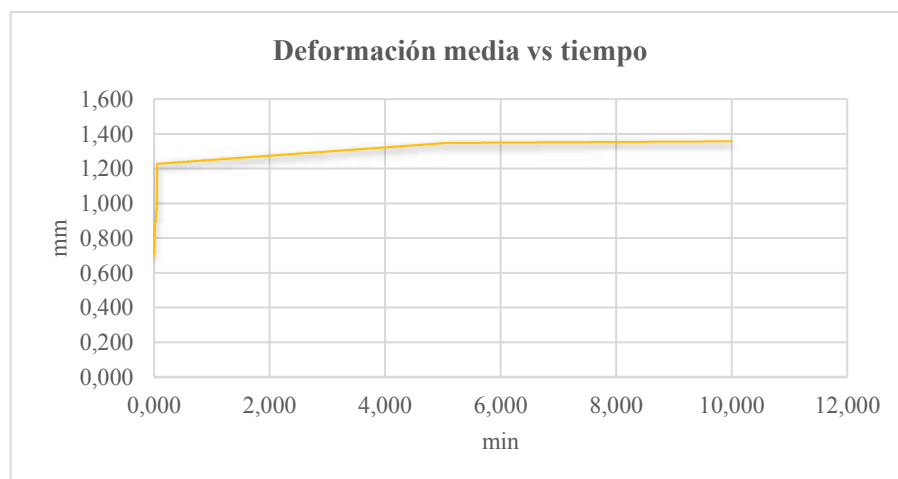


Figura 19-3: Curva Deformación Media vs Tiempo probetas ASTM A36 a 500°C.

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.2.5 Cálculos y análisis del error

A fin de terminar de validar el sistema implementado se realizó el cálculo del error entre los datos obtenidos por el sistema DAQ implementado tomando como referencia la deformación media

calculada en la tabla 4-3, con los datos obtenidos de deformación obtenidos de forma manual en condiciones de temperatura y presión iguales en ambos casos. A continuación, se presentan en la tabla 5-3, los errores determinados en la primera y segunda fase de la curva.

Tabla 5-3: Error entre datos de deformación manual referencial versus sistema DAQ.

DATOS REFERENCIALES		DATOS ADQUIRIDOS	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO %
\bar{x}		X_i	$\varepsilon_a = \bar{x} - X_i$	$\varepsilon_r = (\varepsilon_a/\bar{x})*100\%$
T(min)	Deformación(mm)	Def. media (mm)	Error Absoluto	Error Relativo %
0	0,69	0,697	0,0067	0,97%
5	0,78	0,840	0,0600	7,69%
10	0,86	0,880	0,0200	2,33%
15	0,91	0,890	0,0200	2,20%
20	0,92	0,930	0,0100	1,09%
25	0,93	0,930	0,0000	0,00%
30	0,94	0,950	0,0100	1,06%
35	0,94	0,970	0,0300	3,19%
40	0,95	0,990	0,0400	4,21%
45	0,95	1,000	0,0500	5,26%
50	0,98	1,100	0,1200	12,24%
55	0,98	1,100	0,1200	12,24%
60	0,98	1,150	0,1700	17,35%
80	1,05	1,150	0,1000	9,52%
100	1,1	1,180	0,0800	7,27%
120	1,1	1,200	0,1000	9,09%
140	1,2	1,200	0,0000	0,00%
160	1,2	1,200	0,0000	0,00%
180	1,2	1,250	0,0500	4,17%
200	1,23	1,250	0,0200	1,63%
220	1,23	1,300	0,0700	5,69%
240	1,23	1,300	0,0700	5,69%
260	1,23	1,320	0,0900	7,32%
300	1,24	1,320	0,0800	6,45%
340	1,24	1,350	0,1100	8,87%
380	1,24	1,350	0,1100	8,87%
420	1,24	1,350	0,1100	8,87%
540	1,24	1,350	0,1100	8,87%
600	1,24	1,350	0,1100	8,87%
			0,0644	5,90%

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Como se logra observar en la tabla 5-4, se encuentra en error bastante aceptable entre la toma de datos manual y la toma de datos mediante un sistema de adquisición de datos. Teniendo en la primera etapa un error inferior al 1%, se nota una similitud en la deformación instantánea tanto en las tomas de datos experimental tomada de forma manual como la en la toma de datos real obtenida por el sistema de adquisición de datos implementada en la máquina de ensayos de termofluencia.

Llegando a concluir una similitud entre la toma de datos de tipo manual y automática, pero reduciendo un error de hasta un 5,9% en los mismos, además llegando a optimizar la tecnología que en la actualidad es de gran ayuda e importancia para procesos de este tipo, en el cual se optimiza recursos humanos y se aprovechan los recursos tecnológicos.

Comprobando así una correcta funcionalidad del sistema de adquisición, sin interrupciones e inconvenientes donde se logra un manejo y funcionalidad idóneas para la adquisición de datos de termofluencia.

3.3 Análisis de costos

Es necesario en todo proyecto revisar y evaluar los recursos en los cuales se haya invertido el dinero, determinando una rentabilidad propia entre el trabajo realizado frente a la competencia o empresas destinadas a realizar estos equipos. Teniendo a continuación un detalle de la estimación de costos empleados en el presente trabajo.

3.3.1 Costos directos

En estos costos va involucrado directamente el trabajo empleado en la construcción, implementación y montaje del sistema de adquisición de datos.

En primera instancia se realiza el desglose del sistema electrónico que fue el objetivo principal del trabajo de titulación y el sistema de tracción mismo que fue modificado para una eficiencia de la implementación de datos.

3.3.1.1 Costos del sistema de tracción

Debido a que el sistema posee un sistema de tracción obsoleto se realizó una modificación del mismo obteniendo así una transmisión de carga idónea para una correcta aplicación y traslado de la carga de tracción en la probeta.

En la tabla 6-3, se especifican los materiales y detalles de los costos.

Tabla 6-3: Costos del sistema de tracción.

Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Material A36	kg	\$0,98	73	\$71,54
Material 705	Kg	\$1,79	11	\$19,69
Nylon	Kg	\$3,20	1	\$3,20
Rodamientos cónicos	u	\$ 48,00	2	\$96,00
Rodamientos axiales	u	\$ 26,00	2	\$52,00
Tuercas acero	u	\$ 5,00	-	\$ 5,00
Tornillos acero	u	\$ 7,00	-	\$ 7,00
Subtotal 1				\$254,43

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.1.2 Costo de elementos electrónicos

En la implementación del sistema DAQ se emplearon equipos electrónicos los cuales se detallan en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Costos de elementos electrónicos.

Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Tarjeta de adquisición de datos (DAQ) NI USB-6002	u	\$461,00	1	\$461,00
Fuente de poder 24v	u	\$34,00	1	\$34,00
Medidor para distancias OMT300-R200-IEP-IO-V1	u	\$553,50	1	\$553,50
Subtotal 2				\$1.048,50

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.1.3 Costo de construcción y montaje

Un gasto necesario es la construcción y el montaje de los elementos para los cuales se usan maquinaria e instrumentos que permitan el desarrollo de este, en la tabla 8-3 se detallan los costos de construcción y montaje de los elementos implementados y modificados en la máquina de termofluencia.

Tabla 8-3: Costos de construcción y montaje.

Horas	Descripción	USD/Hora	Precio total USD
4	Soldadura Eléctrica	\$ 5,00	\$ 20,00
21	Amoladora	\$ 1,00	\$ 21,00
31	Torno	\$ 5,00	\$ 155,00
72	Mandriladora	\$ 6,00	\$ 432,00
30	Fresadora	\$ 5,00	\$ 150,00
7	CNC	\$ 10,00	\$ 70,00
50	Herramientas menores	\$ 1,25	\$ 62,50
3	Taladro	\$ 1,00	\$ 3,00
1	Insumos	\$ 230,00	\$ 230,00
Subtotal 3			\$ 1.143,50

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.1.4 Costo de mano de obra

La mano de obra es un gasto igual de importante debido a que con ayuda de personal calificado se logró el desarrollo de una forma correcta de la implementación tanto del sistema de tracción como del sistema de adquisición de datos.

Tabla 9-3: Costos de mano de obra.

Cantidad	Descripción	Horas-Hombre	USD/Hora	Precio total USD
1	Maestro mecánico	128	\$ 4,00	\$ 240,00
1	Maestro electrónico	24	\$ 4,25	\$ 170,00
1	Soldador	3	\$ 4,00	\$ 30,00
2	Ayudantes	84	\$ 3,00	\$ 192,00
Subtotal 4				\$ 632,00

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.1.5 Costo de transporte

Durante el periodo de realización del trabajo se han estimado una variedad de gastos de transporte los cuales se han resumido de la manera que muestra la tabla 10-3, las cuales participan de manera evidente en el proyecto.

Tabla 10-3: Costos de transporte

Descripción	Costo
Traslado de la maquina al taller	\$ 80,00
Traslado de materiales	\$ 120,00
Subtotal 5	\$ 200,00

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.1.6 Costos directos totales

El valor de los costos directos totales se obtiene al realizar una suma de todos los subtotales previamente calculados como se muestra en la tabla 11-3.

Tabla 11-3: Costos directos totales

Costo directos totales	
Subtotal 1	\$ 254,43
Subtotal 2	\$ 1.048,50
Subtotal 3	\$ 1.143,50
Subtotal 4	\$ 632,00
Subtotal 5	\$ 200,00
Total	\$ 3.278,43

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.2 Costos indirectos

Los costos indirectos contamos con los costos de tipo ingenieril para los cuales se requiere de personal calificado que de una u otra manera aportaron en el desarrollo del proyecto, se agrega además los imprevistos que siempre ocurren en el desarrollo del mismo teniendo los siguientes.

Tabla 12-3: Costos indirectos

Descripción	Porcentaje	Precio total USD
Ingenieriles	12%	\$ 393,41
Imprevistos	5%	\$ 163,92
Otros	3%	\$ 98,35
Total		\$ 655,69

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

3.3.3 Costos totales

Una vez se calcula tanto los costos directos como los indirectos se tiene el valor neto del trabajo de titulación en el que intervienen los gastos realizados desde que formamos parte del proyecto.

Tabla 133-3: Costos totales

Costos	USD
Directos	\$ 3.278,43
Indirectos	\$ 655,69
Total	\$ 3.934,12

Fuente: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Realizado por: Jerez, J.; Vallejo, J. 2021

Como se observa en la tabla 12-3 el costo del trabajo de titulación es de \$ 3.934,12 un valor propio de un proyecto de esta índole y con el fin de aportar a la Escuela de Ingeniería Mecánica un trabajo digno para posteriores investigaciones referentes al tema de Termofluencia.

4. CONCLUSIONES

Luego de haber estudiado los fundamentos teóricos se identificó los parámetros que debe cumplir el sistema de adquisición de datos a implementarse en la máquina de ensayos de termofluencia, siendo la adquisición, visualización, almacenamiento de los datos de la deformación producida a lo largo del tiempo, así como la generación automática de la curva de termofluencia. Además, se determinó los componentes del sistema: sensor de distancia, tarjeta acondicionadora, hardware con convertor analógico digital, computador con software de adquisición de datos compatible con el hardware a emplearse.

Con la fundamentación teórica de los componentes a emplearse, se seleccionó los elementos y equipos específicos en la implementación del sistema. Para la selección del sensor se tomó en cuenta como factores determinantes la resolución y velocidad de respuesta entre sensores ópticos y ultrasónicos comúnmente empleados en la medición de distancia, determinando que el sensor óptico OMT300-R200-IEP-IO-V1 de la marca alemana Pepperl+Fluchs prestaba las mejores características de adquisición y existencia en el medio local, teniendo 0.1 mm de resolución, salida de 4 a 20 mA, y una velocidad de respuesta de 2 ms; parámetros que garantizaran una toma de datos precisa de la distancia de deformación durante el ensayo.

A partir de la selección del sensor se determinó el acondicionador de señal a emplearse, optando por el diseño de una tarjeta electrónica que se adapte al sensor con el que se va a trabajar, permitiendo de esta manera convertir la señal de salida de 4-20 mA a 0-10 V, señal estándar de voltaje empleado en sensores y equipos. Esta tarjeta además de presenta conectores apropiados para su conexión y aislamiento entre la señal de entrada y salida.

En la determinación del convertidor analógico digital, se seleccionó la tarjeta de adquisición de datos DAQ 6002 de la compañía National Instruments, misma que cuenta con un convertidor A/D de con resolución de 16 bits, valor superior a la de su principal competidora Raspberry con 12 bits de resolución. Además, la resolución escogida se encuentra en el rango mínimo de resolución para las señales a tratar dentro del sistema de adquisición de datos, así en conjunto con la disponibilidad en el mercado presenta el número suficiente de entradas y salidas para garantizar la conexión de varios canales (sensores).

Al seleccionar la tarjeta adquisitoria, se utilizó el software con plataforma de desarrollo DAQ Labview por contar con la compatibilidad con el hardware escogido, en esta plataforma se desarrolló la interfaz del sistema de adquisición en el que se destaca el uso de un filtro paso bajo

virtual, el escalado de la variable distancia, las operaciones de registro, visualización y almacenamiento de la deformación, así como un campo orientado a la generación de la gráfica de la curva de termofluencia.

Para garantizar el buen desempeño del sistema se ensayó tres probetas planas con sección reducida de acero A36, ingresando en la máquina de ensayos parámetros de temperatura 500 °C y de presión 1321.1 psi, valores dados en ensayos previos realizados en la máquina, con el fin de comparar las curvas obtenidas garantizando de esta manera el funcionamiento y la veracidad de los datos adquiridos.

5. RECOMENDACIONES

Se debería implementar un sistema de control que unifique la operación de los sistemas componentes de la máquina, en la que el usuario de la misma pueda monitorear a través de una interfaz gráfica HMI el estado de las variables físicas que se encuentran presentes al momento de realizar los ensayos de termofluencia.

Se recomienda además el desarrollo de un sistema de monitoreo virtual, que aporte con la no presencia del operario durante todo el tiempo que dura la ejecución de los ensayos, y más bien se permita desde cualquier lugar del mundo el monitoreo y control de la máquina impulsando el desarrollo y trabajos futuros orientados a la industria 4.0.

Si se quiere evitar algún remanente de señal de interferencia en la lectura del sensor implementado en el sistema, realizar la conexión a tierra de todos los sistemas que conforman la máquina.

Se recomienda compartir las investigaciones del fenómeno de termofluencia estudiado a partir de la implementación del sistema de adquisición de datos, con las personas e instituciones que se encuentren involucrados en el diseño de equipos o máquinas donde afecte de manera considerable los posibles fallos debidos al creep. Con esto además se estará impulsando el desarrollo de futuros trabajos de investigación en una máquina repotenciada que se encuentra funcional al servicio de la comunidad de investigadores del país.

BIBLIOGRAFÍA

ARVENG, *¿Qué es la termofluencia o creep?* [Blog]. 2019. [Consulta: 10 de enero de 2021].
Disponible en: <https://arvengtraining.com/tag/termofluencia/>.

ASKELAND, Donald R; & WRIGHT, Wendelin J. *Ciencia e ingeniería de materiales*. 7ª ed.
España: Cengage Learning Editores S.A, 2017. pp. 254-257. ISBN 978 607 526 0631.

CAICEDO REYES, Jorge Isaías. Estudio del efecto de termofluencia sobre el hierro fundido gris perlítico como material alternativo y su incidencia en la degradación microestructural en espejos de la cámara de combustión de los hornos industriales para pan. [En línea] (Trabajo de titulación). (Postgrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Tungurahua, Ecuador. 2014. [Consulta: 12 de enero de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7572>

CIENTEC. *Máquinas para pruebas Creep y de Ruptura*. [En línea]. 2008. [Consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.cientec.com.mx/index.php/es/aplicaciones-especiales-para-maquinas-de-ensayos-universales-2/maquinas-para-pruebas-creep-y-de-ruptura>.

DEWESOFT. *¿Qué es adquisición de datos - DAQ o DAS?*. [En línea]. 2020. [Consulta: 10 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-adquisicion-de-datos>

DEWESOFT. *¿Qué es el Convertidor ADC?*. [En línea]. 2020. [Consulta: 10 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-adquisicion-de-datos>

DEWESOFT. *¿Qué es un sensor y qué hace?*. [En línea]. 2020. [Consulta: 11 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor>

ELECTRONICSHUB. *Tipos de sensores para medir variables físicas*. [En línea]. 2020.

[Consulta: 10 de enero de 2021]. Disponible en:

http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf

GONZALES, Jorge Luis. *Metalurgia Mecánica*. 1ª ed. México DF-México: Editorial Limusa S.A, 2003. pp. 221-230.

INSTRUTECH. *Sistemas de adquisición de datos*. [En línea]. 2016. [Consulta: 14 de enero de 2021]. Disponible en: <https://instrutech-solutions.com/sistemas-adquisicion-datos>

LOOR RIASCOS, Jaime Alberto; & MORALES LUNA, Fernando Javier. Ensayo de Termofluencia del Acero AISI-SAE 1018 y Construcción del Modelo Predictivo de Vida. [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 2012. [Consulta: 12 de enero de 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21433>

LÓPEZ SAÑAY, Dennis Patricio; & OÑATE GUERRERO, Jimmy Dario. Estudio en el rango 500°C – 550°C de la degradación microestructural del acero A36 y fundición nodular perlítica por efecto de termofluencia. [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2017. [Consulta: 15 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8074>

OMEGA. *Sistema de adquisición de datos*. [En línea]. 2012. [Consulta: 16 de enero de 2021]. Disponible en: <https://es.omega.com/prodinfo/adquisicion-de-datos.html>

PEPPERL-FUCHS. *Medidor de distancias OMT300-R200-IEP-IO-VI*. [En línea]. 2019. [Consulta: 20 de enero de 2021]. Disponible en: https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/pds/295670-100261_spa.pdf?v=20210611184903

RESEARCHGATE. *Tarjeta de adquisición de datos DAQ NI 6024E de National Instruments*. [En línea]. 2009. [Consulta: 22 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/shop/data-acquisition.html>

RÍOS MÁRQUEZ, Angelica. *Diseño y construcción de un prototipo didáctico de termofluencia para el laboratorio de ciencia de materiales de la ESIME unidad Culhuacan.* 1ª ed. México: Instituto Politécnico Nacional, 2009.

SORIANO CRUZ, Tania. *Evaluación de la Termofluencia a 600°C de un Acero Ferrítico A387 Gr.5 C2.* 1ª ed. México: Instituto Politécnico Nacional, 2018.

ZWICK/ROELL. *Máquinas de fluencia Kappa para el ensayo de materiales.* [En línea]. 2021.

[Consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en:

<https://www.zwickroell.com/es/productos/maquinas-de-ensayos-de-materiales-estaticas/maquinas-de-ensayos-de-materiales-de-fluencia/>

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS ACTUALES DE LA MÁQUINA DE TERMOFLUENCIA.

A3
mm

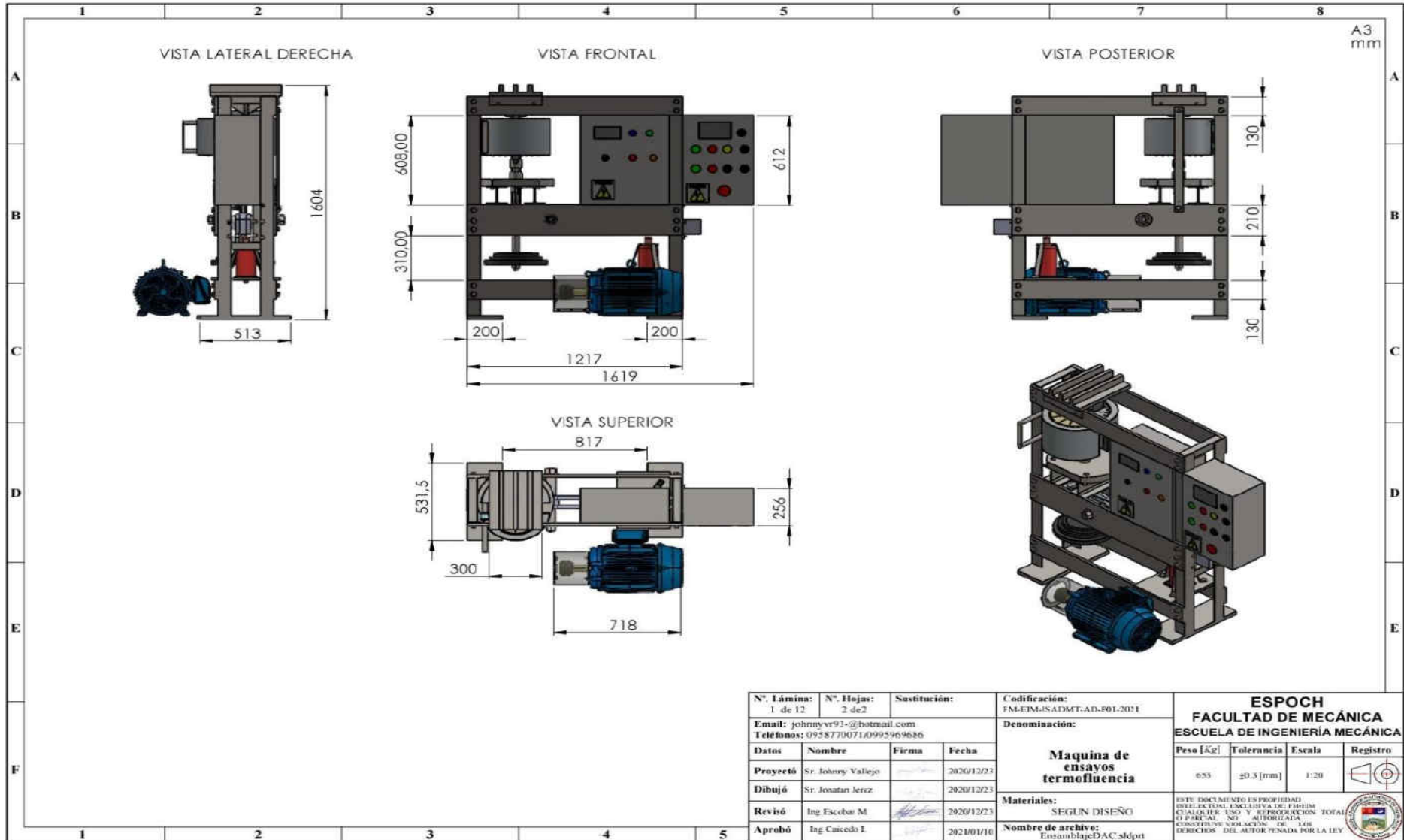
N° de piezas	Denominación	N° de Norma/Dibuj	Material	N° de orden	N° del Modelo/ semiproducto	Peso Kg	Observaciones
1	Sistema de tracción		Según Diseño	5		249	
1	Chasis		Según Diseño	4		239.3	
1	Sistema de temperatura		Según Diseño	3		59.87	Catálogo
1	Sistema electrónico de presión		Según Diseño	2		-	
1	Sistema de presión		Según Diseño	1		59.04	Catálogo

MIGUEL ANGEL ESCOBAR GUACHAMBALA
 Firmado digitalmente por MIGUEL ANGEL ESCOBAR GUACHAMBALA

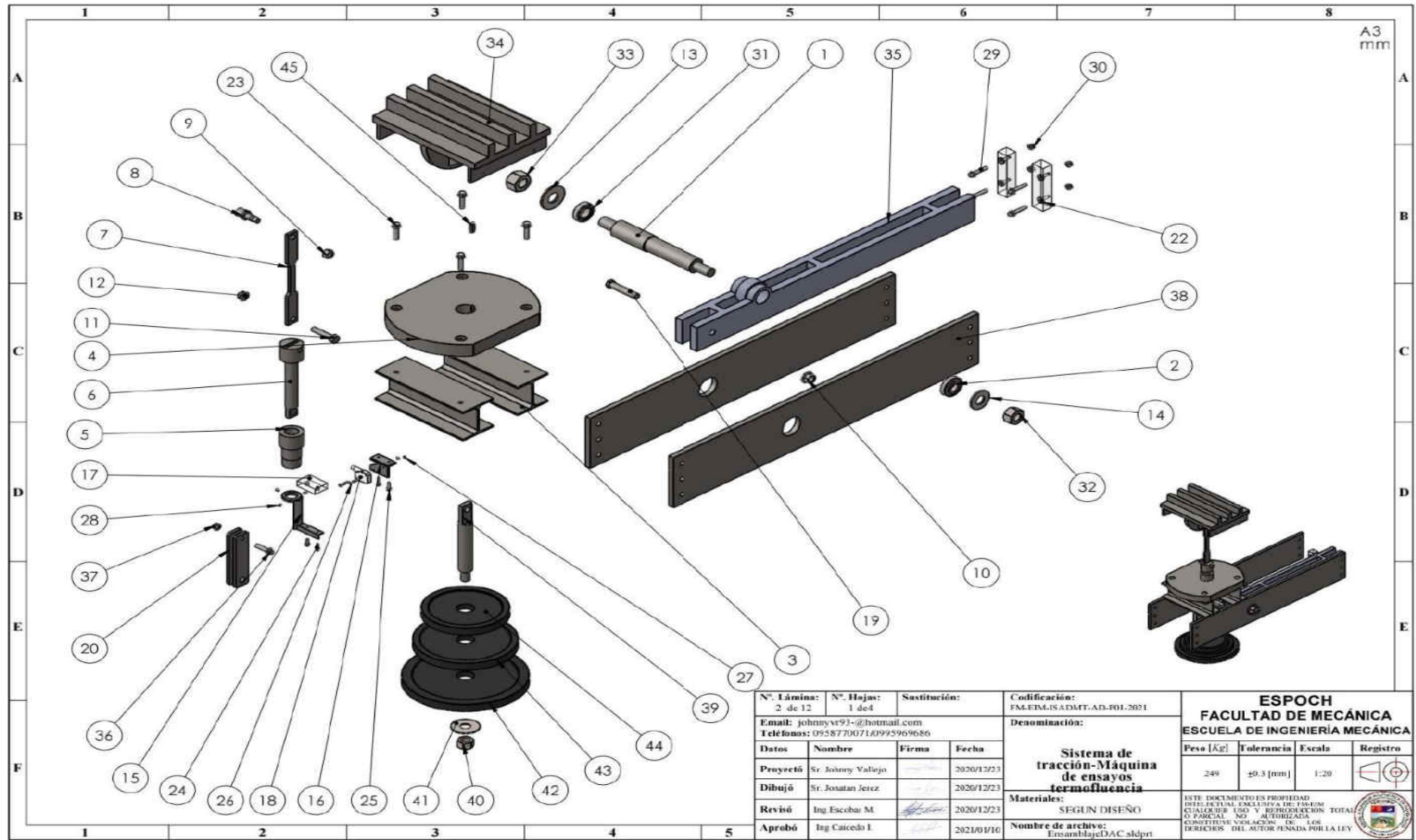
N° Lámina:		N° Hojas:		Sustitución:		Codificación:	
1 de 12		1 de 2				FMLEPM-ISA-DMT-AD-P01-2021	
Email: johnnyv93-@hotmail.com				Des denominación:			
Teléfono: 0958720071/0995969686				Máquina de ensayos termofluencia			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:			
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23	SEGUN DISEÑO			
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23	Nombre de archivo:			
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23	Escobar@geDAC.sldprt			
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10				

ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
633	±0.3 [mm]	1:20	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD
 EXCLUSIVA DEL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)
 CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL
 O PARCIAL NO AUTORIZADA
 CONSTITUYE INFRACCIÓN DE LOS
 DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY



A3 mm



N° Lámina: 2 de 12	N° Hojas: 1 de 4	Sustitución:	Codificación: FME/EM/IS/ADMT-AD-F01-2021
Email: johnnyv93-@hotmail.com		Teléfonos: 0958770071/0995969686	
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/1/22/3
Dibujó	Sr. Jonathan Jerez		2020/1/22/3
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/1/22/3
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10
Denominación: Sistema de tracción-Máquina de ensayos termofluencia		Materiales: SEGUN DISEÑO	
Nombre de archivo: EreanblajeDAC.sldprt			

ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
249	±0.3 [mm]	1:20	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE ESPOCH. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>			



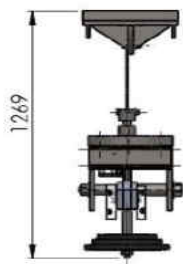
1		2			3		4		
A4 mm									
A	2	B18.2.3.9M - HEAVY HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 25 --25N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	24	B18.2.3.9M - HEAVY HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 25 --25N		CATÁLOGO	
	2	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 20 --20N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	23	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 20 --20N		CATÁLOGO	
B	4	B18.2.3.9M - HEAVY HEX FLANGE SCREW, M12 X 1.75 X 55 --30N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	22	B18.2.3.9M - HEAVY HEX FLANGE SCREW, M12 X 1.75 X 55 --30N		CATÁLOGO	
	1	GUIA PARA BRAZO DERECHA	CPE INEN 003	NYLON 101	21	NYLON 175X40X35	0.256	CORTE - FRESADO	
	1	GUIA PARA BRAZO IZQUIERDA	CPE INEN 003	NYLON 101	20	NYLON 180X42.5X35	0.3	CORTE - FRESADO	
	2	ESLABON PARA TRACCIÓN	CPE INEN 003	ASTM A36	19	PLATINA 3/8"X2"X215	1.7	CATÁLOGO	
	1	PASADOR BLAZO	CPE INEN 003	SAE GRADO 5	18	M20X99	0.29	CATÁLOGO	
	1	SENSOR ÓPTICO OMT300-R200-IEP-IO-V1	EN 60947-5-2	POLICARBONATO	17	Sensor óptico OMT300-R200-IEP-IO-V1	0.037	Catálogo	
	1	SUPERFICIE DE MEDICIÓN PARA SENSOR	CPE INEN 003	NYLON 101	16	NYLON 50X75X25.4	0.088	CORTE - FRESADO	
C	1	BASE SENSOR	CPE INEN 003	ASTM A36	15	PERFIL L 1"X3X70	0.137	CORTE	
	1	SOPORTE SUPERFICIE BLANCA PARA SENSOR	CPE INEN 003	ASTM A36	14	PLATINA 1/2"X2	0.308	CORTE - FRESADO-TORNEADO	
	1	B18.22M - PLAIN WASHER, 30 mm, REGULAR	ANSI METRIC	ASTM A36	13	B18.22M - Plain washer, 30 mm, regular		CATÁLOGO	
	1	B18.22M - PLAIN WASHER, 36 mm, REGULAR	ANSI METRIC	ASTM A36	12	B18.22M - Plain washer, 36 mm, regular		CATÁLOGO	
	1	B18.2.2.4M - HEX FLANGE NUT, M16 X 2 --N	ANSI METRIC	SAE GRADO 5	11	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M16 x 2 --N		CATÁLOGO	
D	1	B18.2.2.4M - HEX FLANGE NUT, M20 X 2.5 --N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	10	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M20 x 2.5 --N		CATÁLOGO	
	1	B18.2.4.6M - HEAVY HEX NUT, M16 X 2 --W-N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	9	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M16 x 2 --W-N		CATÁLOGO	
	2	SUJETADOR PROBETA SUPERIOR	CPE INEN 003	AISI F 705	8	EJE F 705 1.5" X 80	0.25	CORTE -TORNEADO	
	1	PROBETA	ISO 6892	ASTM A36	7	PLATINA 3/8"X2"X380	0.92	CORTE - FRESADO	
E	1	SUJETA PROBETA EJE GUIA	CPE INEN 003	AISI F 705	6	EJE F 705 3" X 305	3.05	CORTE -TORNEADO	
	1	SUJETADOR GUIA DE PROBETA	CPE INEN 003	AISI F 705	5	EJE F 705 3" X 140	2.24	CORTE -TORNEADO	
	1	MESA BASE	CPE INEN 003	ASTM A36	4	PLACA 2" -500X500	50.65	CORTE - FRESADO	
	2	PERFIL BASE HBE 120	CPE INEN 003	ASTM A36	3	HEB 120X120X6.5	13.05	CATÁLOGO	
	1	AFBMA 19.1.2 - J2FB030 - 12,S1,NC,12	ISO 1132		2	NTN 4T-32306	0.58	CATÁLOGO	
	1	EJE PARA PALANCA	CPE INEN 003	AISI F 705	1	EJE F 705 2.5" X 450	6.72	CORTE -TORNEADO-TEMPLADO	
	N° DE PIEZAS	DENOMINACIÓN		N° DE NORMA/DIBUJO	MATERIAL	N° DE ORDEN	N° DEL MODELO/ SEMIPRODUCTO	PESO KG	OBSERVACIONES

N° Lámina: 2 de 12	N° Hojas: 2 de 4	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Denominación: Sistema de tracción-Máquina de ensayos termofluencia	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha	249	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23				
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23				
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10	Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt			

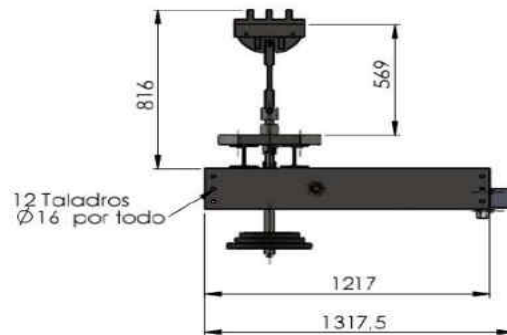
		1	2	3	4					
A								A4 mm		
	B									
C		1	CHAVETA	CPE INEN 003	ASTM A36	44	PLANCHA A 36 1/2"X40X10	0.29	CORTE - FRESADO	
	1	CONTRAPESO 3		FUNDICION	43			CATÁLOGO		
	1	CONTRAPESO 2		FUNDICION	42			CATÁLOGO		
	1	CONTRAPESO 1		FUNDICION	41			CATÁLOGO		
	1	WIDE FW 1.125	ANSI INCH	ASTM A36	40	ARANDELA PLANA GRUESA 1.25 PULG	0.0188	CATÁLOGO		
	1	HHNUT 1.0000-12-B-N	ANSI INCH	SAE GRADO 2	39	HHNUT 1.0000-12-B-N		CATÁLOGO		
	1	CONTRAPESO	ANSI METRIC	AISI F 705	38	EJE F 705 2" X 32I	2.467	TORNEADO - FRESADO		
	2	PLACA LATERAL DE BASTIDOR	CPE INEN 003	ASTM A36	37	PLANCHA A36 1"X12I7	726.9	CORTE - FRESADO		
	1	B18.2.2.4M - HEX FLANGE NUT, M12 X 1.75 --N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	36	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M12 x 1.75 --N		CATÁLOGO		
	1	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M12 X 1.75 X 50 --30N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	35	B18.2.3.4M - Hex flange screw, M12 x 1.75 x 50 --30N		CATÁLOGO		
D	1	BRAZO PALANCA	CPE INEN 003	ASTM A36	34	PLANCHA A36 1" - EJE A36 4"	6.14	CORTE - FRESADO		
	1	DISCIPADOR DE CALOR	CPE INEN 003	ASTM A36	33	PLANCHA A36 1"	52.4	CORTE - FRESADO		
	1	B18.2.4.6M - HEAVY HEX NUT, M36 X 4 --W-N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	32	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M36 x 4 --W- N		CATÁLOGO		
	1	B18.2.4.6M - HEAVY HEX NUT, M30 X 3.5 --W-N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	31	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M30 x 3.5 -- W-N		CATÁLOGO		
	1	AFBMA 19.1.2 - J2DD035 - 16.SLINC.16	ISO 1132		30	NTN-4T-32307	0.787	CATÁLOGO		
	4	B18.2.2.4M - HEX FLANGE NUT, M10 X 1.5. WITH 15 WAF --N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	29	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M10 x 1.5, with 15 WAF --N		CATÁLOGO		
	4	B18.2.3.9M - HEAVY HEX FLANGE SCREW, M10 X 1.5 X 55 --26N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	28	B18.2.3.9M - Heavy hex flange screw, M10 x 1.5 x 55 --26N		CATÁLOGO		
	3	B18.3.6M - M6 X 1.0 X 10 HEX SOCKET TYPE I CUP PT. SS --N	ANSI METRIC	SAE GRADO 2	27	B18.3.6M - M6 x 1.0 x 10 Hex Socket Type I Cup Pt. SS --N		CATÁLOGO		
	2	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M5 x 0.8 --D-N	Ansi Metric	AISI 430	26	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M5 x 0.8 --D-N		Catálogo		
	2	B18.3.5M - 5 x 0.8 x 30 Socket FCHS --30N	Ansi Metric	SAE GRADO 2	25	B18.3.5M - 5 x 0.8 x 30 Socket FCHS -- 30N		Catálogo		
E	Nº DE PIEZAS	DENOMINACIÓN	Nº DE NORMA/DIBUJO	MATERIAL	Nº DE ORDEN	Nº. DEL MODELO/ SEMIPRODUCTO	PESO KG	OBSERVACIONES		
	Nº. Lámina: 2 de 12	Nº. Hojas: 3 de 4	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Denominación: Sistema de tracción-Máquina de ensayos termofluencia					Peso [Kg]	Tolerancia
	Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO		249	±0.3 [mm]	1:20	
	Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23	Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23							
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23							
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10							

A3
mm

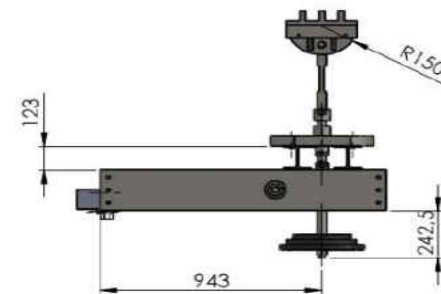
VISTA LATERAL DERECHA



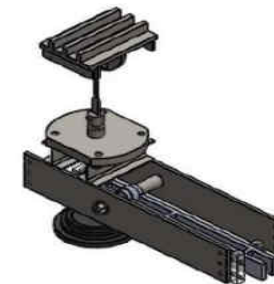
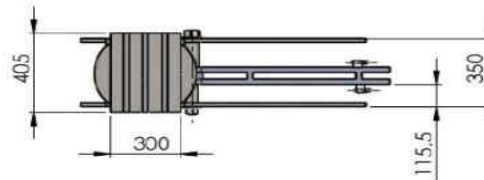
VISTA FRONTAL



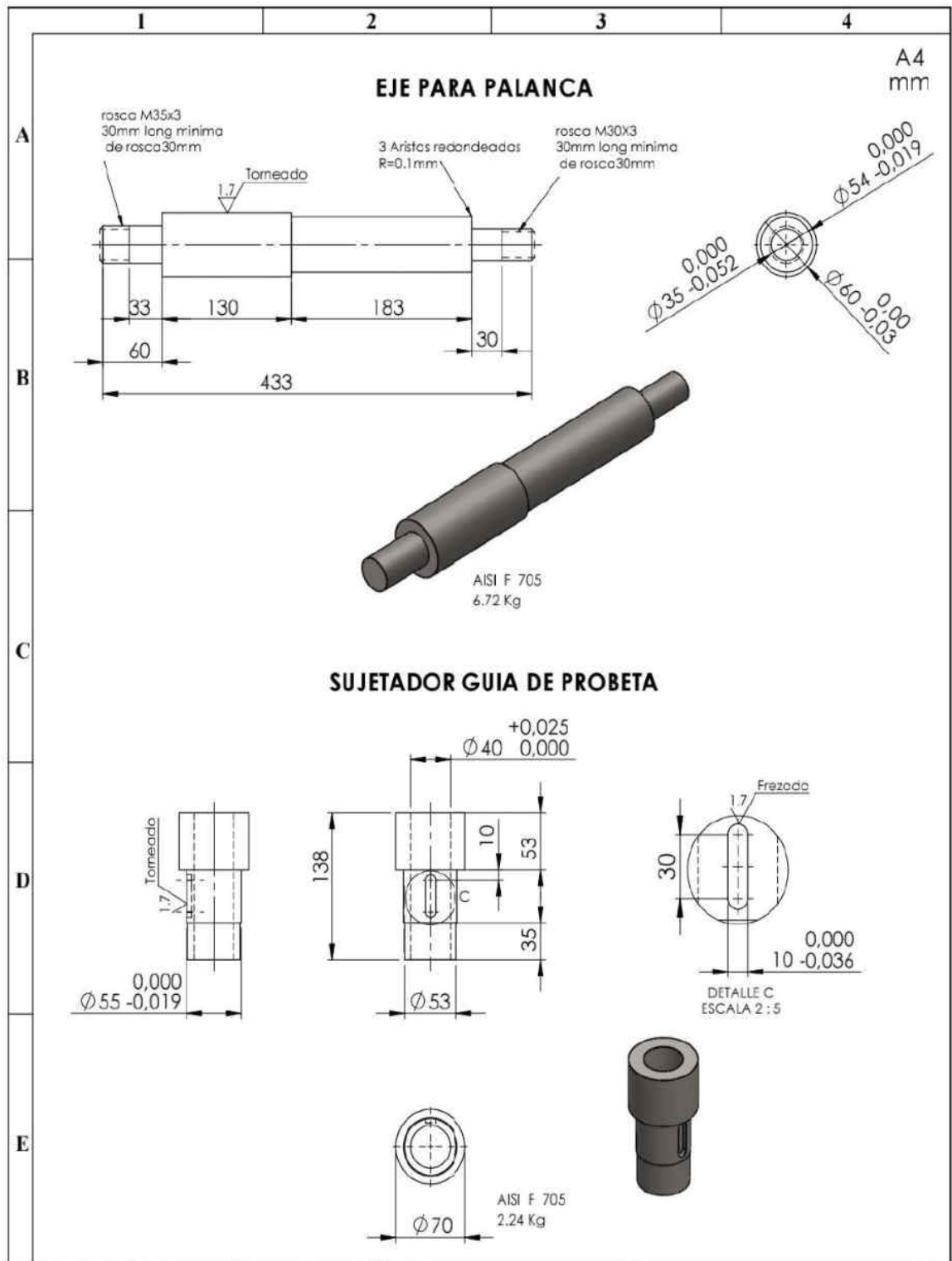
VISTA POSTERIOR



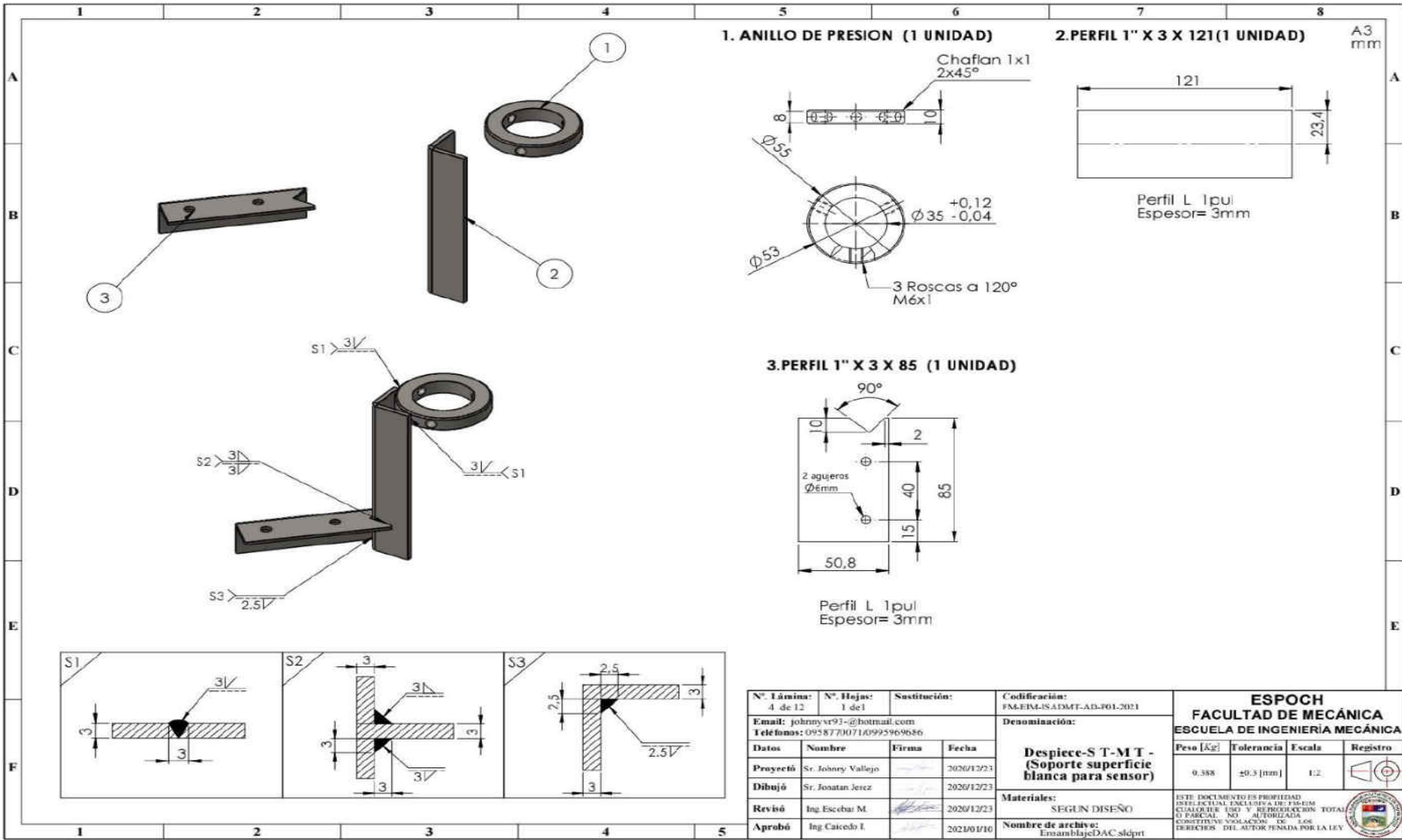
VISTA SUPERIOR



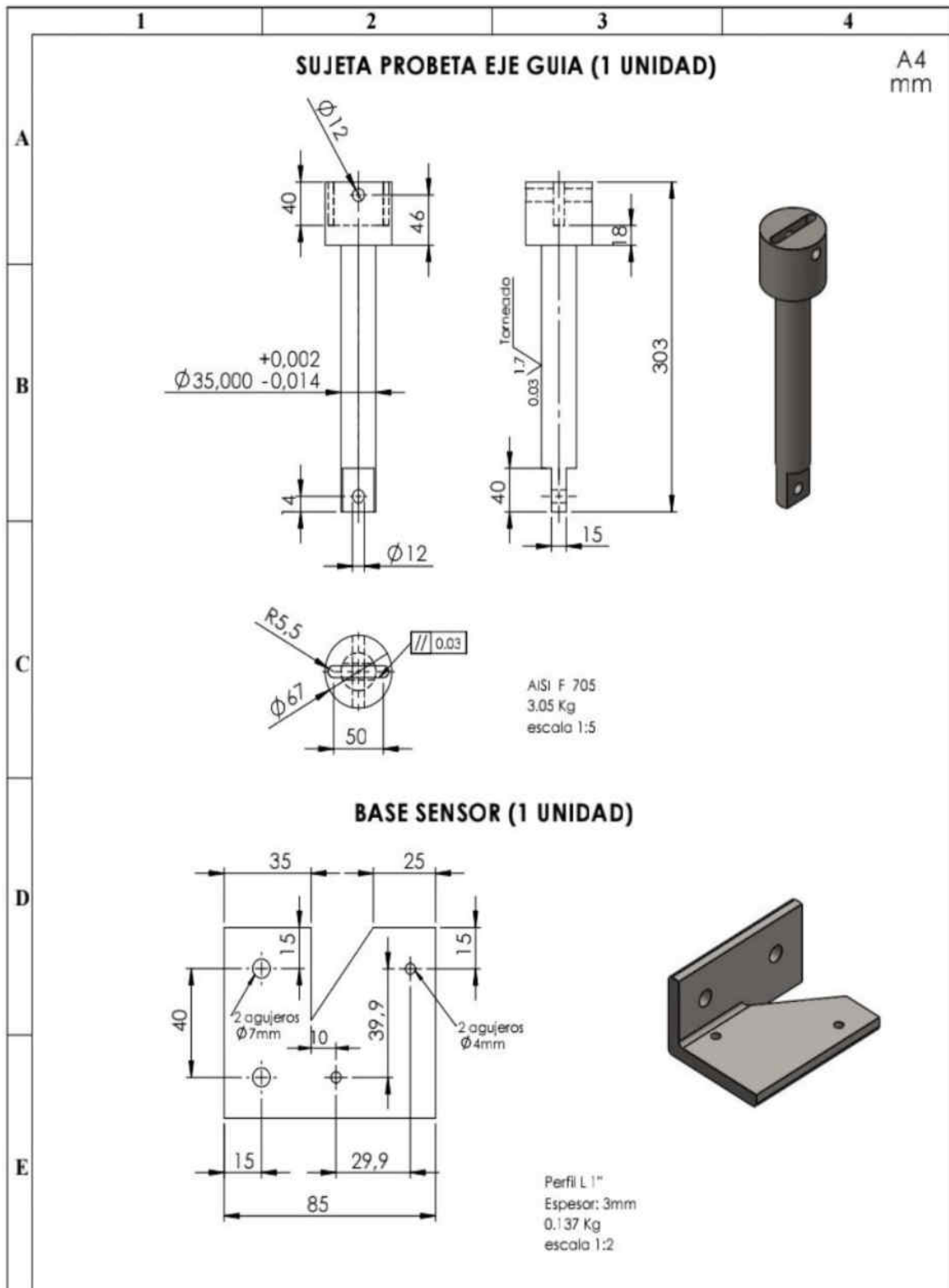
N° Lámina: 2 de 12		N° Hojas: 4 de 4		Sustitución:		Codificación: FM-FIM-ISA-DMT-AD-F01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr91@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/09995969686				Denominación:		Sistema de tracción-Máquina de ensayos termofluencia					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		SEGUN DISEÑO		249	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Sr. Johnny Valiejo		2020/12/23	Nombre de archivo:		EnsamblajeDAC.sldprt		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DEL FM-FIM O PARCIAL, NO AUTORIZADA CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			
Dibujó	Sr. Jovan Jerez		2020/12/23								
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23								
Aprobó	Ing. Calcedo L.		2021/01/10								



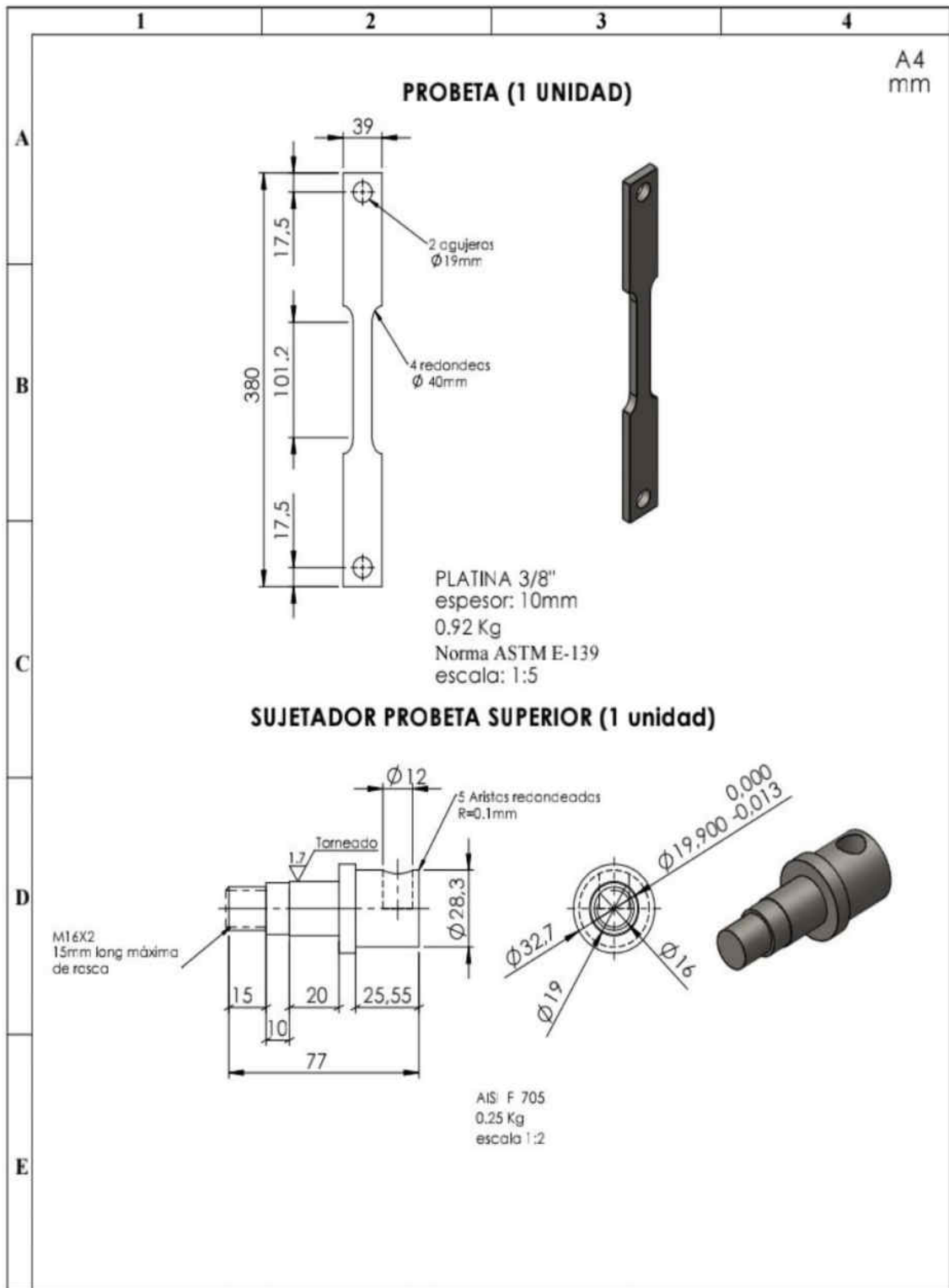
N°. Lámina: 3 de 12		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686						Denominación: Despiece-Sistema de tracción-M T						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		8.96		±0.03 [mm]		1:5			
Proyectó		Sr. Johnny Vallejo				2020/12/23		Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Dibujó		Sr. Jonatan Jerez				2020/12/23									
Revisó		Ing. Escobar M.				2020/12/23									
Aprobó		Ing. Caicedo I.				2021/01/10		Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt							



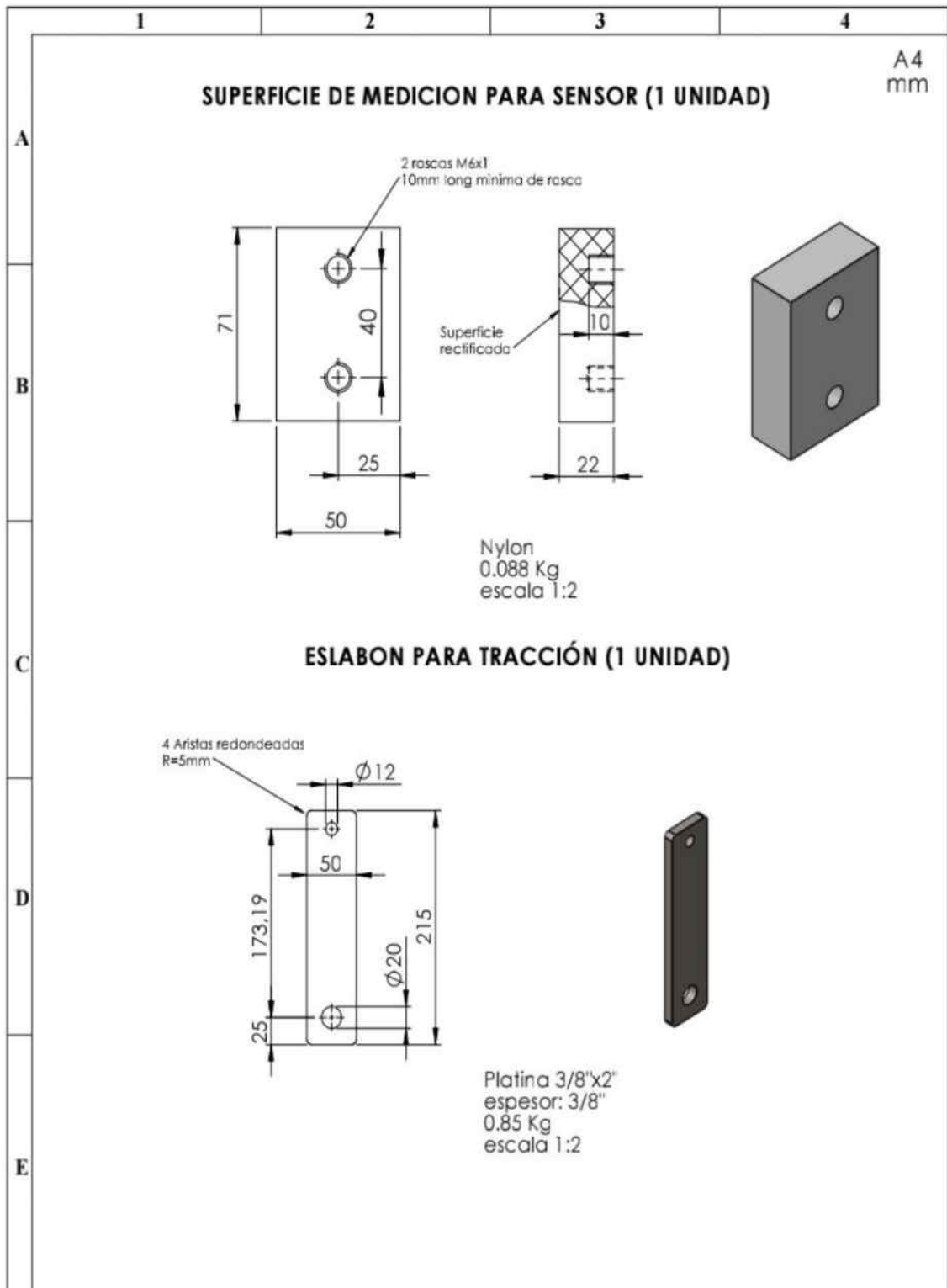
N° Lámina: 4 de 12		N° Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EI-M-ISA-DMT-AD-P01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr93@hotmail.com				Teléfonos: 0958770071/09925969686		Denominación: Despiece-S T-M T - (Soporte superficie blanca para sensor)				Peso [Kg]: 0.388	Tolerancia: ±0.3 [mm]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE ESPOCH. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23	Nombre de archivo: EmamblajeDAC.sldprt							
Dibujó	Sr. Jonathan Jerez		2020/12/23								
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23								
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10								



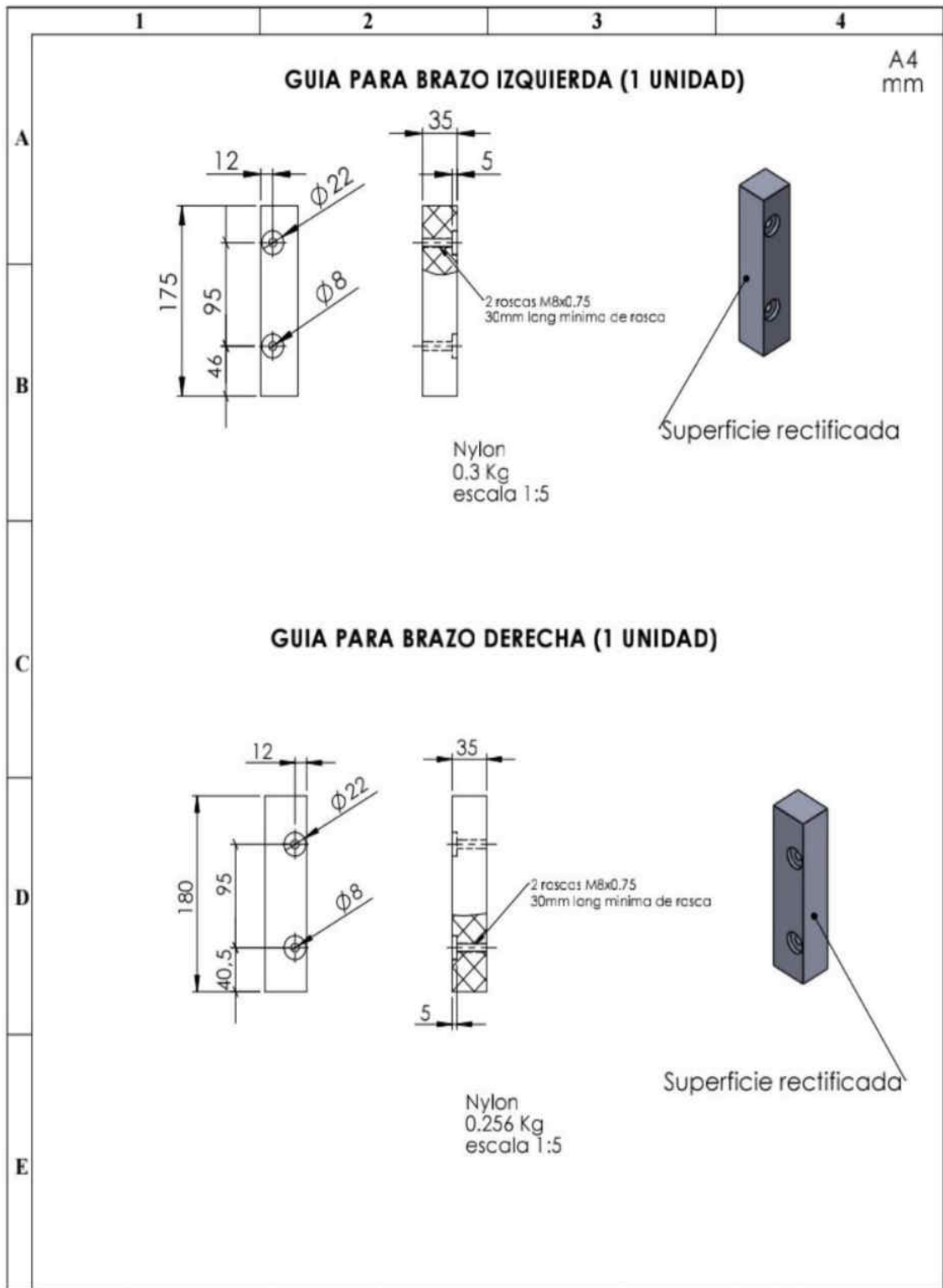
N°. Lámina: 5 de 12	N°. Hojas: 1 del 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Denominación: Despiece-Sistema de tracción-M T	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha	3 187	±0.3 [mm]	1:5	
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23	<p>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</p>			
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23				
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23				
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10	Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt			



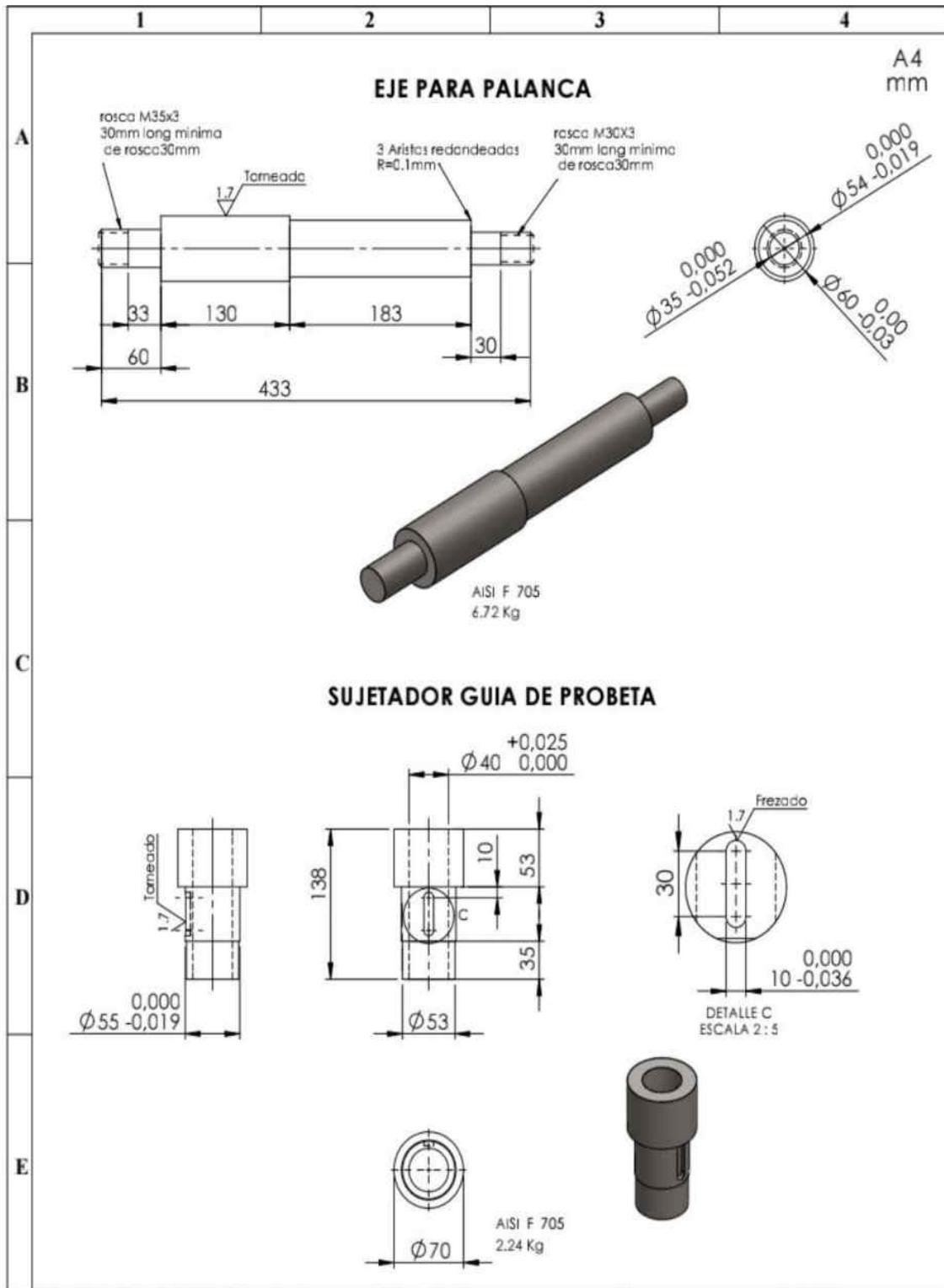
N°. Lámina: 6 de 12		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686						Despiece-Sistema de tracción-M T					
Datos		Nombre		Firma							
Proyectó		Sr. Johnny Vallejo				2020/12/23		1.17	± 0.3 [mm]	1:5	
Dibujó		Sr. Jonatan Jerez				2020/12/23		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó		Ing. Escobar M.				2020/12/23					
Aprobó		Ing. Caicedo I.				2021/01/10		Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt			



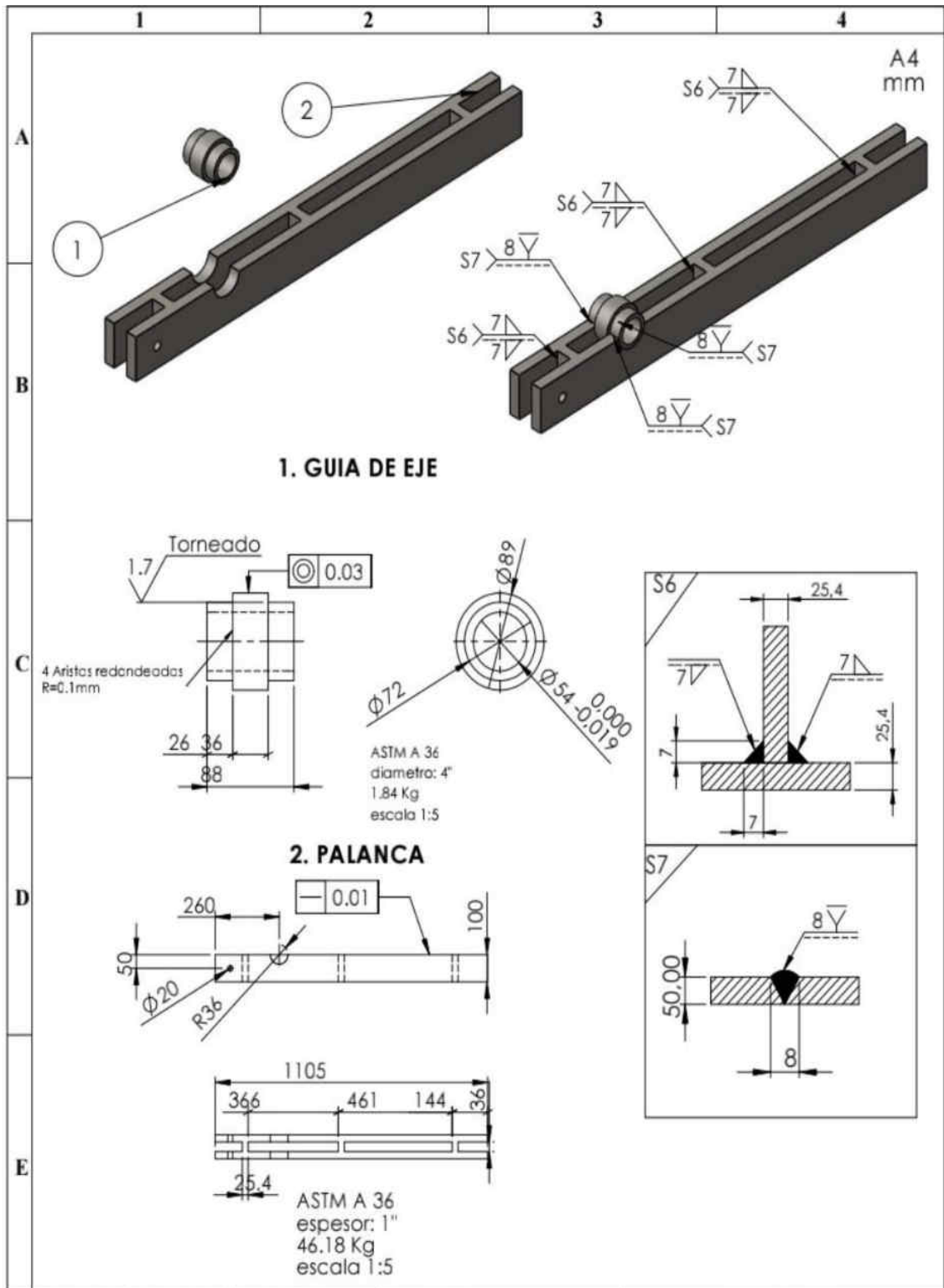
N°. Lámina: 7 de 12	N°. Hojas: 1 del 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Despiece-Sistema de tracción-M T	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
				1.788	±0.3 [mm]	1:2	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23				
Dibujó	Sr. Janatan Jerez		2020/12/23				
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23				
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10				
				Materiales: SEGUN DISEÑO			
				Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt			



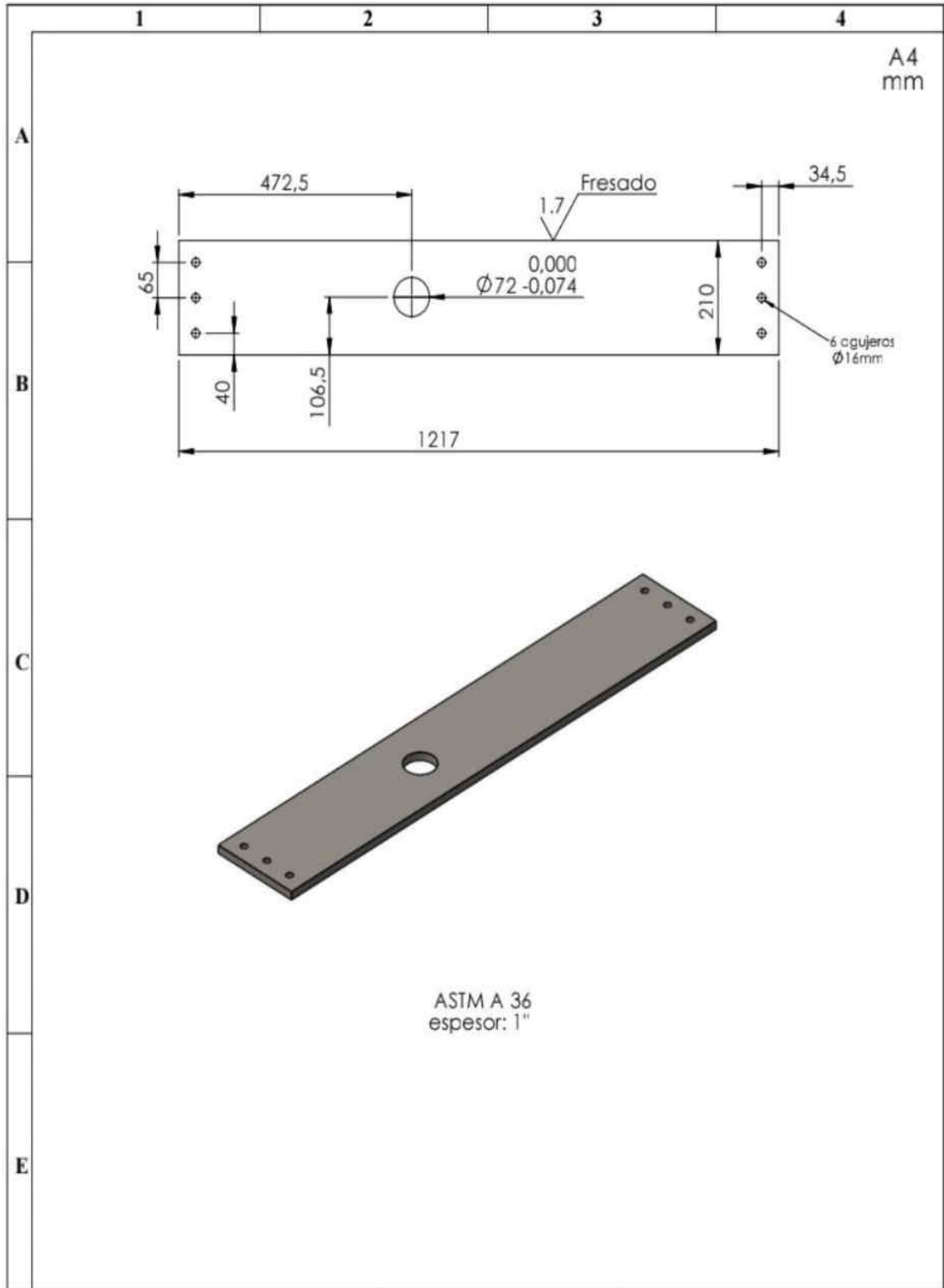
N°. Lámina: 8 de 12	N°. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021	ESPOCH			
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Despiece-Sistema de tracción-M T	FACULTAD DE MECÁNICA			
				ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23	0.556	±0.3 [mm]	1:2	
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23				
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10				
			Materiales: SEGUN DISEÑO				
			Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt				



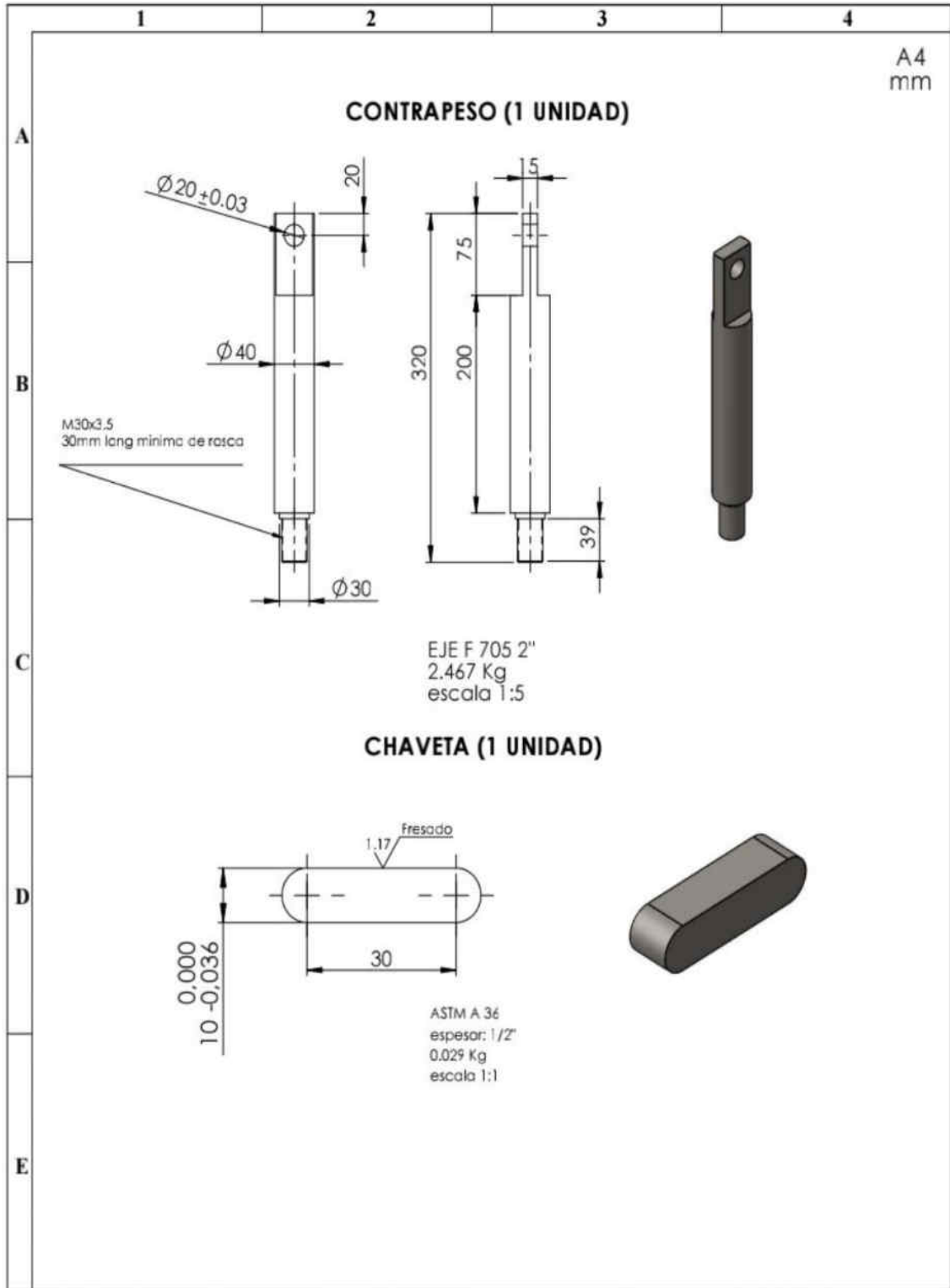
N°. Lámina: 3 de 12		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686						Denominación: Despiece-Sistema de tracción-M T						Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO				8.96	±0.03 [mm]	1:5					
Proyectó	St. Johnny Vallejo		2020/12/23					Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
Dibujó	St. Jonatan Jerez		2020/12/23												
Revisó	Ing Escobar M.		2020/12/23												
Aprobó	Ing Caicedo I.		2021/01/10												



N°. Lámina: 10 de 12	N°. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Denominación: Despiece-S T-M T - (Palanca)					Peso [Kg]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR FENADA POR LA LEY
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23					
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23					
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23					
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10					
Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt								



N°. Lámina: 11 de 12		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Despiece-S T-M T - (Placa lateral de bastidor)			
Proyectó		St. Johnny Vallejo				2020/12/23					
Dibujó		St. Jonatan Jerez				2020/12/23		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó		Ing. Escobar M.				2020/12/23					
Aprobó		Ing. Caicedo I.				2021/01/10					
Materiales: SEGUN DISEÑO						Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt					



N°. Lámina: 12 de 12	N°. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-ISADMT-AD-P01-2021	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Email: johnnyvr93-@hotmail.com Teléfonos: 0958770071/0995969686			Denominación: Despiece-Sistema de tracción-M T		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha					
Proyectó	Sr. Johnny Vallejo		2020/12/23					
Dibujó	Sr. Jonatan Jerez		2020/12/23					
Revisó	Ing. Escobar M.		2020/12/23					
Aprobó	Ing. Caicedo I.		2021/01/10					
Materiales: SEGUN DISEÑO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY				
Nombre de archivo: Ensamble sistema de tracción.sldprt								

ANEXO B: DATASHEET SENSOR QMT300-R200-IEP-IO-V1.



Referencia de pedido

OMT300-R200-IEP-IO-V1-L

Medidor para distancias

con conector macho M12 x 1, 4 polos

Características

- Tamaño mediano con opciones de montaje versátiles
- Sensores de distancia compactos con un diseño pequeño y estandarizado.
- Tecnología multipíxel (MPT): evaluación de la señal exacta y precisa.
- Interface IO-Link para datos de servicio y proceso
- Salida analógica 4 ... 20 mA

Información de producción

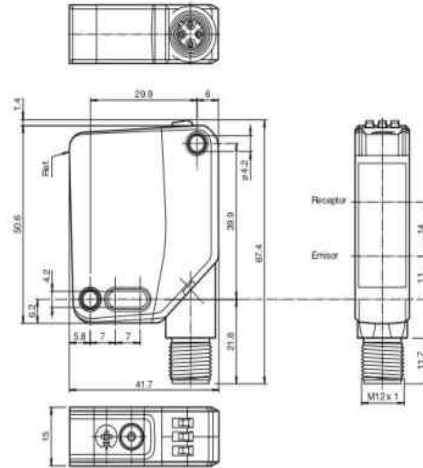
Los sensores ópticos de esta serie son los primeros dispositivos en ofrecer una solución completa en un diseño estándar de tamaño medio, desde el sensor fotoeléctrico de barrera unidireccional hasta el sensor de medición de distancia. Como resultado de este diseño, los sensores son capaces de realizar prácticamente todas las tareas de automatización habituales.

Toda la serie permite que los sensores se comuniquen mediante IO-Link.

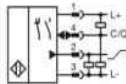
Los sensores láser DuraBeam son duraderos y pueden utilizarse de la misma forma que un sensor estándar.

La tecnología multipíxel garantiza que los sensores son flexibles y se pueden adaptar al entorno de la aplicación.

Dimensiones



Conexión eléctrica



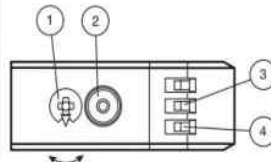
Fijación de acordar



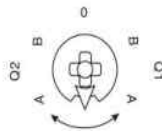
Color del conductor según EN 60847-5-2

- 1 BH
- 2 VH
- 3 BU
- 4 BK

Elementos de indicación y manejo



1	Interruptor giratorio de modo	
2	Botón de programación	
3	Display de salida de conmutación Q1	YE
4	Indicador de encendido	GN



Q1B	Salida de conmutación/punto de conmutación B
Q1A	Salida de conmutación/punto de conmutación A
Q2A	Salida analógica/valor A
Q2B	Salida analógica/valor B
0	Bloqueo de teclado

Fecha de publicación: 2019-06-25 12:52. Fecha de edición: 2019-10-31. 2956770-100320_spa.xml

Consulte "Notas generales sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs".

Pepperl+Fuchs Group
www.pepperl-fuchs.com

EE. UU.: +1 330 486 0001
fa-info@us.pepperl-fuchs.com

Alemania: +49 621 776 1111
fa-info@de.pepperl-fuchs.com

Singapur: +65 6779 9091
fa-info@sg.pepperl-fuchs.com

Datos técnicos

Datos generales

Rango de medición	100 ... 300 mm
Objeto de referencia	Blanco estándar, 100 mm x 100 mm
Emisor de luz	Diodo láser
Tipo de luz	Luz alterna, roja
Características láser	
Nota	LUZ LÁSER , NO MIRAR FIJAMENTE AL HAZ
Clase de láser	1
Longitudes de onda	680 nm
Divergencia del haz	> 5 mrad, d63 < 2,8 mm en el rango de 350 mm ... 800 mm
Duración del impulso	5,5 µs
Índice de repetición	aprox. 2,4 kHz
Energía máx. impulso	< 40 nJ
Desviación del ángulo	máx. +/- 1,5 °
Diámetro del haz de luz	aprox. 3 mm a una distancia de 300 mm
Ángulo de apertura	aprox. 0,3 °
Límite de luz extraña	EN 60947-5-2 : 45000 Lux
Resolución	0,1 mm

Datos característicos de seguridad funcional

MTTF _d	470 a
Duración de servicio (T _M)	20 a
Factor de cobertura de diagnóstico (DC)	0 %

Elementos de indicación y manejo

Indicación de trabajo	LED verde: fijo: encendido parpadeo (4 Hz): cortocircuito parpadeo con breves interrupciones (1 Hz): modo de IO-Link
Indicación de la función	LED amarillo: fijo: salida de conmutación activa apagado: salida de conmutación inactiva
Elementos de mando	Tecla TEACH-IN
Elementos de mando	Interruptor giratorio de 5 etapas para la selección de modos de funcionamiento.

Datos eléctricos

Tensión de trabajo	U _B	18 ... 30 V CC
Rizado		máx. 10 %
Corriente en vacío	I ₀	< 18 mA tensión de alimentación de 24 V
Clase de protección		III

Interfaz

Tipo de Interfaz	IO-Link (sobre C/Q = 4 patillas)
Perfil del equipo	Identificación y diagnóstico Sensor inteligente tipo 0/tipo 3.3
Cuadencia de la transferencia	COM 2 (38.4 kBaudios)
Versión de IO-Link	1.1
Tiempo de ciclo mínimo	3 ms
Amplitud de datos de proceso	Entrada de datos de proceso de 4 bytes Salida de datos de proceso de 2 bits
Admisión de modo SIO	si
ID de dispositivo	0x11190B (1120523)
Tipo de puerto maestro compatible	A

Salida

Tipo de conmutación	El ajuste predeterminado es: C/Q - Pin 4: NPN normalmente abierto, PNP normalmente cerrado, IO-Link I—Pin2: salida analógica de 4...20 mA	
Señal de salida	1 salida push-pull , 1 salida analógica , a prueba de cortocircuitos, protección contra inversión de polaridad, a prueba de sobrecargas	
Tensión de conmutación	máx. 30 V CC	
Corriente de conmutación	máx. 100 mA , carga óhmica	
Categoría de usuario	CC-12 y CC-13	
Caida de tensión	U _d	≤ 1,5 V CC
Tiempo de respuesta	2 ms	

Salida analógica

Tipo de salida	1 salida de corriente: 4 ... 20 mA
Resistencia de carga	> 1 kΩ Salida de tensión ; ≤ 470 Ω Salida de corriente
Tiempo de desionización	2 ms

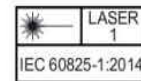
Conformidad

Interfaz de comunicación	IEC 61131-9
Norma del producto	EN 60947-5-2
Seguridad láser	EN 60825-1:2014

Precisión de medición

Deriva de temperatura	0,05 %/K
Tiempo de calentamiento	5 min
Reproducibilidad	< 0,5 %

Láser etiqueta



Accesorios

V1-G-2M-PUR

Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR

V1-W-2M-PUR

Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR

IO-Link-Master02-USB

IO-Link maestro, alimentación mediante puerto USB o alimentación independiente, indicadores LED, conector M12 para conexión del sensor

OMH-MLV12-HWK

Ángulo de fijación de sensores de la serie MLV12

OMH-R200-01

Ayuda de montaje para en barra cilíndrica ø12mm o latón (grosor 1,5 ... 3mm)

OMH-R20x-Quick-Mount

Ayuda de montaje rápida

OMH-MLV12-HWG

Ángulo de fijación de sensores de la serie MLV12

Pueden encontrarse otros accesorios en www.pepperl-fuchs.com

Fecha de publicación: 2019-06-25 12:52. Fecha de edición: 2019-10-31 295670-100320_01.qxd.xml

Consulte *Notas generales sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs*.

Error de linealidad	0,5 %
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	10 ... 50 °C (50 ... 122 °F)
Temperatura de almacenaje	-40 ... 70 °C (-40 ... 158 °F)
Datos mecánicos	
Anchura de la carcasa	15 mm
Altura de la carcasa	50,6 mm
Profundidad de la carcasa	41,7 mm
Grado de protección	IP67 / IP69 / IP69K
Conexión	Conector M12 x 1, 4 polos, 90° giratorio
Material	
Carcasa	PC (Policarbonato)
Salida de luz	PMMA
Masa	aprox. 37 g
Autorizaciones y Certificados	
Autorización UL	E87056 , cULus Listed , Fuente de alimentación de clase 2 , clasificación tipo 1
Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. ≤36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.
Homologación FDA	IEC 60825-1:2014 Complies with 21 CFR 1040.10 and 1040.11 except for deviations pursuant to Laser Notice No. 50, dated June 24, 2007

Configuración

Programación (TI)

Utilice el interruptor giratorio de la señal de conmutación **Q1** para seleccionar el umbral de conmutación pertinente, A o B.

- Los LED amarillos indican el estado actual de la salida seleccionada.

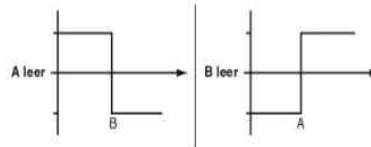
Para programar un valor de umbral, mantenga pulsado el botón "TI" durante aproximadamente un segundo, hasta que los LED amarillos y verdes parpadeen de forma sincronizada. La programación comienza al soltar el botón "TI".

- Programación correcta: los LED amarillos y verdes parpadearán de forma alterna a 2,5 Hz.
- Programación incorrecta: los LED amarillos y verdes parpadearán de forma alterna y rápida a 8 Hz.

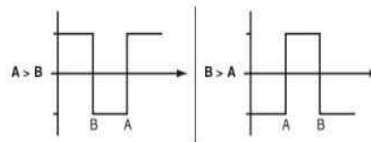
Tras una programación incorrecta, el sensor sigue funcionando con el ajuste válido anterior después de emitir la señal visual de error correspondiente.

Establecimiento del modo de conmutación: se pueden definir diferentes modos de conmutación mediante la programación de los datos de distancia pertinentes de los umbrales de conmutación A y B.

1. Modo de punto único:



2. Modo de intervalo:



Programación de los umbrales de conmutación: puede programar un umbral de conmutación o sobrescribir uno programado en cualquier momento. Para ello, pulse el botón "TI" de nuevo.

Restablecimiento de un valor: se puede restablecer un valor ya programado. Para ello, pulse el botón "TI" durante más de 4 segundos, hasta que los LED amarillos y verdes se apaguen. El proceso de restablecimiento comienza al soltar el botón "TI".

- Restablecimiento correcto: los LED amarillos y verdes parpadean de forma alterna a 2,5 Hz.

Los valores mínimos y máximos para la salida analógica Q2 se programan y borran de la misma manera que los de la salida de conmutación.

Se aplica lo siguiente:

- A = Tensión/corriente mínima
- B = Tensión/corriente máxima

Restablecimiento de los ajustes de fábrica

Para volver a la configuración de fábrica, con el interruptor giratorio en la posición "O", pulse el botón "TI" durante más de 10 segundos hasta que los LED amarillos y verdes se apaguen al mismo tiempo. El proceso de restablecimiento comienza al soltar el botón "TI".

- Restablecimiento correcto de los ajustes de fábrica: los LED amarillos y verdes se encienden a la vez. A continuación, el sensor funcionará con la configuración de fábrica.

OMT-IEP

- Configuración de fábrica de la señal de conmutación Q1:
Señal de conmutación activa alta, modo de intervalo
- Salida analógica: salida de corriente, 4 mA ... 20 mA en modo absoluto

OMT-UEP

- Configuración de fábrica de la señal de conmutación Q1:
Señal de conmutación activa alta, modo de intervalo
- Salida analógica: salida de tensión, 0 V ... 10 V en modo absoluto

Salida analógica

El tipo de salida analógica se puede configurar con IO-Link como salida de tensión o de corriente. Están disponibles los siguientes tipos de salida:

- Salida analógica 0 mA ... 20 mA
- Salida analógica 4 mA ... 20 mA
- Salida analógica 0 V ... 10 V

Están disponibles los siguientes modos de funcionamiento:

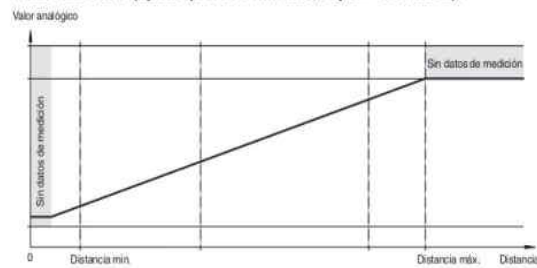
- Modo absoluto (ajuste predeterminado)
- Modo normalizado
- Rampa ascendente
- Rampa descendente

Opcionalmente, se pueden configurar los siguientes valores de sustitución:

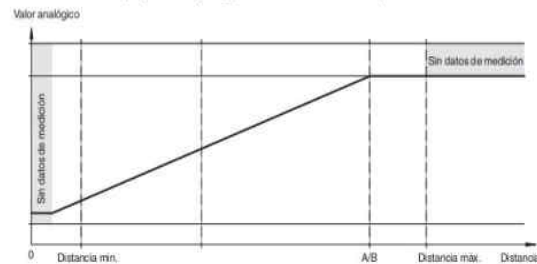
- Sin valores de sustitución (ajuste predeterminado)
- Valor de sustitución utilizado para "ningún valor medido"
- Valor de sustitución utilizado para "ningún valor medido" y "exceso del rango de medición"

Las tolerancias del sensor se basan en los datos del procesamiento digital.

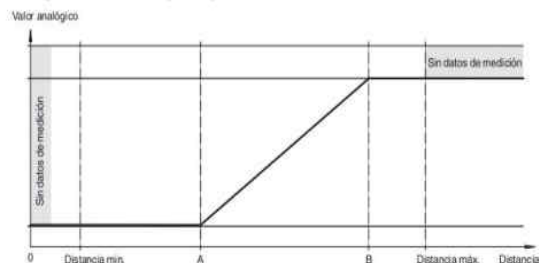
Modo absoluto (ajuste predeterminado, A y B = borrados).



Modo normal (A y B sin programación/borrados).



Rampa ascendente (A < B)



Fecha de publicación: 2019-06-25 12:52 Fecha de edición: 2019-10-31 20:56:70-100320_spa.xml

Consulte "Notas generales sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs".

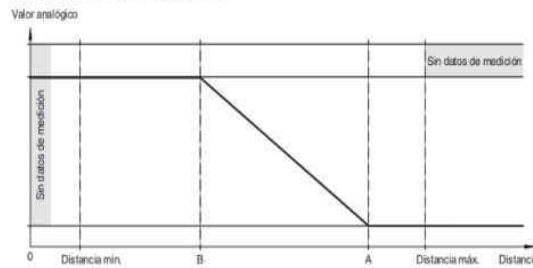
Pepperl+Fuchs Group
www.pepperl-fuchs.com

EE. UU.: +1 330 486 0001
fa-info@us.pepperl-fuchs.com

Alemania: +49 621 776 1111
fa-info@de.pepperl-fuchs.com

Singapur: +65 6779 9091
fa-info@sg.pepperl-fuchs.com

Rampa descendente (A > B)



Configuración mediante interfaz IO-Link

Establecimiento de distintos modos operativos mediante la interfaz IO-Link

Los dispositivos se equipan de serie con interfaz IO-Link para tareas de diagnóstico y parametrización a fin de garantizar un ajuste óptimo de los sensores a la aplicación correspondiente.

Modo operativo de punto único (un punto de conmutación):

- Detección de objetos al margen del tipo o el color en un rango de detección definido. Los objetos en el fondo se suprimen.
- El punto de conmutación se corresponde exactamente con el punto establecido.



Modo operativo modo de intervalo (dos puntos de conmutación):

- Detección de objetos al margen del tipo o el color en un rango de detección definido. Detección fiable cuando los objetos abandonan el rango de detección.
- Modo de intervalo con dos puntos de conmutación.



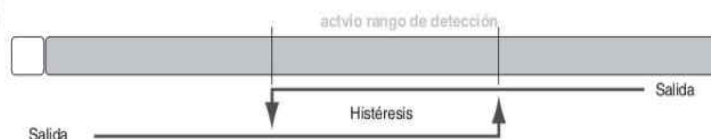
Modo operativo modo de intervalo central (un punto de conmutación):

- Detección de objetos al margen del tipo o el color en un rango de detección definido. Establece un intervalo definido alrededor de un objeto dado. Los objetos fuera de este intervalo no se detectan.
- Modo de intervalo con un punto de conmutación:



Modo operativo modo de dos puntos (modo operativo de histéresis):

- Detección de objetos al margen del tipo y el color entre un punto de activación y desactivación.



Modo operativo inactivo:

- La evaluación de las señales de conmutación se desactiva.

El archivo de descripción del dispositivo IODD asociado se puede encontrar en el área de descargas en www.pepperl-fuchs.com.

Fecha de publicación: 2019-06-25 12:52 Fecha de edición: 2019-10-31 285670-100320_spa.xml

Consulte "Notas generales sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs".

USER GUIDE

NI USB-6001/6002/6003

Low-Cost DAQ USB Device

Français Deutsch 日本語 한국어 简体中文 ni.com/manuals

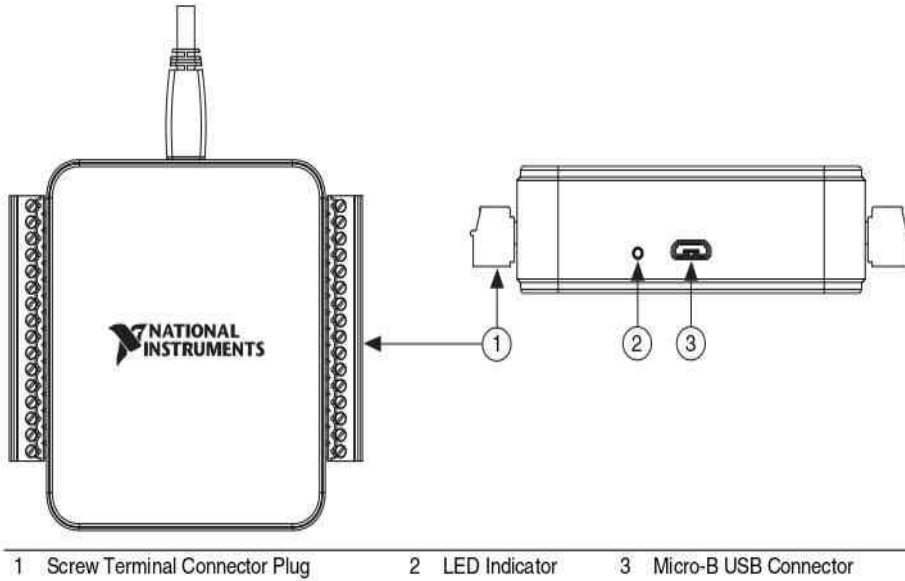
This user guide describes how to use the National Instruments USB-6001/6002/6003 data acquisition (DAQ) devices. For device specifications, go to [ni.com/manuals](#) and search by device name.

The NI USB-6001/6002/6003 is a full-speed USB device that provides eight single-ended analog input (AI) channels, which may also be configured as four differential channels. It also includes two analog output (AO) channels, 13 digital input/output (DIO) channels, and a 32-bit counter.

Table 1. Differences Between the NI USB-6001, NI USB-6002, and NI USB-6003

Feature	NI USB-6001	NI USB-6002	NI USB-6003
Analog Input			
Analog-to-digital converter (ADC) Resolution	14-bit	16-bit	16-bit
Maximum Sample Rate (aggregate)	20 kS/s	50 kS/s	100 kS/s
Analog Output			
DAC Resolution	14-bit	16-bit	16-bit
Absolute Accuracy, Typical, at full scale	9.1 mV	8.6 mV	8.6 mV

Figure 1. NI USB-6001/6002/6003 Top and Side Views



Safety Guidelines

Operate the NI DAQ device only as described in this document.



Caution Refer to the *NI USB-6001/6002/6003 Safety, Environmental, and Regulatory Information* document included with your kit for important safety and electromagnetic compatibility information. To obtain a copy of this document online, visit ni.com/manuals and search for the document title.



Caution Do *not* operate the device in a manner not specified in this document. Misuse of the device can result in a hazard. You can compromise the safety protection built into the device if the device is damaged in any way. If the device is damaged, contact National Instruments for repair.



Caution Do *not* substitute parts or modify the device except as described in this document. Use the device only with the chassis, modules, accessories, and cables specified in the installation instructions.



Caution Do *not* operate the device in an explosive atmosphere or where there may be flammable gases or fumes. If you must operate the device in such an environment, it must be in a suitably rated enclosure.



Caution You must have all covers and filler panels installed during operation of the device. Do *not* operate the device without verifying that the cover is correctly attached and the device is completely closed.

Electromagnetic Compatibility Guidelines

This product was tested and complies with the regulatory requirements and limits for electromagnetic compatibility (EMC) stated in the product specifications. These requirements and limits provide reasonable protection against harmful interference when the product is operated in the intended operational electromagnetic environment.

This product is intended for use in industrial locations. However, harmful interference may occur in some installations, when the product is connected to a peripheral device or test object, or if the product is used in residential or commercial areas. To minimize interference with radio and television reception and prevent unacceptable performance degradation, install and use this product in strict accordance with the instructions in the product documentation.

Furthermore, any modifications to the product not expressly approved by National Instruments could void your authority to operate it under your local regulatory rules.



Caution To ensure the specified EMC performance, the length of any wire or cable connected to the screw terminal connector must be no longer than 0.5 m (20 in.).

Unpacking

The NI DAQ device ships in an antistatic package to prevent electrostatic discharge (ESD). ESD can damage several components on the device.



Caution *Never* touch the exposed pins of the connectors.

To avoid ESD damage in handling the device, take the following precautions:

- Ground yourself with a grounding strap or by touching a grounded object.
- Touch the antistatic package to a metal part of your computer chassis before removing the device from the package.

Remove the device from the package and inspect it for loose components or any other signs of damage. Notify NI if the device appears damaged in any way. Do not install a damaged device in your computer.

Store the device in the antistatic package when the device is not in use.

Packing List

The NI DAQ device is shipped in a box that contains:

- NI USB-6001/6002/6003
- Two screw terminal connector plugs
- Hi-Speed Micro USB cable
- NI-DAQmx DVD
- *NI USB-6001/6002/6003 Quick Start* document
- *NI USB-6001/6002/6003 Safety, Environmental, and Regulatory Information* document

Setting Up the NI USB-6001/6002/6003

Complete the following steps to get started with the NI USB-6001/6002/6003.

Installing the Software

1. Install the application software (if applicable), as described in the installation instructions that accompany your software.
2. Install NI-DAQmx. NI USB-6001/6002/6003 devices are supported by NI-DAQmx 9.9 and later.



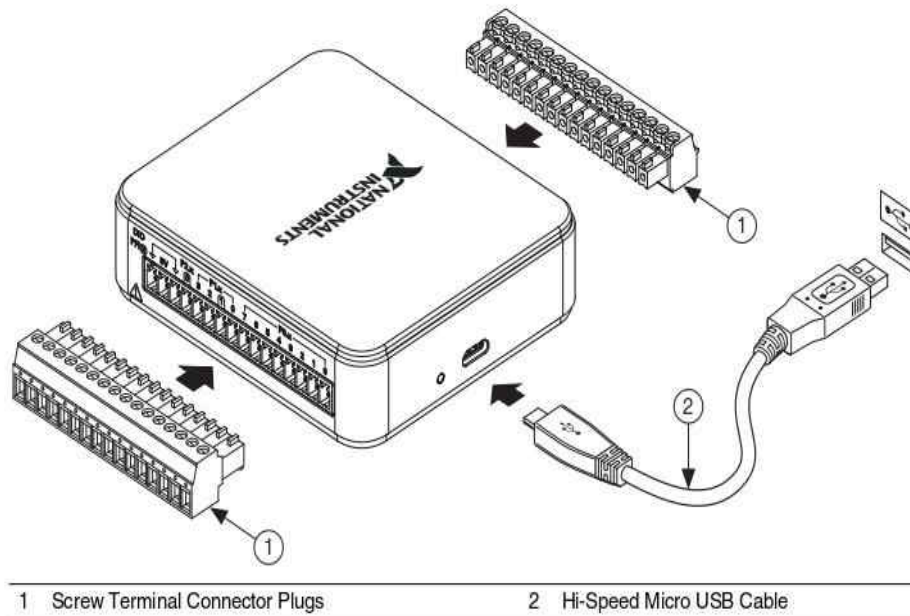
Note The NI-DAQmx software is included on the disk shipped with your kit and is available for download at ni.com/support. The documentation for NI-DAQmx is available after installation from **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQmx**. Other NI documentation is available at ni.com/manuals.

3. Register your products when the NI Product Registration Wizard appears.

Preparing the Hardware

1. Insert the screw terminal connector plugs into the connector jacks on the device. Refer to Figure 2.
2. The Hi-Speed Micro USB cable has two different connectors. Plug the smaller connector into the device, and plug the larger connector into the USB port on the computer where NI-DAQmx is installed.

Figure 2. Hardware Setup for NI USB-6001/6002/6003



Pinout and Signal Descriptions

Figure 4 shows the NI DAQ device pinout. Analog input signal names are listed as single-ended analog input name, AI x , and then the differential analog input name, (AI x +/-). Refer to Table 5 for a detailed description of each signal.

Figure 4. NI USB-6001/6002/6003 Pinout

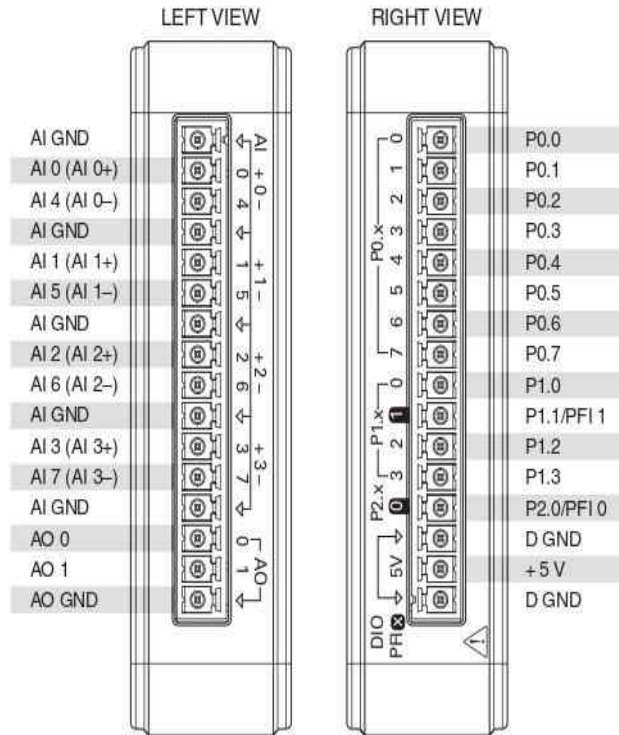


Table 5. Signal Descriptions

Signal Name	Reference	Direction	Description
AI GND	—	—	Analog Input Ground —The reference point for single-ended analog input measurements.
AI <0..7>	AI GND	Input	Analog Input Channels 0 to 7 —For single-ended measurements, each signal corresponds to one analog input voltage channel. For differential measurements, AI 0 and AI 4 are the positive and negative inputs of differential analog input channel 0. The following signal pairs also form differential input channels: AI <1,5>, AI <2, 6>, and AI <3, 7>. Refer to the <i>Analog Input</i> section for more information.

Table 5. Signal Descriptions (Continued)

Signal Name	Reference	Direction	Description
AO GND	—	—	Analog Output Ground —The reference point for analog output.
AO<0, 1>	AO GND	Output	Analog Output Channels 0 and 1 —Supplies the voltage output of the AO channels. Refer to the <i>Analog Output</i> section for more information.
P0.<0..7>	D GND	Input or Output	Port 0 Digital I/O Channels 0 to 7 —You can configure each signal individually as an input or output. Refer to the <i>Digital I/O</i> section for more information.
P1.<0..3>	D GND	Input or Output	Port 1 Digital I/O Channels 0 to 3 —You can configure each signal individually as an input or output. Refer to the <i>Digital I/O</i> section for more information.
P2.0	D GND	Input or Output	Port 2 Digital I/O Channel 0 —You can configure each signal individually as an input or output. Refer to the <i>Digital I/O</i> section for more information.
PFI 0, 1	D GND	Input	Programmable Function Interface or Digital I/O Channels —An edge counter input or digital trigger input. Refer to the <i>PFI 0 and PFI 1</i> section for more information.
D GND	—	—	Digital Ground —The reference point for digital signals.
+5 V	D GND	Output	+5 V Power Source —Provides +5 V power up to 150 mA. Refer to the <i>+5 V Power Source</i> section for more information.

ANEXO D: PLANO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DAQ.

