

**Universidad Nacional de Ingeniería**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**



TESIS

**Estudio de factibilidad para la automatización de una  
máquina de tracción para la precisión de datos por medio de  
un DAQ USB 6001**

Para obtener el título profesional de ingeniero mecatrónico.

Elaborado por

Jorge Francisco Cabello Oqueña

 [0000-0002-6164-7719](https://orcid.org/0000-0002-6164-7719)

Asesor

Dr. Ing. Jorge Enrique Ortiz Porras

 [0000-0002-9605-3670](https://orcid.org/0000-0002-9605-3670)

TOMO I

LIMA – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios por darme salud cada día para poder continuar con mis proyectos trazados, así también se la dedico con mucho cariño a mis padres, quienes son y han sido mi fortaleza siempre para no caer y seguir avanzado.*

*De todo corazón gracias. Al instructor que me asesoró para culminar el presente trabajo.*

**Jorge Francisco**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios y a la Virgen, por brindarme su sagrada protección y permitirme culminar satisfactoriamente el presente proyecto.*

*A mi familia por su apoyo en mi persona y apoyarme decisivamente en mi etapa educativa.*

*A los profesores del Colegio La Salle Lima y de la Universidad Nacional de Ingeniería quienes contribuyeron con una formación integral, tanto en ciencias como en diversas áreas.*

## INDICE

	Pág.
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>2</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.1.1.    Planteamiento de la realidad problemática .....	13
1.1.2.    Formulación del problema .....	17
1.2.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.2.1.    Objetivo General.....	17
1.2.2.    Objetivos Específicos .....	17
1.3.    HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.3.1.    Hipótesis General.....	18
1.3.2.    Hipótesis Secundarias.....	18
1.4.    VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1.    Variable Independiente.....	18
1.4.2.    Variable Dependiente .....	18
1.5.    METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.5.1.    Tipo y Nivel de Investigación .....	18
1.6.    JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20

1.7.	ALCANCE DEL PROYECTO .....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>		<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>23</b>
2.1	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
2.2	MARCO TEÓRICO GENERAL .....	28
2.2.1	Esfuerzo de tensión .....	28
2.2.2	Deformación unitaria por tensión .....	29
2.2.3	Diagrama de Esfuerzo-Deformación .....	30
2.2.4	Tinius Olsen .....	32
2.2.5	Máquina de tracción Tinius Olsen .....	32
2.2.6	Probetas mecánicas .....	35
2.2.7	Transductor de presión .....	36
2.2.8	Transductor de desplazamiento lineal variable (LVDT) .....	37
2.2.9	Extensómetro LVDT en ensayos de tracción .....	39
2.2.10	Fuente variable de voltaje continuo (VCC) .....	40
2.2.11	Transformador de voltaje alterno .....	41
2.2.12	Lazos de corriente de 4-20 mA .....	41
2.2.13	National Instruments .....	44
2.2.14	Sistema de Adquisición de datos (DAQ) .....	45
2.2.15	Acondicionamiento de señales en sistemas DAQ .....	46
2.2.16	DAQ disponibles comercialmente .....	47
2.2.17	LabVIEW .....	48

2.2.18	Normas para ensayos mecánicos en probetas metálicas .....	49
2.2.19	Formatos de reportes de resultados de ensayos mecánicos .....	49
2.3	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	51
2.3.1	Diagrama pictórico.....	51
2.3.2	Suavizado de curvas .....	52
2.3.3	Ingeniería de proyecto .....	52
2.3.4	Ciclo de vida del proyecto.....	53
2.3.5	Gestión del espacio de trabajo .....	54
2.3.6	Prueba T - Student .....	55
2.3.7	Intervalos de confianza.....	56
2.3.8	Precisión de datos .....	57
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>59</b>
<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO .....</b>		<b>59</b>
3.1	DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	59
3.1.1	Descripción técnica del problema .....	59
3.1.2	Propuesta de mejora a la problemática .....	60
3.2	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	61
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>63</b>
<b>AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE TRACCIÓN PARA LA PRECISIÓN DE DATOS POR MEDIO DE UN DAQ USB 6001.....</b>		<b>63</b>
4.1	TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS .....	63
4.1.1	DAQ USB 6001 .....	63

4.1.2	Conexión eléctrica .....	64
4.2	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN PARKER.....	65
4.2.1	Mini Transductor de presión Parker SCP-100-34-06 .....	66
4.2.2	Acoplamiento en la máquina universal .....	66
4.2.3	Conexión eléctrica .....	67
4.3	EXTENSÓMETRO LVDT TINIUS OLSEN .....	70
4.3.1	Acoplamiento en la máquina universal .....	70
4.3.2	Conexión eléctrica .....	71
4.4	INTERFAZ EN LABVIEW .....	72
4.4.1	Presentación .....	73
4.4.2	Pestaña ensayo y programación .....	73
4.4.3	Pestaña reporte y programación.....	77
4.5	PRUEBA EN EL SISTEMA AUTOMATIZADO .....	79
4.5.1	Medición de la probeta y registro de parámetros en LabVIEW .....	79
4.5.2	Ajuste de extensómetro y acoplamiento en máquina .....	79
4.5.3	Ensayo de tracción y generación del reporte en Excel.....	80
4.6	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	81
4.6.1	Datos sin proyecto.....	81
4.6.2	Datos con proyecto.....	82
4.6.3	Comparación de datos.....	83
4.6.4	Prueba T – Student en el esfuerzo de fluencia .....	84
4.6.5	Prueba T – Student en el esfuerzo máximo .....	86

4.6.6	Prueba T – Student en la deformación de la probeta .....	87
4.6.7	Discusión de resultados.....	88
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>89</b>
<b>ESTRUCTURA DE COSTOS .....</b>		<b>89</b>
5.1	COSTOS DE RECURSOS MATERIALES .....	89
5.2	COSTO DE MANTENIMIENTO Y PRUEBAS .....	90
5.3	COSTO INGENIERIL.....	90
5.4	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	90
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>92</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>108</b>
	Anexo N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	109
	Anexo N° 2 FICHA TÉCNICA MINITRANSDUCTOR DE PRESIÓN PARKER SCP .....	110
	Anexo N° 3 FICHA TÉCNICA DAQ USB 6001 .....	112
	Anexo N° 4 FICHA TÉCNICA MANÓMETRO ANÁLOGO (0 – 100 bar).....	114
	Anexo N° 5 FICHA TÉCNICA EXTENSÓMETRO LVDT TINIUS OLSEN.....	116
	Anexo N° 6 FICHA TÉCNICA FUENTE DE VOLTAJE DC 30V – 3A.....	117
	Anexo N° 7 FICHA TÉCNICA TRANSFORMADOR 12VAC – 1A.....	119
	Anexo N° 8 FICHA TÉCNICA DIN 43650 .....	120
	Anexo N° 9 DATOS MEDIDOS EN ENSAYO DE TRACCIÓN SIN DAQ.....	121



Anexo N° 10 DATOS MEDIDOS EN ENSAYO DE TRACCIÓN CON DAQ.....	122
Anexo N° 11 TABLA DE DISTRIBUCIÓN T-STUDENT.....	123
Anexo N° 12 NORMA ASTM E8.....	124
Anexo N° 13 NORMA ASTM A370.....	125
Anexo N° 14 NORMA ASTM A 36/A 36 M - 05 .....	126

## TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Las microempresas en Perú y sus operaciones enfocadas a las tecnologías .....	15
Figura 2: Esfuerzo de tensión .....	29
Figura 3: Deformación unitaria por tensión .....	30
Figura 4: Probeta para ensayo de tracción .....	31
Figura 5: Diagrama de Esfuerzo – Deformación .....	32
Figura 6: Máquina de tracción Tinius Olsen .....	33
Figura 7: Bomba hidráulica en máquina de tracción .....	34
Figura 8: Unidad de potencia en máquina de tracción .....	34
Figura 9: Lectores análogos en una máquina de tracción .....	35
Figura 10: Sistemas computarizados en máquinas Tinius Olsen .....	35
Figura 11: Probetas de ensayos de tracción .....	36
Figura 12: Modelos de transmisores de presión .....	37
Figura 13: LVDT .....	38
Figura 14: Posiciones de salida del LVDT .....	39
Figura 15: Extensómetro LVDT con pines de conexión.....	40
Figura 16: Circuito 4-20 mA .....	42
Figura 17: Componentes en un lazo de 4-20 mA.....	43
Figura 18: Sistema DAQ .....	46
Figura 19: Acondicionamiento de señal .....	47
Figura 20: DAQ USB-6009 .....	48
Figura 21: Formato de reporte de ensayo de tracción.....	50
Figura 22: Diagrama pictórico .....	51
Figura 23: Gráfico de esfuerzo-deformación con puntos suavizado .....	52

Figura 24: Espacio de trabajo en fábrica industrial.....	54
Figura 25: Propiedades de los colores en el ambiente de trabajo .....	55
Figura 26: Distribución T-Student .....	56
Figura 27: Intervalo de confianza con nivel de confianza de 95% .....	57
Figura 28: Lectores análogo libra-fuerza de la máquina de tracción .....	60
Figura 29: DAQ USB 6001.....	64
<i>Figura 30: Conexión eléctrica entre el DAQ con CPU y sensores.....</i>	<i>65</i>
Figura 31: Mini transductor de presión SCP Parker .....	66
Figura 32: Acoplamiento del transductor de presión en la máquina universal .....	67
Figura 33: Estándar DIN 43650 .....	68
Figura 34: Diagrama pictórico de conexión del transductor de presión .....	69
Figura 35: Acople del extensómetro LVDT junto con la probeta en la máquina universal .....	71
Figura 36: Conexión eléctrica del extensómetro LVDT .....	72
Figura 37: Diagrama pictórico de conexión del extensómetro LVDT .....	72
Figura 38: Pestaña principal de la interfaz en LabVIEW .....	73
Figura 39: Pestaña de ensayo en la interfaz de LabVIEW .....	74
Figura 40: Recopilación simultánea de señales de corriente y voltaje en LabVIEW.....	75
Figura 41: Procesamiento de datos individualmente en LabVIEW .....	77
Figura 42: Pestaña de datos de la probeta en LabVIEW.....	78
Figura 43: Asociación de datos entre LabVIEW y Excel.....	78
Figura 44: Probeta mecánica acoplada al extensómetro LVDT.....	79
Figura 45: Probeta y extensómetro acoplado en la máquina universal .....	80
Figura 46: Tabla de resultados autogenerados en Excel .....	80
Figura 47: Gráfica Esfuerzo - Deformación autogenerada en Excel.....	81

## **PRÓLOGO**

El sector de la manufactura es uno de los más destacados en la industria peruana en la actualidad, especialmente en la producción de pernos, tuercas y otros componentes. La garantía de estándares de calidad en los materiales utilizados para la fabricación de estos productos es de suma importancia, ya que asegura la seguridad en automóviles y maquinaria, evitando posibles accidentes causados por piezas defectuosas. En este contexto, se lleva a cabo un ensayo de tracción en probetas para determinar si un material cumple con los estándares requeridos, empleando máquinas diseñadas específicamente para obtener resultados precisos.

La presente investigación está estructurada en cinco capítulos:

### Capítulo I: Introducción

En este capítulo se abordan los aspectos metodológicos de la investigación. Se comienza con una descripción de la problemática existente, seguida de la formulación del problema. Se establecen los objetivos de la investigación y se plantea

la hipótesis principal que busca demostrar la factibilidad de automatizar una máquina de tracción. Además, se definen las variables y se diseña la metodología de la investigación. Finalmente, se proporciona la justificación e importancia de la investigación.

#### Capítulo II: Marco Teórico de la Investigación

En este capítulo se presentan los antecedentes de cinco estudios previos realizados sobre ensayos de tracción en distintas regiones del mundo.

#### Capítulo III: Estudio de Factibilidad del Proyecto

En este capítulo se describe el diagnóstico de la situación problemática y se presenta el estudio de factibilidad del proyecto.

#### Capítulo IV: Automatización de la Máquina Tinius Olsen

En este capítulo se detalla el proceso de automatización de la máquina antigua, se describen los instrumentos utilizados y se presentan los diagramas esquemáticos de las conexiones. Además, se muestra la interfaz desarrollada en LabVIEW y el reporte autogenerado en Excel.

#### Capítulo V: Estructura de Costos

En este capítulo se presenta el costo total del proyecto, incluyendo los recursos materiales, el mantenimiento y los conocimientos técnicos requeridos. Se detalla el costo de los equipos y materiales, así como los recursos humanos involucrados en el proyecto.

La investigación finaliza con las Conclusiones, la Bibliografía y los Anexos, que complementan y respaldan la información presentada a lo largo del estudio.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1. Planteamiento de la realidad problemática**

El mundo está transitando hacia una nueva industria cuya inmersión en innovación, sistemas embebidos, automatización de la manufactura e inteligencia artificial, ha configurado una nueva era llamada “industria 4.0” o “cuarta revolución industrial”. Ello es especialmente importante para las cadenas de valor industriales toda vez que sus modelos de producción se verán impactados por fuertes transformaciones sociales, tecnológicas y económicas. En ese sentido, las micro, pequeñas y medianas empresas (en adelante Mipymes) enfrentarán un escenario global de gran complejidad y competitividad donde las nuevas oportunidades de negocios estarán ligadas a una alta capacidad en el uso de tecnologías (Gutarra & Valente, 2018).

El siglo XXI ha dado grandes cambios tecnológicos que han movido a las industrias a índices de productividad sin precedentes. Los medios de comunicación digital, las nuevas formas de organización, los negocios virtuales, entre otras tecnologías, son claros ejemplos de cómo se ha expandido la frontera tecnológica mundial. Es en esta posición en la que se encuentra el Perú, con una industria

manufacturera que necesita estrategias que potencien su innovación para que puedan desempeñarse mejor en los mercados nacionales e internacionales (Arrunategui, 2020).

En la era de la Industria 4.0, la tecnología y la automatización se han convertido en elementos importantes para el crecimiento y la competitividad de las empresas globales. Perú no es la excepción, y cada vez más empresas reconocen la necesidad de adaptarse a esta nueva realidad para mejorar procesos y optimizar resultados.

Con esto en mente, surge la pregunta de cómo actualizar la tecnología en las instalaciones existentes para estar a la vanguardia de la Industria 4.0 y lograr aumentos significativos en eficiencia y productividad. Una de las alternativas para solucionar este problema es actualizar los equipos existentes con tecnologías de Industria 4.0. Esto incluye la integración de sensores, sistemas de monitoreo y la implementación de soluciones de Internet de las cosas (IoT) para recopilar datos en tiempo real y optimizar los procesos de producción. Esta opción le permite aprovechar la automatización sin invertir en nuevos equipos, ahorrando mucho dinero a la empresa.

Otra alternativa consiste en la mejora de las máquinas preexistentes a través de la incorporación de equipos industriales especializados. Estos equipos, diseñados específicamente para mejorar el rendimiento y la precisión de las máquinas, permiten optimizar los resultados sin afectar drásticamente la funcionalidad original. Esto es especialmente relevante cuando se trabaja con maquinaria costosa o de alta especialización, donde reemplazar completamente la máquina puede ser inviable desde el punto de vista económico.

El mundo avanza hacia una nueva industria denominada "industria 4.0" o "cuarta revolución industrial", que se basa en la innovación, los sistemas integrados, la automatización de la fabricación, la inteligencia artificial y sistemas contables automatizados y fiables. Esto es especialmente importante para las cadenas de valor industrial, cuyos modelos de producción se verán afectados por los grandes cambios en la sociedad, la tecnología y la economía (Pumacahua & Letona, 2023).

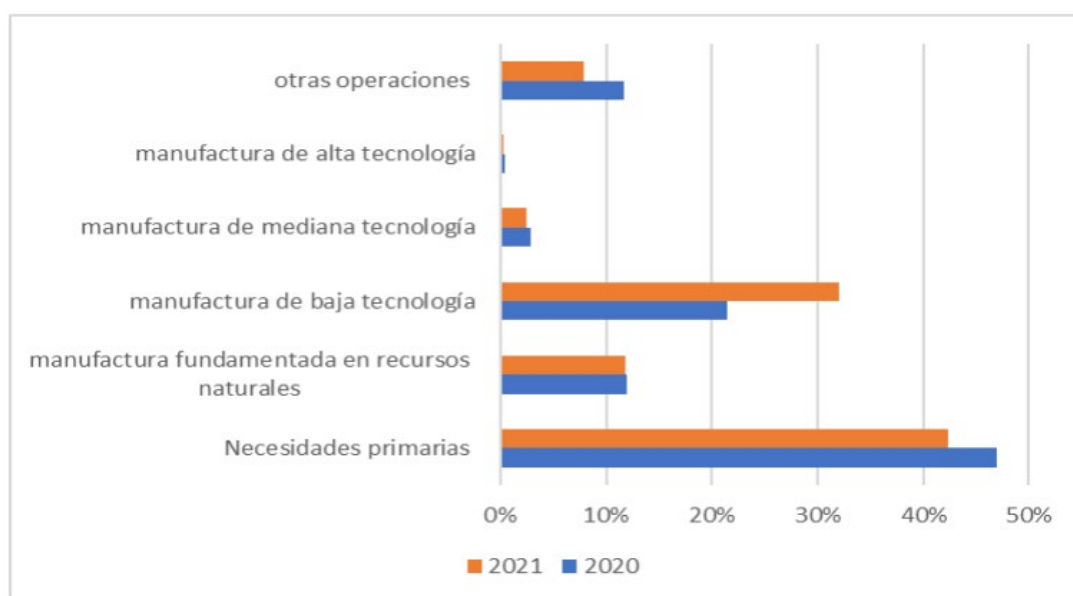


Figura 1. Las microempresas en Perú y sus operaciones enfocadas a las tecnologías

Fuente: Universidad Peruana Unión (2023)

Para el estudio, la empresa seleccionada es un importante fabricante de elementos mecánicos utilizados en proyectos de diversos sectores como minería, petróleo y gas, e industria de la construcción. Para garantizar la calidad de sus productos, la empresa realiza pruebas de ensayo de tracción en su propia máquina de tracción, la cual es una parte fundamental del proceso de manufacturación. Además de utilizarla para sus propios fines, la empresa también ofrece servicios de ensayos de tracción a terceros que lo requieran.



Sin embargo, la máquina de tracción utilizada por la empresa seleccionada presenta una problemática importante. Al tratarse de un modelo antiguo, carece de un sistema computarizado que facilite la recopilación y transmisión de datos, así como la generación de informes. Esto dificulta el trabajo del personal encargado de tomar los datos de presión, ya que deben hacerlo a través de un indicador analógico, lo que aumenta la probabilidad de cometer errores en la medición. Además, al prestar servicios a terceros, los resultados proporcionados no cumplían con el estándar esperado por el cliente, por ejemplo, presentación de diagramas tensión-deformación representativos para los materiales ensayados. Además, es importante destacar que la limitada capacidad de recopilación de datos no permite obtener una cantidad significativa de muestras, debido a la rapidez con la que ocurre el ensayo.

*Tabla 1. Datos de carga aplicada tomados durante ensayo de tracción*

<b>Número de muestra</b>	<b>Carga aplicada (lbf)</b>
<b>1</b>	2000
<b>2</b>	2500
<b>3</b>	14300
<b>4</b>	15000
<b>5</b>	15100

*Fuente: Elaboración propia*

En resumen, la empresa se ve desafiada por la falta de la última tecnología, lo que dificulta la recopilación de datos precisos y la generación de informes adecuados. El problema afectó tanto la calidad de los productos de la empresa como los servicios que prestaba a terceros. Por tanto, es necesario hacer frente a esta situación introduciendo mejoras técnicas para optimizar el proceso de ensayo de tracción y garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Estas tecnologías están permeando la industria manufacturera y permiten la fusión de los mundos físico y virtual a través de sistemas ciber físicos (CPS), lo cual

marca el advenimiento de la cuarta etapa de producción industrial (Zheng, Wang, Sang Zhong, Liu, Liu, Mubarak, Yu & Xu, 2018).

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **a) Problema Principal**

¿Es factible la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos por medio de un DAQ USB 6001?

#### **b) Problemas Secundarios**

- ¿Es factible la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo por medio de un DAQ USB 6001?
- ¿Es factible la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación por medio de un DAQ USB 6001?

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Objetivo General**

Demostrar la factibilidad para la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos por medio de un DAQ USB 6001.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Demostrar la factibilidad para la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo por medio de un DAQ USB 6001.
- Demostrar la factibilidad para la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación por medio de un DAQ USB 6001.

### **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Hipótesis General**

La automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos por medio de un DAQ USB 6001 es factible.

#### **1.3.2. Hipótesis Secundarias**

- La automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo por medio de un DAQ USB 6001 es factible.
- La automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación por medio de un DAQ USB 6001 es factible.

### **1.4. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Variable Independiente**

V.I. = X = “Estudio de factibilidad de la automatización de una máquina de tracción utilizando un DAQ USB 6001”.

#### **1.4.2. Variable Dependiente**

V.D. = A = “Precisión de los datos obtenidos en la máquina de tracción”.

V.D. = B = “Precisión de los datos de esfuerzo obtenidos en la máquina de tracción”.

V.D. = C = “Precisión de los datos de deformación obtenidos en la máquina de tracción”.

### **1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1. Tipo y Nivel de Investigación**

##### **a) Tipo de Investigación**

El presente trabajo corresponde al tipo de investigación cuantitativa. La elección de este enfoque se basa en la necesidad de recopilar datos numéricos y realizar un análisis estadístico para examinar la factibilidad de la automatización de una máquina de tracción y la precisión de los datos de esfuerzo y deformación. La investigación cuantitativa se caracteriza por su enfoque en la medición objetiva y precisa de variables, utilizando instrumentos de medición estandarizados. En este caso, se utilizará el DAQ USB 6001 para recopilar datos cuantitativos de manera confiable. Se espera que este dispositivo brinde una precisión aceptable en la medición de las variables de interés. En este estudio, se planea utilizar pruebas T-Student para verificar la diferencia en los datos medidos con el proyecto y sin el proyecto. Esto permitirá evaluar si la automatización de la máquina de tracción tiene un impacto significativo en la precisión de los datos de presión y deformación. Es importante tener en cuenta que se reconoce la presencia de un posible error de medición en los datos recopilados, el cual está inherentemente presente en el DAQ USB 6001.

#### **b) Nivel de Investigación**

En este estudio se llevará a cabo una investigación de nivel descriptivo correlacional. Este enfoque se selecciona con el objetivo de describir y analizar la relación existente entre las variables de interés, específicamente la precisión de los datos de esfuerzo y deformación. El nivel descriptivo implica la recopilación de datos para describir y caracterizar las variables involucradas en el estudio. En este caso, se recogerán datos sobre la precisión de los datos de esfuerzo y deformación utilizando el DAQ USB 6001, también considerándose los datos obtenidos previo a la implementación del proyecto. Estos datos se analizarán y presentarán en forma de desviación

estándar. El enfoque correlacional busca determinar si existe una relación entre los resultados con y sin proyecto.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La automatización de una máquina de tracción aporta numerosos beneficios tanto a nivel tecnológico como económico. Al implementar un sistema automatizado en el ensayo de tracción, se logra una mejora significativa en la eficiencia y precisión de los resultados obtenidos. Esto se traduce en una mayor confiabilidad en los datos generados y en una optimización de los recursos utilizados.

La precisión y confiabilidad de los datos son fundamentales en los procesos de diseño, fabricación y control de calidad de diversos productos y materiales. La automatización de la máquina de tracción permite obtener mediciones más precisas de la resistencia, elasticidad y deformación de los materiales sometidos a ensayo. Estos datos son esenciales para tomar decisiones informadas en cuanto a la selección de materiales, la evaluación de la resistencia estructural y la garantía de calidad de los productos finales.

Además, la automatización de la máquina de tracción facilita la generación de informes y gráficas de resultados de manera rápida y precisa. Estos informes son valiosos para la interpretación de los datos y para comunicar los resultados a clientes, proveedores y otras partes interesadas. Asimismo, la automatización reduce la posibilidad de errores humanos en el procesamiento de los datos y agiliza los tiempos de entrega de los informes, lo que contribuye a una mayor eficiencia en los procesos de trabajo.

En cuanto al aspecto económico, la automatización de la máquina de tracción presenta ventajas significativas. En lugar de adquirir una nueva máquina con sistema computarizado, la automatización permite aprovechar y modernizar una máquina

existente, lo cual implica un considerable ahorro de costos. Además, al priorizar la adquisición de equipos disponibles en el mercado nacional, se evita el proceso de importación, reduciendo así los costos asociados a los trámites aduaneros y los tiempos de espera.

En resumen, la automatización de una máquina de tracción ofrece mejoras sustanciales en la precisión de los datos, la eficiencia de los procesos y los costos asociados. Estos beneficios son relevantes tanto en el ámbito de la investigación y desarrollo como en la industria manufacturera. La implementación de este proyecto contribuye a la adaptación de las empresas a la era de la industria 4.0, promoviendo la eficiencia y la competitividad en el sector.

### **1.7. ALCANCE DEL PROYECTO**

El alcance del presente proyecto de investigación se enfoca en la implementación física de la automatización de una máquina de tracción y su posterior análisis comparativo de resultados. El objetivo principal es evaluar la factibilidad y los beneficios de la automatización en términos de precisión y calidad de los datos obtenidos en los ensayos de tracción.

Para lograrlo, se instalará y configurará un sistema de automatización en las máquinas de tracción existentes. Los datos se recopilan durante el proyecto y en lugares donde el proyecto aún no se ha completado. Esto permitirá la comparación y el análisis tanto cuantitativo como cualitativo de la mejora de la precisión de los datos y la calidad de los resultados obtenidos de acuerdo con los estándares internacionales.

Los resultados de la investigación proporcionarán información valiosa para la toma de decisiones en la implementación de sistemas de automatización en máquinas de tracción. Cabe destacar que el alcance del proyecto se limita a la

implementación física y evaluación comparativa de resultados en una máquina de tracción específica. Los hallazgos y conclusiones obtenidos se aplicarán a nivel local, sin embargo, podrían sentar las bases para futuras investigaciones y aplicaciones a nivel más amplio en el campo de la ingeniería y la automatización industrial

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis se basa en investigaciones previas realizadas por destacadas personalidades que abordan de diferentes formas el tema de investigación. Algunos de los referentes utilizados son:

- NOGALES VILLAVICENCIO, Mauro Ignacio, “*Diseño y construcción de una máquina para realizar el ensayo de tensión mecánica*”<sup>1</sup>. Tesis de grado (2008). Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga. Latacunga – Ecuador.

El objetivo general de este proyecto consiste en el diseño y construcción de una máquina para realizar ensayos de tensión. Para lograrlo, se siguió una metodología que incluyó un análisis exhaustivo de la teoría y los parámetros de diseño necesarios para una máquina de ensayos de tracción. Además, se llevó a cabo una selección cualitativa de los materiales y equipos a utilizar en la construcción

---

<sup>1</sup> NOGALES VILLAVICENCIO, Mauro Ignacio, “*Diseño y construcción de una máquina para realizar el ensayo de tensión mecánica*”. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/3499/1/T-ESPEL-0516.pdf>



de la máquina, basándose en un diseño previamente establecido. Posteriormente, se procedió a la construcción de la máquina, siguiendo los parámetros y criterios de diseño establecidos. Finalmente, se realizaron pruebas en diversos materiales para evaluar los resultados obtenidos.

Los resultados indicaron que los materiales y equipos utilizados en la construcción de la máquina de ensayos de tensión fueron los adecuados y permitieron obtener resultados esperados en las pruebas de los materiales. Además, se logró generar gráficos claros de esfuerzo-deformación.

En conclusión, se cumplió satisfactoriamente con el objetivo establecido para este trabajo de investigación, que era diseñar y construir una máquina de ensayos de tensión funcional.

- COLCHA DÍAZ, Juan Gabriel. *“Diseño e implementación de un sistema electrónico-informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal”*<sup>2</sup>. Tesis de grado (2010), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.

El objetivo de esta tesis es implementar un sistema electrónico-informático para la adquisición de datos en ensayos realizados en la Máquina Universal. La metodología empleada consistió en realizar un diagnóstico inicial del funcionamiento de la máquina y de los parámetros de medición. A continuación, se diseñó y seleccionó un circuito electrónico para acondicionar la señal y se desarrolló la programación en LabVIEW para procesar las señales analógicas a digitales. Se espera que el programa en LabVIEW proporcione resultados más confiables y precisos. Por último, se redactó un manual de uso para el usuario.

---

<sup>2</sup> COLCHA DÍAS, Juan Gabriel. *“Diseño e implementación de un sistema electrónico-informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal”*. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/891/1/15T00458.pdf>

Los resultados demostraron que la propuesta de aplicación y programación del circuito electrónico y del programa en LabVIEW cumplió con las expectativas, obteniendo mejores resultados en todos los ensayos programados.

En conclusión, el diseño e implementación del sistema electrónico-informático se ajustó a los resultados esperados de los ensayos y a los parámetros de medición evaluados.

- VILLARROEL TOVAR, Juan Marcelo. *“Diseño e Implementación de un sistema automático de ensayos de tracción para la Máquina Universal Tinius Olsen para la empresa CEDAL S.A.”*<sup>3</sup>. Tesis de grado (2015). Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Latacunga – Ecuador.

El objetivo de esta tesis fue implementar un sistema automático de adquisición de datos para pruebas de tensión en la Máquina Universal Tinius Olsen de la empresa CEDAL S.A. La metodología empleada consistió en realizar un análisis teórico de los parámetros, normas, sensores y características relevantes para las pruebas de tensión en la Máquina Universal. A continuación, se diseñó, seleccionó e implementó un sistema analógico-digital que permitió procesar las señales de los sensores y visualizar los resultados en un ordenador. Posteriormente, se montaron los equipos en la Máquina Universal, se realizaron pruebas y se verificaron los resultados de las pruebas de tensión.

Los resultados demostraron que los criterios utilizados para evaluar los sensores y equipos adquiridos para la implementación en la Máquina Universal

---

<sup>3</sup> VILLARROEL TOVAR, Juan Marcelo. *“Diseño e Implementación de un sistema automático de ensayos de tracción para la Máquina Universal Tinius Olsen para la empresa CEDAL S.A.”* Disponible en:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10064/1/T-ESPEL-EMI-0286.pdf>

fueron acertados, lo que se tradujo en resultados satisfactorios y consistentes con las normas establecidas.

En conclusión, se logró cumplir el objetivo de implementar un sistema automatizado de adquisición de datos en la Máquina Universal Tinius Olsen para las pruebas de tensión, siguiendo las condiciones establecidas por las normas internacionales que definen las características óptimas de los materiales.

- ENRÍQUEZ FUEL, Anderson Jonhatan; JÁCOME PALACIOS, Álvaro Javier. *“Automatización y reacondicionamiento de la máquina de ensayos de tracción horizontal marca Amsler del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”*<sup>4</sup>. Tesis de grado (2018). Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Sangolquí – Ecuador.

El objetivo de esta tesis consistió en automatizar y reacondicionar la máquina de ensayos de tracción horizontal marca Amsler del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. La metodología utilizada para llevar a cabo este trabajo incluyó un análisis teórico de los parámetros asociados con la máquina de ensayos de tracción horizontal Amsler y los conceptos fundamentales requeridos para este tipo de ensayo. A continuación, se evaluaron las características de la máquina, se diseñaron y seleccionaron los componentes mecánicos necesarios, y se procedió a la programación de la adquisición y procesamiento de datos mediante un PLC. Finalmente, se implementó el sistema automático de control y se llevaron a cabo los ensayos mecánicos para obtener los resultados deseados.

---

<sup>4</sup> ENRÍQUEZ FUEL, Anderson Jonhatan; JÁCOME PALACIOS, Álvaro Javier. *“Automatización y reacondicionamiento de la máquina de ensayos de tracción horizontal marca Amsler del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”*. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13916/T-ESPE-057531.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Los resultados obtenidos a partir del análisis y los criterios utilizados para la selección de los materiales, equipos y PLC demostraron ser de gran utilidad para la aplicación deseada en los ensayos de tracción realizados.

En conclusión, se logró llevar a cabo con éxito la automatización y el reacondicionamiento de la máquina de ensayos de tracción horizontal marca Amsler, cumpliendo con los estándares internacionales establecidos para este tipo de máquinas.

- ZIADA, Osama; TZIVLERI, Konstantina. *“Estudio de factibilidad de la Introducción de Automatización en el proceso de ensamblaje”*<sup>5</sup>. Tesis de maestría (2021). Universidad de Linneo. Växjö – Suecia.

El objetivo de esta tesis consiste en desarrollar y evaluar diferentes conceptos para incrementar el nivel de automatización en el proceso de ensamblaje en Volvo CE, con el fin de reducir el tiempo de ensamblaje y las lesiones de los trabajadores. Además, se busca mejorar la eficiencia del área de ensamblaje y la ergonomía de los trabajadores.

La metodología utilizada comienza con un análisis de los conceptos teóricos de automatización y una evaluación del caso de estudio en la empresa Volvo CE. Se realiza una evaluación del potencial de inversión en términos de tiempo, costos y valores ergonómicos para los trabajadores. Luego, se establecen los criterios de evaluación para los procesos de ensamblaje y se realizan evaluaciones sobre los posibles equipos a utilizar en el proceso. Por último, se lleva a cabo la simulación en un entorno virtual para evaluar el impacto de la incorporación de robots en el mismo

---

<sup>5</sup> ZIADA, Osama; TZIVLERI, Konstantina. *“Estudio de factibilidad de la Introducción de Automatización en el proceso de ensamblaje”*. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1563516/FULLTEXT01.pdf>

entorno de trabajo junto con los humanos, utilizando una distribución específica que mejora los tiempos del proceso.

A través de la simulación en el software Siemens Process Simulate, se determinó que los robots de las marcas ABB, KUKA y YASKAWA son una buena elección para su adquisición e integración en el proceso de ensamblaje debido a que cumplen con los parámetros requeridos y son adecuados para el proceso.

En conclusión, se determinó que la solución óptima para este caso de investigación es el robot GoFa de la marca ABB, ya que cumple con los parámetros y características necesarios para la manipulación de las piezas en el proceso de ensamblaje.

## **2.2 MARCO TEÓRICO GENERAL**

### **2.2.1 Esfuerzo de tensión**

El esfuerzo puede ser categorizado en tres tipos: esfuerzo de tensión, esfuerzo de compresión y esfuerzo cortante. El esfuerzo de tensión se produce cuando se aplica una fuerza que estira el material, mientras que el esfuerzo de compresión ocurre cuando se aplica una fuerza que comprime el material. Por otro lado, el esfuerzo cortante se presenta cuando se aplica una fuerza que busca cortar el material.

En el caso específico del esfuerzo de tensión, puede ser definido como la relación entre una fuerza aplicada en dirección positiva y perpendicular al plano del objeto (F) y el área transversal sobre la cual actúa dicha fuerza (A).

$$\text{Esfuerzo de tensión} = \frac{F}{A} \quad (1)$$

En la Figura 2, se muestra un objeto sometido a dos fuerzas aplicadas en zonas opuestas y en direcciones diferentes, lo que resulta en una suma total de fuerzas igual a cero. El esfuerzo se expresa en unidades de presión, específicamente en Pascal (Pa), en el Sistema Internacional de Unidades (SI). La unidad de Pascal se define en base a la ecuación 1 de la siguiente manera:

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (2)$$

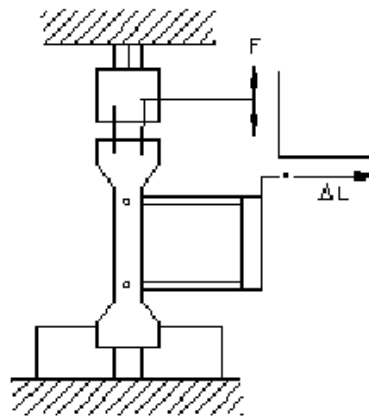


Figura 2: Esfuerzo de tensión

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia (2022)

### 2.2.2 Deformación unitaria por tensión

La deformación unitaria por tensión se produce cuando al aplicarse cargas en los extremos opuestos del objeto estudiado, el cual cuenta con una longitud  $L$ , este se deforma de tal manera que la longitud final del mismo es  $L + \delta$  (ver Figura 3). Por tanto, la deformación unitaria por tensión se define como la razón de cambio entre la variación de la longitud de un objeto ( $\delta$ ) y la longitud inicial del mismo ( $L$ ), al aplicarse en sus lados opuestos fuerzas de igual magnitud:

$$\text{Deformación unitaria por tensión} = \frac{\delta}{L} \quad (3)$$

La relación vista entre ambas magnitudes en la ecuación 3 se da entre valores de iguales unidades; convirtiendo el resultado en un número adimensional. Un factor común entre el esfuerzo y deformación es que a pesar de tener diferentes tipos de deformación (tensión, compresión y corte), existe una relación lineal producto de una experiencia empírica donde se cumple siempre y cuando el valor del esfuerzo y la deformación sean pequeños. Dicha relación corresponde al módulo de elasticidad, el en el caso de la tensión recibe el nombre de módulo de Young ( $Y$ ), la cual depende únicamente de las características del material, mas no de las dimensiones de este:

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\delta}{L}} = \frac{F * L}{A * \delta} \quad (4)$$

La unidad correspondiente al módulo de Young (ver ecuación 4) es el Pascal ( $Pa$ ) dado que la deformación por tensión no presenta unidades.

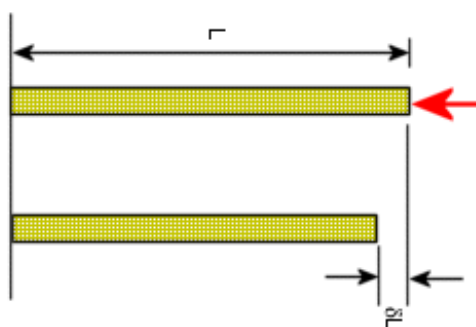


Figura 3: Deformación unitaria por tensión

Fuente: Dassault Systemes – Solidworks (2016)

### 2.2.3 Diagrama de Esfuerzo-Deformación

El diagrama esfuerzo-deformación es una representación gráfica del comportamiento de un material bajo la acción de una fuerza. En el eje de las abscisas se muestra la deformación, expresada como un porcentaje de cambio en la longitud inicial del material, mientras que en el eje de las ordenadas se representa el esfuerzo,

medido en Pascal (Pa). Este diagrama se obtiene a partir de un ensayo de tracción realizado en una máquina específica, en la cual se somete una probeta del material a la aplicación gradual de una fuerza. Previamente al ensayo, se marcan las dimensiones iniciales de la probeta (ver Figura 4), incluyendo su longitud inicial ( $L$ ), para poder calcular la deformación.



*Figura 4: Probeta para ensayo de tracción*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*

Como se mencionó anteriormente, existe una relación lineal entre los valores de esfuerzo y deformación cuando son pequeños. Dicha relación se cumplirá hasta llegar al límite de proporcionalidad, ubicado en la gráfica de esfuerzo-deformación (ver Figura 5). Todos los puntos de la gráfica previos al límite de proporcionalidad tienen la característica de ser proporcionales y describen una recta de pendiente igual al Módulo de Young. Si la carga se sigue aplicando en la probeta se llegará al punto de fluencia, donde ya no se cumple la proporcionalidad, pero aun la probeta puede volver a su longitud inicial. Esta zona, desde el inicio hasta el punto de fluencia, se denomina la zona elástica.

En caso la carga se siga aplicando, el material pasará a la zona plástica y el esfuerzo aumentará al igual que la deformación hasta un punto máximo y luego hasta



el punto de fractura, en donde se rompe. En la zona plástica, si se deja de aplicar la carga, el material no retornará a su longitud original manteniendo la deformación.

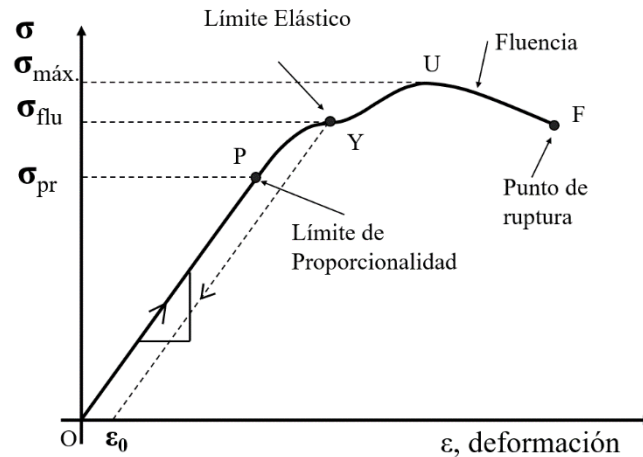


Figura 5: Diagrama de Esfuerzo – Deformación

Fuente: Academia Hooke (2022)

#### 2.2.4 Tinius Olsen

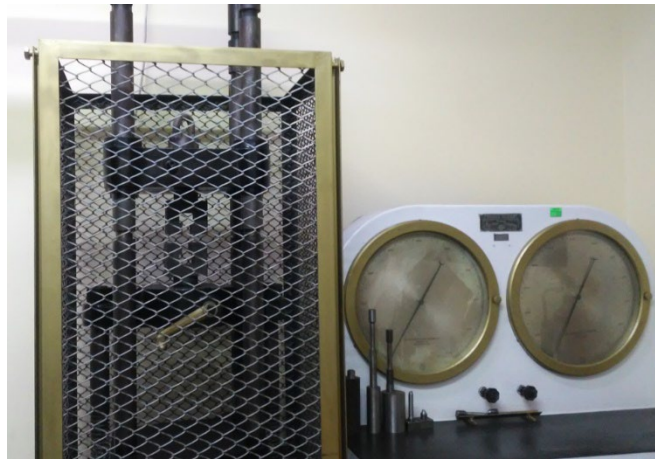
Tinius Olsen es una empresa líder a nivel mundial en la fabricación y distribución de equipos especializados para pruebas de materiales, enfocados en el control de calidad de fabricación y desarrollo de productos.

En la actualidad, Tinius Olsen se dedica a la fabricación de una amplia gama de máquinas para ensayos en materiales, que permiten determinar propiedades como resistencia, dureza, entre otras. Además, la empresa ofrece equipos especializados para la medición y caracterización de materiales a nivel global. Todos los productos de Tinius Olsen cumplen con los estándares internacionales más reconocidos, como ASTM, ASME, ISO, JIS y GB.

#### 2.2.5 Máquina de tracción Tinius Olsen

La máquina de tracción Tinius Olsen (ver Figura 6) es ampliamente utilizada por empresas cuya actividad principal es fabricar productos que requieran cumplir ciertas especificaciones para su comercialización (pernos, neumáticos, equipos

médicos, alas de aviones, etc.). Con el fin de poder recrear el ensayo de tracción, la máquina se asemeja a una prensa hidráulica que puede aplicar de manera controlada una carga a la probeta. Por lo general cuenta con diferentes tipos de agarres o mordazas para poder sujetar fuertemente las probetas normadas internacionalmente dependiendo el tipo de probeta a emplear.



*Figura 6: Máquina de tracción Tinius Olsen*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*

La máquina de tracción está equipada con una bomba hidráulica (ver Figura 7) que proporciona el flujo de aceite necesario para generar las cargas de alta magnitud en las probetas sometidas a ensayo. Esta bomba suministra el aceite al cilindro, el cual aplica la fuerza predefinida mediante una válvula de carga.

La máquina de tracción es controlada por una unidad de potencia y cuenta con dos botones (ver Figura 8). El primer botón se utiliza para encender y apagar la máquina, mientras que el segundo botón permite la descarga de la máquina una vez finalizado el ensayo. La unidad de potencia cuenta con dos controles adicionales: el timón de la izquierda permite la liberación de presión después del ensayo, y el timón de la derecha regula el flujo de aceite bombeado al pistón, controlando así la velocidad de aplicación de la carga a la probeta.



*Figura 7: Bomba hidráulica en máquina de tracción*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*



*Figura 8: Unidad de potencia en máquina de tracción*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*

En los modelos más antiguos de esta máquina, se utilizan lectores de medición analógicos circulares (ver Figura 9) que están graduados hasta la capacidad máxima. Estos lectores tienen agujas que se mueven proporcionalmente en respuesta al flujo de aceite bombeado, lo cual permite marcar la carga aplicada en cada momento. Por otro lado, los modelos más modernos cuentan con un sistema computarizado (ver Figura 10) y un software específico, generalmente desarrollado por el fabricante, que muestra los valores de carga, elongación, esfuerzo, entre otros.

Este sistema proporciona una visualización digital precisa de los datos obtenidos durante el ensayo.



Figura 9: Lectores análogos en una máquina de tracción

Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)



Figura 10: Sistemas computarizados en máquinas Tinius Olsen

Fuente: Tecnología del Plástico (2022)

### 2.2.6 Probetas mecánicas

La probeta mecánica es una muestra fabricada a partir de un metal o material específico que se desea evaluar. La fabricación y dimensiones de la probeta están estandarizadas internacionalmente, y varían según el tipo de ensayo que se vaya a realizar, ya sea tracción, compresión, caída de dardo, flexión por tres puntos, entre

otros. En el caso de un ensayo de tracción, la norma ASTM E8 establece las formas y medidas específicas de la probeta a utilizar. Además, la norma DIN EN ISO 6892-1 proporciona pautas detalladas para realizar ensayos de tracción a temperatura ambiente, incluyendo consideraciones relacionadas con la probeta. Es importante destacar que la norma DIN EN ISO 6892-1 tiene tres variantes, cada una de las cuales abarca un rango de temperatura diferente:

- ISO 6892-1: Ensayo a temperatura ambiente.
- ISO 6892-2: Ensayo a temperatura elevada.
- ISO 6892-3: Ensayo a baja temperatura.
- ISO 6892-4: Ensayo en helio líquido.

Comúnmente, una probeta metálica utilizada en un ensayo de tracción a temperatura ambiente presenta la siguiente apariencia (ver Figura 11).



*Figura 11: Probetas de ensayos de tracción*

*Fuente: Junta de Andalucía (2022)*

### **2.2.7 Transductor de presión**

Los transductores de presión, también conocidos como transmisores de presión (ver Figura 12), son dispositivos que convierten la presión en una señal

eléctrica analógica. Estos transductores suelen constar de dos zonas distintas: una zona de conexión para los cables que obtienen la señal analógica y otra zona que se conecta a la parte del proceso o de la máquina donde se desea medir la presión. Dependiendo del tipo de transductor de presión, la salida puede ser en forma de milivoltios, voltaje de 0-10V o en una corriente de 4-20 mA. Esta señal eléctrica se obtiene mediante la deformación de la presión en una galga adherida a un diafragma y conectada mediante un puente de Wheatstone, lo que permite obtener resultados más precisos.

En el caso de los transductores de presión basados en galgas extensiométricas, la variación de presión provoca una deformación en la galga, lo que a su vez altera su resistencia interna. Esta variación de resistencia en las galgas extensiométricas o sensores permite convertir la magnitud física de la presión en una señal analógica medible.



*Figura 12: Modelos de transmisores de presión*

*Fuente: Direct Industry (2022)*

### **2.2.8 Transductor de desplazamiento lineal variable (LVDT)**

El LVDT (Transductor de Desplazamiento Lineal Variable) es un sensor electromecánico que convierte un movimiento rectilíneo en una señal eléctrica

analógica. Este tipo de sensor tiene una capacidad de medición limitada, generalmente hasta un máximo de 70 cm, dependiendo del modelo utilizado. La salida del LVDT puede ser en forma de corriente alterna (CA), corriente continua (CC) o basada en frecuencia.

Internamente, el sensor consta de una zona cilíndrica que contiene una bobina primaria y dos bobinas secundarias (ver Figura 13). Estas bobinas secundarias son idénticas en todos los aspectos, excepto en sus posiciones físicas.

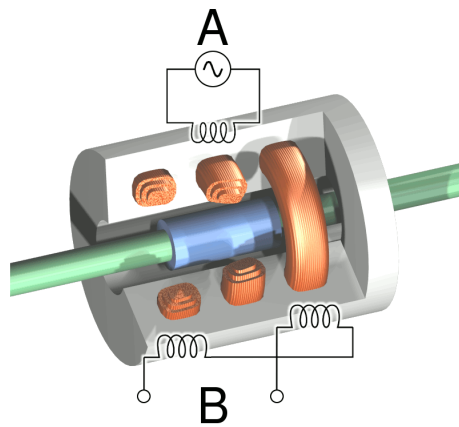


Figura 13: LVDT

Fuente: Wikipedia – Esquema de un LVDT (2022)

El devanado primario del LVDT está conectado a una fuente de alimentación, ya sea de corriente continua (CC) o corriente alterna (CA), mientras que los dos devanados secundarios están conectados en serie y forman la salida del sensor. Cuando se aplica un voltaje alterno al LVDT, existen tres posiciones posibles que generan una salida eléctrica (ver Figura 14).

En la posición nula, la varilla móvil del sensor está estática, lo que hace que el flujo magnético entre los devanados secundarios sea igual y se cancelen mutuamente. En las posiciones izquierda y derecha, la varilla móvil se desplaza en la dirección correspondiente debido a la medición. Este desplazamiento crea una

diferencia de voltaje entre los devanados secundarios, lo que completa la conversión de la diferencia de posición en una señal eléctrica analógica en el rango de milivoltios (mV).

Las características específicas de un LVDT varían según el tipo de sensor, especialmente en la construcción de su armadura o eje: LVDT de armadura libre (no guiada), LVDT de armadura cautiva (guiada) y LVDT de armadura forzada o extendida por resorte.

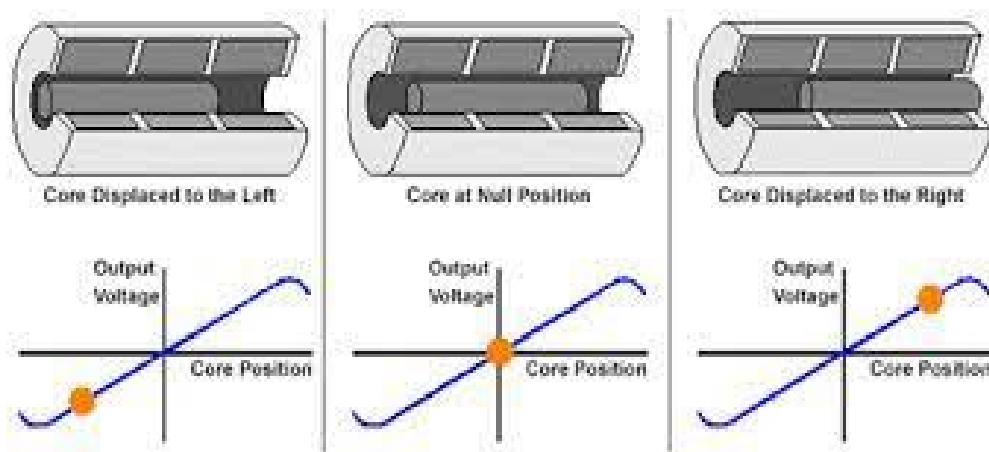


Figura 14: Posiciones de salida del LVDT

Fuente: Ingeniería Mecafenix (2022)

### 2.2.9 Extensómetro LVDT en ensayos de tracción

Los extensómetros LVDT (ver Figura 15) se utilizan para medir el cambio de longitud en una probeta mecánica durante un ensayo de tracción. El principio de funcionamiento es similar al de los sensores LVDT. Las cuchillas afiladas del extensómetro sujetan la probeta, mientras que el brazo móvil se adhiere a un extremo móvil de la probeta y la armadura se encuentra en el otro extremo.

La mayoría de los extensómetros LVDT son ajustables para adaptarse al grosor o diámetro de la probeta que se va a probar, siempre y cuando cumpla con



los estándares establecidos. El ajuste puede variar entre 1.6-6.6 mm o 1/16-5/8 pulgadas.

Los extensómetros LVDT tienen 4 pines para su conexión: 2 pines corresponden al devanado primario y los otros 2 pines unen los devanados secundarios. Es importante realizar la conexión correcta de los pines para que el extensómetro funcione adecuadamente; de lo contrario, no se generará una diferencia de potencial durante el cambio de longitud. Además, los extensómetros LVDT pueden contar con diferentes accesorios, como soportes de contrapeso o extensiones, que se recomienda adquirir según el tipo de ensayo a realizar.



*Figura 15: Extensómetro LVDT con pines de conexión*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*

#### **2.2.10 Fuente variable de voltaje continuo (VCC)**

Una fuente de alimentación es un dispositivo utilizado para suministrar energía eléctrica a circuitos electrónicos, eléctricos o industriales. En el caso de una fuente de voltaje continuo, se conecta a una toma de corriente, siendo común en Perú un valor de 220 voltios y 60 Hz. A continuación, la corriente pasa por un transformador que reduce el valor del voltaje, manteniéndolo como voltaje alterno. Dentro del circuito interno, el voltaje alterno reducido atraviesa un rectificador de onda completa,

que permite el paso de la señal positiva de la onda alterna, mientras que bloquea la señal negativa. Finalmente, el voltaje se filtra, regula y convierte en un voltaje continuo.

El circuito interno y los componentes utilizados para rectificar, filtrar y regular el voltaje pueden variar según el nivel máximo de voltaje deseado. Por ejemplo, se pueden ajustar los valores de resistencias, capacitancias y reguladores lineales para adaptarse a la necesidad específica.

### **2.2.11 Transformador de voltaje alterno**

Un transformador de voltaje alterno es un dispositivo que consta de un devanado primario y uno o más devanados secundarios. El devanado primario se conecta a la fuente de voltaje alterno, mientras que los devanados secundarios proporcionan una salida de voltaje reducido. La reducción del voltaje se logra mediante la interacción de los campos magnéticos generados por las bobinas del transformador. Algunos valores comunes para las salidas de los transformadores de voltaje alterno son 12-0-12 VAC, 24-0-24 VAC y 30-0-30 VAC. Estos transformadores se utilizan ampliamente en fuentes de voltaje continuo variables y en circuitos de alimentación de instrumentos industriales, como los sensores LVDT o extensómetros LVDT.

### **2.2.12 Lazos de corriente de 4-20 mA**

Los lazos de corriente de 4-20 mA son ampliamente utilizados en la industria para la transmisión de señales desde un proceso hacia un controlador o dispositivo receptor. A diferencia de las señales de tensión analógica o comunicación digital, el uso de lazo de corriente ofrece ventajas significativas en términos de precisión y fiabilidad en entornos industriales.

En un lazo de corriente 4-20 mA típico, el transmisor se conecta mediante dos cables y la fuente de alimentación está integrada en el circuito (ver Figura 16). El lazo regula la corriente dentro del rango de 0.004 a 0.02 A (4-20 mA). Esta corriente regulada representa la señal medida del proceso, como temperatura, presión o flujo. Es importante tener en cuenta que el circuito del lazo de corriente también incluye una resistencia de valor generalmente 250  $\Omega$ , que tiene la función de regular la corriente dentro del rango mencionado.

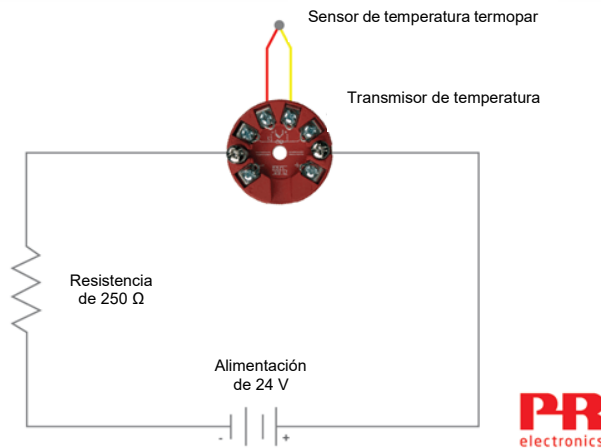


Figura 16: Circuito 4-20 mA

Fuente: PR Electronics (2022)

Para determinar el valor de la alimentación en un lazo de corriente de 4-20 mA, se deben considerar tanto el valor mínimo de energización del transmisor como la resistencia que regula la corriente. En el ejemplo previo (ver Figura 16), se utiliza una fuente de voltaje de 24 V.

Realizando los cálculos correspondientes (ver Tabla 2) y tomando en cuenta el valor máximo de corriente (20 mA) y el requerimiento mínimo de energización del transmisor (12 V), se determina la resistencia adecuada para el lazo de corriente.

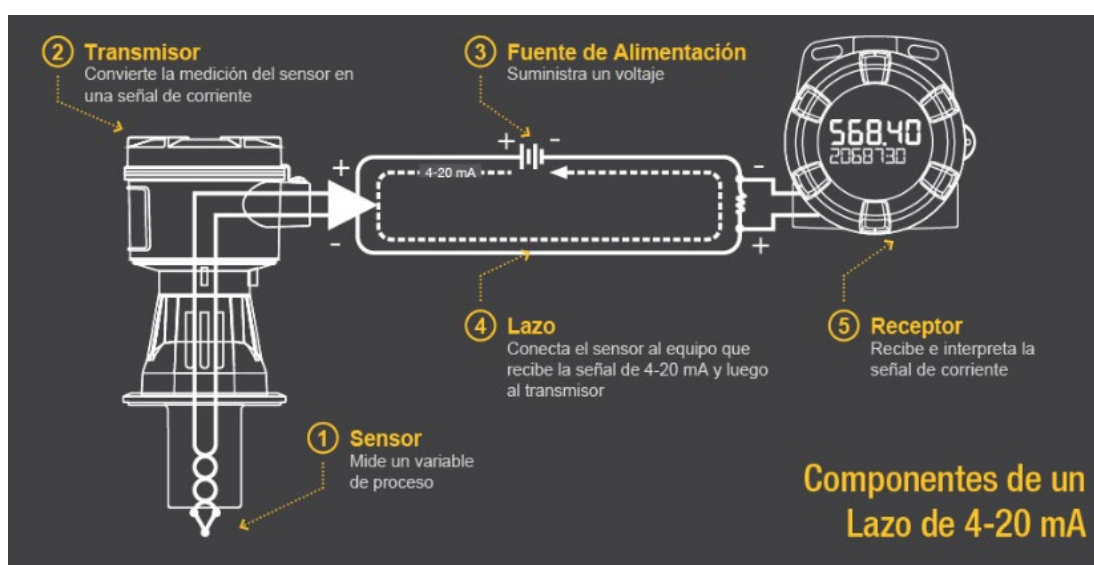
Tabla 2: Cálculo de la tensión consumida por el lazo de corriente

Descripción	Voltaje (V)
Voltaje de alimentación del transmisor	12 V
Voltaje de la resistencia reguladora (250 $\Omega$ )	5 V
<b>Total</b>	<b>17 V</b>

*Fuente: Elaboración propia*

La tensión total consumida es de 17 V en este caso, sin considerar la resistencia generada por los cables de conexión debido a la corta distancia. Como resultado, queda un margen de 7 V con relación a los 24 V suministrados por la fuente de voltaje, lo cual permite agregar otros elementos al lazo de corriente si es necesario.

Después de comprender el funcionamiento y las características principales del lazo de corriente de 4-20 mA, se pasará a describir sus componentes principales (ver Figura 17):



*Figura 17: Componentes en un lazo de 4-20 mA*

*Fuente: Precisión Digital Corporation (2019)*

1. Sensor: Ya sea de presión, temperatura o flujo; el sensor se encarga de medir la variable del proceso.
2. Transmisor: El transmisor convierte la medición a una señal de corriente analógica, cada transmisor dependiendo del tipo de variable a convertir cuenta con una tecnología diferente. En el caso de la presión, la gran mayoría cuenta con galgas extensiométricas.
3. Fuente de alimentación: Suministra el voltaje de alimentación a todo el lazo de corriente y su valor depende de la alimentación mínima necesaria del transmisor.
4. Lazo: Conecta a todos los involucrados dentro circuito, el transmisor, el receptor y la fuente de alimentación.
5. Receptor: Recepciona la señal de corriente analógica y la procesa según sea lo necesario para el proceso y su correcta visualización y monitoreo.

### **2.2.13 National Instruments**

National Instruments es una empresa estadounidense fundada en 1976 en Texas. Desde su creación, se ha especializado en la resolución de problemas mediante pruebas automatizadas y sistemas de medición y procesamiento automatizados. Una de sus principales fortalezas es su software propio llamado LabVIEW, que permite la programación y el procesamiento de señales y datos en forma de bloques. Además, National Instruments ofrece dispositivos de adquisición de datos de fabricación propia, conocidos como DAQ (Data Acquisition), que se pueden ampliar mediante accesorios según las necesidades específicas, y son programables a través de LabVIEW.

#### **2.2.14 Sistema de Adquisición de datos (DAQ)**

Los sistemas DAQ tienen la función de procesar y recibir señales obtenidas de las mediciones de variables físicas. Generalmente los sistemas DAQ cuentan con 4 componentes (ver Figura 18):

1. Sensor
2. Acondicionamiento de señal
3. Convertidor Analógico-Digital
4. Computadora con software DAQ

En el caso de los sistemas DAQ, dependiendo del fabricante este vendrá con un software en específico para su programación y manejo. Además, dependiendo del modelo y la aplicación tendrá múltiples canales para recibir las señales de diferentes mediciones. Las magnitudes físicas son principalmente las siguientes:

- Temperatura
- Voltaje
- Corriente
- Esfuerzo y presión
- Sonido y vibración

Además, un sistema DAQ convencional puede ser complementado con diversos accesorios para permitir la adquisición y procesamiento de otras variables. Algunos de los accesorios más comunes incluyen fuentes de alimentación industrial, cables de potencia, conectores coaxiales, cables digitales y sensores de temperatura y vibración. Estos accesorios amplían las capacidades del sistema DAQ y permiten la medición y análisis de una amplia gama de señales y datos adicionales.

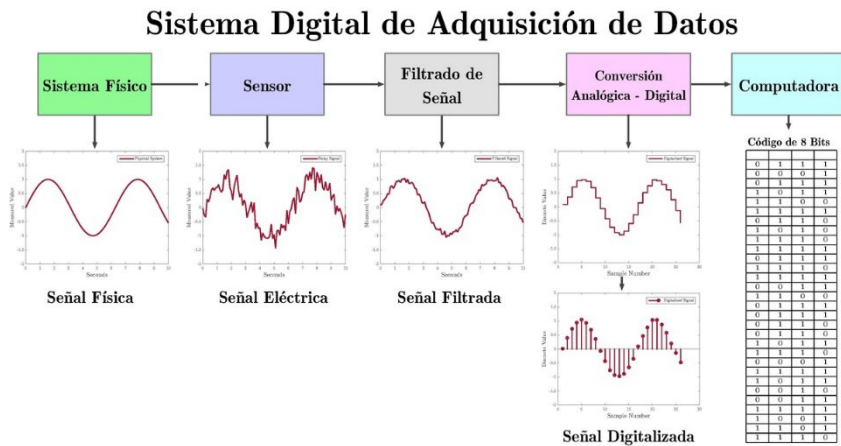


Figura 18: Sistema DAQ

Fuente: Wikipedia – Sistema digital de adquisición de datos (2022)

### 2.2.15 Acondicionamiento de señales en sistemas DAQ

El acondicionamiento de señales se realiza al recibir la salida del sensor en el puerto correspondiente, ya sea analógico o digital. En el caso de una señal analógica proveniente del sensor, se lleva a cabo el proceso de acondicionamiento dentro del dispositivo (ver Figura 19). Usualmente, la señal analógica captada del sensor puede contener ruido en diferentes proporciones, por lo que se aplica un proceso de filtrado para eliminar o reducir dicho ruido. Posteriormente, la señal analógica se convierte a una señal digital mediante el proceso de muestreo. Una vez que la señal ha sido muestreada, la información contenida en ella se convierte en un código de 8 bits para que pueda ser comprendida por la computadora y transmitida a través de ella.

Finalmente, la señal digital acondicionada es procesada en el software predeterminado del fabricante del DAQ donde se visualizará los valores de la magnitud física medidas al inicio del proceso.

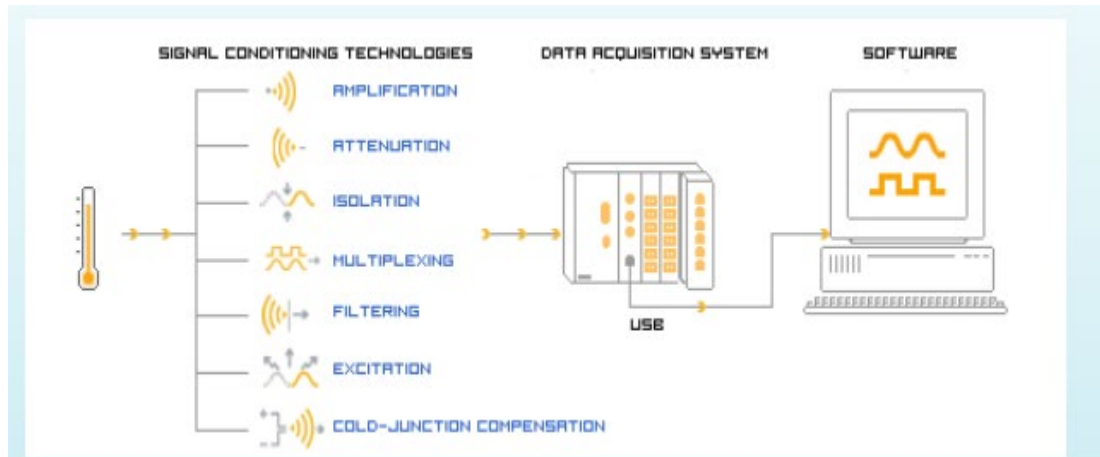


Figura 19: Acondicionamiento de señal

Fuente: Logicbus (2022)

### 2.2.16 DAQ disponibles comercialmente

Actualmente, en el mercado internacional predominan los DAQ fabricados por la empresa National Instruments y Cojxu (de origen chino); dentro de su vasta variedad de productos dedicados para la adquisición de datos se puede distinguir entre los modelos a través de su tamaño y número de entradas/salidas (E/S).

Los DAQ que cuenta con un mayor número de (E/S) son empleados en procesos donde se miden múltiples variables simultáneamente y a su vez requieren de mayor tamaño. Así mismo, se encuentran modelos para uso de laboratorio o diseño de sistemas como: Módulo de E/S Multifunción Serie C y Módulo PXI de E/S Multifunción.

Finalmente, se encuentran los modelos más simples, compactos y económicos con fines de aplicación en procesos donde no se ven involucradas tantas variables. Dichos DAQ como: Dispositivo de E/S Multifunción USB-6001 o Dispositivo de E/S Multifunción USB-6009 (ver Figura 20), cuentan con al menos 8 entradas analógicas, 2 salidas analógicas y 13 entradas/salidas digitales.





Figura 20: DAQ USB-6009

Fuente: National Instruments – USB-6009 (2022)

### 2.2.17 LabVIEW

LabVIEW es un software desarrollado por National Instruments que se basa en el lenguaje C++ y fue lanzado oficialmente en 1986. Este entorno de programación gráfica permite a ingenieros, técnicos y otros usuarios diseñar sistemas de pruebas automatizadas para resolver problemas o con fines de investigación.

LabVIEW ofrece una amplia gama de funciones prácticas que facilitan el diseño de sistemas automatizados, y permite programar instrumentos y dispositivos de adquisición de datos conectados a él. A lo largo de los años, LabVIEW ha añadido compatibilidad con otros lenguajes de programación y protocolos industriales, lo que permite trabajar con productos de diferentes fabricantes, como Arduino o Raspberry Pi.

Las versiones y ediciones de LabVIEW se diferencian según las necesidades de la aplicación. Las ediciones actuales incluyen LabVIEW Base, que es adecuada para aplicaciones sencillas; Test Workflow Estándar, que se utiliza para la automatización y acceso remoto; y Test Workflow Pro, que ofrece funcionalidades avanzadas y secuencias de pruebas.

### **2.2.18 Normas para ensayos mecánicos en probetas metálicas**

Los ensayos mecánicos en probetas metálicas están normados por ASTM, ASME e ISO principalmente y cada una con un código diferente. Las normas que abarcan los aspectos generales y específicos de los ensayos mecánicos y de tracción son los siguientes:

- ASTM E8 (ver Anexo N° 12): Se refiere a los métodos de prueba estándar para el ensayo de tensión en materiales metálicos (Industrial Physics, 2022).
- ASTM A370 (ver Anexo N° 13): Esta norma explica los métodos de las pruebas estándar para ensayos mecánicos en probetas de acero o similares. Establece rangos de valores de medición que deben de ser cumplidos por las probetas manufacturadas. Esto con el fin de que los resultados del ensayo no se vean comprometidos.
- ASME A 36/ A 36M (ver Anexo N° 14): Es una especificación técnica ampliamente utilizada en la industria para el acero de construcción de tipo estructural. Esta norma establece las propiedades mecánicas, químicas y dimensionales del acero A36, que es un tipo de acero al carbono.
- DIN EN ISO 6892 - 1: Al igual que la norma ASTM E8, esta norma ISO se enfoca en pruebas estándar para ensayos mecánicos en metales.

### **2.2.19 Formatos de reportes de resultados de ensayos mecánicos**

Las normas tanto ASTM, ASME o ISO no poseen como principal enfoque la delimitación de temas o características en un reporte de resultados de ensayos mecánicos; pero, todos los reportes se asemejan al formato de presentación.

Los informes de ensayos suelen incluir una portada con información relevante sobre la probeta y el tipo de ensayo mecánico, así como el logotipo de la empresa o laboratorio responsable. Algunos informes también contienen un breve marco teórico que describe el ensayo mecánico y las normas que se han seguido. Por último, los resultados más relevantes se presentan en el informe junto con una conclusión sobre si cumplen con los estándares establecidos. Además, se incluye una gráfica que representa las características del material ensayado. En el caso del ensayo de tracción (ver Figura 21), la conclusión se basará en los valores de esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo y esfuerzo de ruptura, y la gráfica representativa del material será la curva de esfuerzo-deformación.

<b>INFORME DE LABORATORIO</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Laboratorio de Materiales - Analista 02	
<b>MUESTRA:</b>	4140	
<b>FECHA:</b>	6/12/2021 8:28 a. m.	
<b>RESULTADOS</b>		
<b>MUESTRA</b>		<b>1</b>
SECCIÓN TRANSVERSAL	ÁREA INICIAL (mm <sup>2</sup> )	122.326
	ÁREA FINAL (mm <sup>2</sup> )	45.843
CARGAS (lbf)	FLUENCIA	24689.136
	MÁXIMA	28198.833
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	897.780
	MÁXIMA	1025.404
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		50
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		58.67
ALARGAMIENTO (%)		17.34
TIEMPO DE DURACIÓN DEL ENSAYO (s)		39
Incertidumbre (factor de cobertura K=2 para su nivel de confianza de 95%) * Esfuerzo máximo (MPa) * Esfuerzo de fluencia (MPa) * Alargamiento(%)		

Figura 21: Formato de reporte de ensayo de tracción

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 2.3.1 Diagrama pictórico

Un diagrama pictórico es una representación visual de un circuito eléctrico o electrónico que utiliza imágenes reales de los componentes y los coloca en sus posiciones correspondientes. A diferencia de un diagrama esquemático, el diagrama pictórico no sigue un formato estándar y puede ser creado por cualquier persona. Sin embargo, debido a su naturaleza no estructurada, a veces pueden ser difíciles de entender, especialmente si son extensos.

La presentación de un diagrama pictórico es informal, pero si los puntos de referencia y las conexiones están claramente definidos o si el proceso en sí no requiere muchas conexiones, puede resultar útil e ilustrativo. Aunque no hay una simbología estandarizada, a veces se incluye una breve leyenda que identifica los componentes ilustrados (ver Figura 22).

Los diagramas pictóricos son especialmente útiles cuando se desea explicar de manera concisa y fácil el circuito de un proyecto de ingeniería, centrándose en los componentes y los resultados en lugar de la lógica de conexión.

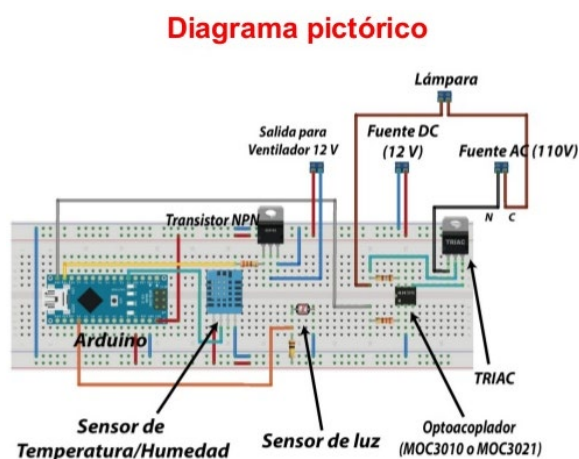


Figura 22: Diagrama pictórico

Fuente: Diagrama Web (2022)

### 2.3.2 Suavizado de curvas

El suavizado de curvas es una técnica que permite mejorar la presentación visual de los resultados en un gráfico. Cuando se tiene un conjunto de datos y la gráfica resultante muestra esquinas muy pronunciadas debido a la proximidad de los puntos, el suavizado de curvas se utiliza para eliminar estas esquinas, reducir las perturbaciones y resaltar la tendencia general de la curva. Como resultado, la gráfica suavizada (ver Figura 23) muestra una apariencia más suave y estéticamente agradable, eliminando las esquinas abruptas.

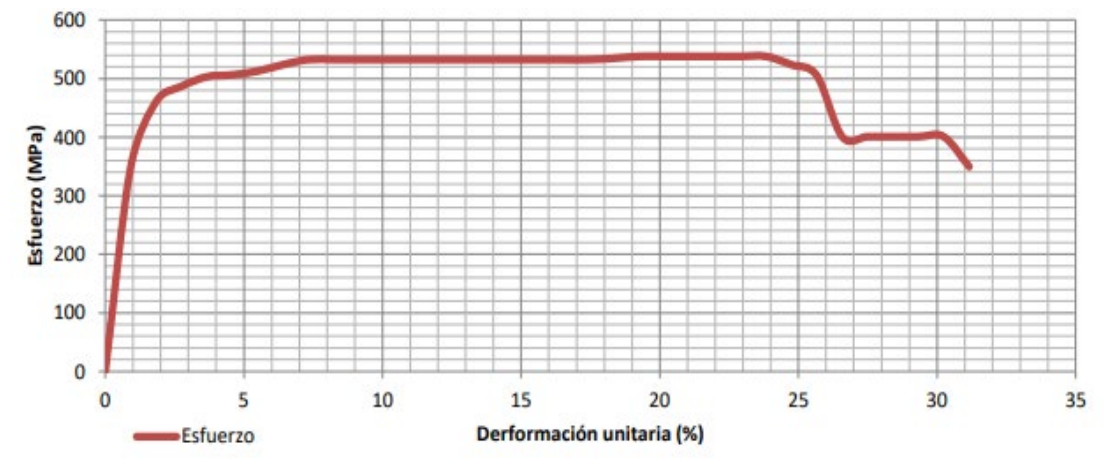


Figura 23: Gráfico de esfuerzo-deformación con puntos suavizado

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3 Ingeniería de proyecto

La ingeniería de proyecto se puede definir como la etapa en la cual se establecen los parámetros y requisitos relacionados con la aplicación, capacidad de la planta, programas de producción y uso de maquinaria, equipos y personal en un proyecto. Por ejemplo, en el caso de un proyecto en el sector alimentario, se deben considerar aspectos técnicos como la composición química, la conservación de los alimentos y los métodos de ahumado.

La ingeniería de proyecto marca la diferencia en la presentación de un proyecto, ya que se planifica de manera detallada todos los aspectos relacionados con el producto, el proceso en el que se integrará y los requisitos operativos y económicos necesarios. A través del análisis y la recopilación de información, se logra una disposición adecuada del proyecto en la planta (layout). Además, se planifica la distribución de maquinaria, equipos, personal y costos para completar la ingeniería de proyecto de manera exitosa.

#### **2.3.4 Ciclo de vida del proyecto**

El ciclo de vida de un proyecto se constituye de 4 fases las cuales deben de transcurrir desde el inicio al fin (Lucidchart, 2023):

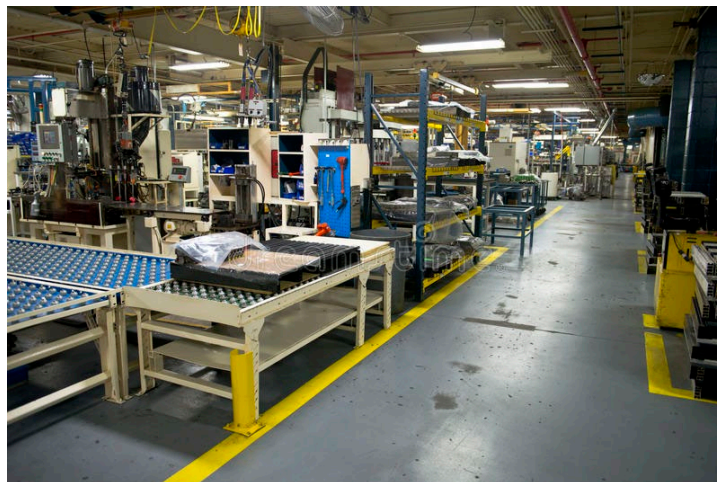
1. Inicio: En esta fase se identifica y plantea la realidad problemática, las posibles soluciones, objetivos, alcance y clientes objetivos para el proyecto.
2. Planificación: Dentro de la planificación se debe de tener en cuenta un cronograma de trabajo, costos y presupuestos, diagramas de flujo y diagramas que ayuden al entendimiento de la solución del proyecto.
3. Ejecución: Plasmar físicamente todos los aspectos operativos y técnicos presentados en las fases anteriores siguiendo el orden predeterminado del cronograma de trabajo y diagrama de flujo.
4. Cierre: En base a un análisis de los resultados obtenidos se define el éxito o fracaso del proyecto. Así mismo, se deben de presentar los documentos finales resumiendo el desempeño general.

El ciclo de vida de un proyecto puede variar en la forma en que se estructuran sus fases, ya sea que estén claramente definidas por la aprobación de los entregables o que se superpongan y comiencen antes de la aceptación formal de la

documentación. Es importante destacar que cada institución o empresa tiene su propio proceso estandarizado, pero generalmente se basan en las cuatro fases del ciclo de vida del proyecto.

### 2.3.5 Gestión del espacio de trabajo

El término "espacio de trabajo" se refiere a cualquier ambiente, tanto dentro como fuera de una empresa, donde los colaboradores realizan sus tareas (ver Figura 24). Un entorno de trabajo cómodo puede aumentar la satisfacción y la productividad de los empleados, mientras que un espacio de trabajo deficiente puede causar retrasos en la realización de las tareas básicas. Muchos factores influyen en los espacios de trabajo, como la iluminación, la distribución de los asientos y las oficinas, el diseño de los muebles y la disponibilidad de tecnología, entre otros.



*Figura 24: Espacio de trabajo en fábrica industrial*

*Fuente: Dreamstime - Lugar de trabajo industrial de la fábrica de la fabricación (2022)*

La gestión del espacio de trabajo se encarga de tomar en cuenta todos estos factores con el fin de mantener constantemente un espacio de trabajo saludable. Esta gestión no es momentánea, sino que perdura en el tiempo y necesita mantenimiento. Aspectos como la iluminación, ventilación, humedad y olores del espacio de trabajo pueden afectar el desempeño del trabajador; en cambio, aspectos como la falta de

áreas verdes, símbolos culturales o colores armoniosos en el espacio de trabajo (ver Figura 25), llegan afectar la psiquis y el comportamiento social en el trabajo.

Con lo que respecta a la organización de las oficinas o puestos de trabajo, se recomiendan que estos tengan una disposición horizontal; dando así, una menor sensación de jerarquía entre colegas.

Por último, en el ámbito tecnológico, los equipos e instrumentos con los que cuenta la empresa pueden tener un impacto positivo o negativo en el trabajador. Si se proporciona un equipo moderno sin una capacitación previa adecuada, el colaborador puede sentirse desorientado al no saber cómo utilizarlo correctamente, lo que a su vez puede afectar su desempeño en otras tareas.

Emoción	Color	Utilización
Generar energía.	Rojo	Utilizado en exceso puede producir agresividad. Es recomendable utilizarlo en áreas grandes y en espacios de trabajo sólo como nota de color. Espacios más adecuados: kitchenettes y gimnasios.
Calma y relajación.	Azul claro	Favorece la comunicación y la distensión. Transmite sensación de objetividad. Potencia la facilidad de palabra. En exceso, puede producir depresión. Espacios más adecuados: consultas médicas y despachos de responsables de recursos humanos. También adecuado para mamparas y elementos de separación en oficinas paisaje.
Armonía, decisión y alivio de estrés.	Verde	El verde es útil cuando existe mal ambiente de trabajo y fricciones entre los trabajadores. Contribuye a la distensión. Pero en exceso puede favorecer la hiperactividad. Espacios más adecuados: áreas de descanso y espacios de negociación

Figura 25: Propiedades de los colores en el ambiente de trabajo

Fuente: Gestión Práctica de Riesgos Laborales – El entorno físico del trabajo (2004)

### 2.3.6 Prueba T - Student

La prueba t de Student, conocida también como Test-T, es un método estadístico utilizado para evaluar hipótesis en estudios de investigación. La prueba sigue una distribución t de Student (ver Figura 26), y su objetivo principal es determinar si se puede rechazar o aceptar la hipótesis nula en una prueba de hipótesis.



Específicamente, la prueba t de Student se utiliza cuando se trabaja con muestras pequeñas y se asume que la población sigue una distribución normal, pero la varianza poblacional es desconocida. Su aplicación se encuentra en pruebas de hipótesis para una muestra, muestras independientes o muestras relacionadas.

En resumen, la prueba t de Student se utiliza como herramienta estadística para tomar decisiones sobre la aceptación o rechazo de hipótesis en diferentes tipos de estudios, y su cálculo varía dependiendo del tipo de prueba y las características de los datos.

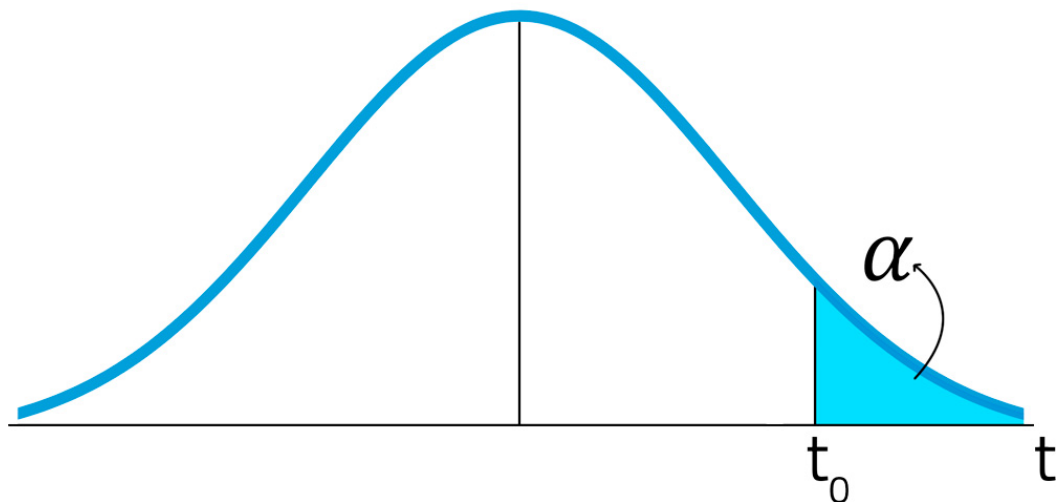


Figura 26: Distribución T-Student

Fuente: Matemóvil (2019)

### 2.3.7 Intervalos de confianza

En el campo de la estadística, el intervalo de confianza es un rango de valores que proporciona una estimación de los posibles valores de un parámetro poblacional con un cierto grado de confianza. Los intervalos de confianza más comunes suelen tener un nivel de confianza del 95% (ver Figura 27) o del 99%. En otras palabras, se puede decir que el valor real del parámetro se encuentra dentro de este intervalo con un nivel de certeza determinado.

El intervalo de confianza es una herramienta utilizada para estimar un rango de valores en el cual es probable que se encuentre un parámetro de la población. Dado que los valores exactos de los parámetros poblacionales son desconocidos, se utiliza una muestra de datos para calcular un intervalo de confianza que proporcione una estimación de dichos parámetros. De esta manera, el intervalo de confianza ofrece una estimación aproximada de los valores verdaderos del parámetro basada en la información de la muestra.



Figura 27: Intervalo de confianza con nivel de confianza de 95%

Fuente: Emaze – Inferencia estadística (2023)

### 2.3.8 Precisión de datos

La precisión de datos se refiere a la exactitud y la calidad de los datos recopilados, procesados y presentados. Es la medida de qué tan cercanos están los datos a los valores reales o verdaderos. Una mayor precisión implica que los datos son más confiables y se acercan más a los valores reales, mientras que una menor precisión indica que los datos pueden contener errores o estar más alejados de los valores verdaderos.

La precisión de datos puede verse afectada por diferentes factores, como errores de medición, errores de entrada, errores de cálculo o problemas en el proceso de recopilación de datos. Para garantizar una mayor precisión, es importante utilizar

métodos y técnicas adecuadas de recolección de datos, verificar y validar los datos, así como mantener un control de calidad en todo el proceso de manejo de datos.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO**

#### **3.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

##### **3.1.1 Descripción técnica del problema**

Dentro de las instalaciones de la empresa de metalmecánica, se encuentra el laboratorio de calidad. En este laboratorio, se cuenta con la máquina de ensayos de tracción Tinius Olsen, la cual dispone de dos lectores analógicos que indican visualmente la carga máxima aplicada a la probeta en libras fuerza.

Uno de los ensayos más frecuentes realizados en la máquina universal de la empresa es el ensayo de tracción. Sin embargo, la escala visual proporcionada por la máquina no resulta conveniente para el personal del laboratorio de calidad. Sería ideal contar con un sistema computarizado que muestre de manera más adecuada los resultados más importantes del ensayo de tracción, agilizando además la redacción de informes técnicos.



Figura 28: Lectores análogo libra-fuerza de la máquina de tracción

Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)

Por lo tanto, se requiere la implementación de un sistema de adquisición de datos capaz de detectar, recibir y procesar las señales provenientes de la máquina de tracción. Este sistema deberá mostrar los resultados de manera numérica y gráfica en una interfaz de usuario, y generar automáticamente un informe sobre los resultados del ensayo de tracción.

### 3.1.2 Propuesta de mejora a la problemática

La propuesta de mejora se basa en la implementación de un sistema de adquisición de datos que requiere la adquisición de los siguientes instrumentos y materiales:

- DAQ USB 6001: Se trata de una tarjeta de adquisición de datos con conexión USB, que permite una comunicación sencilla con computadoras. Cuenta con 8 entradas analógicas y es capaz de recibir señales de voltaje, corriente, temperatura, presión y fuerza.
- Transductor de presión Parker 0-100 bar: Este transductor de presión tiene la capacidad de medir la presión y convertirla en una señal eléctrica.

- Extensómetro LVDT Tinius Olsen: Un extensómetro especialmente diseñado para medir la elongación en probetas mecánicas, capaz de detectar incluso los cambios más pequeños en la longitud de un objeto.
- Fuente Variable DC: Una fuente de alimentación que se encargará de suministrar energía al transductor de presión para su correcto funcionamiento.
- Transformador AC: Este transformador de corriente alterna se utilizará como fuente de alimentación para el extensómetro LVDT, ya que su funcionamiento requiere este tipo de alimentación.
- Computadora de escritorio: Se requerirá una computadora de escritorio cercana a la máquina universal, con capacidad para ejecutar el software LabVIEW.

### **3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Con el objetivo de evaluar la factibilidad de automatizar una máquina de tracción para obtener datos precisos mediante el uso de un DAQ USB 6001, en el siguiente capítulo se realizará una comparación entre los datos obtenidos antes de implementar el proyecto, mediante mediciones realizadas por analistas de laboratorio, y los datos obtenidos después de la instalación del proyecto. Se analizará la variación en el error de medición y se identificarán las discrepancias causadas por mediciones humanas.

Para validar las hipótesis, se utilizarán pruebas de T-Student con intervalos de confianza para los datos de esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo y deformación de la probeta después del ensayo de tracción. Se establecerá un nivel de significancia de 0.05. Si el intervalo de confianza de los datos obtenidos del proyecto se encuentra dentro del rango aceptable según las normas internacionales para ensayos de

tracción, se confirmará la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que implica que los datos se encuentran dentro del rango y son consistentes con los valores especificados por la norma. Los cálculos y pruebas mencionados se realizarán utilizando la herramienta Excel, lo cual facilitará su ejecución y análisis.

Finalmente, al validar las tres pruebas, se podrá concluir que los datos respaldan las hipótesis planteadas y cumplen con los criterios de precisión requeridos.

## **CAPITULO IV**

### **AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE TRACCIÓN PARA LA PRECISIÓN DE DATOS POR MEDIO DE UN DAQ USB 6001**

#### **4.1 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

La tarjeta de adquisición de datos (DAQ) permite la captación de señales eléctricas de diversas variables, como presión, humedad, entre otras. Dispone de entradas y salidas tanto analógicas como digitales, adaptadas a las necesidades de cada aplicación específica. En general, para proyectos que requieren la recepción simultánea de múltiples señales, se emplea un DAQ más compacto y de mayor tamaño, con un costo superior al promedio. Por otro lado, las tarjetas con menos entradas y salidas representan una alternativa más económica para proyectos que manipulan un número reducido de magnitudes físicas, limitando su funcionalidad a 2 o 3 variables.

##### **4.1.1 DAQ USB 6001**

El DAQ USB 6001 es una tarjeta de adquisición de datos fabricada por National Instruments (ver Anexo N° 3), uno de los principales proveedores de DAQ en el mercado. Este dispositivo cuenta con múltiples puertos de entrada y salida,



incluyendo 8 entradas analógicas. Su rango de temperatura de funcionamiento se sitúa entre 0°C y 45°C, y puede ser alimentado a través del cable USB que también facilita la comunicación con la computadora. Con una resolución de 14 bits, el DAQ USB 6001 ofrece una alta precisión en la captura de datos. La figura 29 muestra el aspecto del DAQ USB 6001, con sus puertos de conexión ajustables mediante un tornillo. Al ser un producto de National Instruments, se utiliza principalmente con el software LabVIEW. En caso de necesitar conexiones con otras placas o software, es posible realizarlas a través de LabVIEW (Newark – An Avnet Company, 2023)



*Figura 29: DAQ USB 6001*

*Fuente: Antronic (2022)*

#### **4.1.2 Conexión eléctrica**

Es fundamental asegurar una conexión adecuada para el correcto funcionamiento y procesamiento de datos del DAQ. En aplicaciones industriales, las entradas analógicas son comúnmente utilizadas. En la figura 30 se muestra un ejemplo de las conexiones de un DAQ para adquirir la señal eléctrica de un sensor estándar, así como su conexión a la computadora mediante un cable USB. A diferencia de las señales digitales, las señales analógicas se conectan a uno de los puertos disponibles en la tarjeta. Cada puerto cuenta con dos entradas analógicas. Estas entradas se pueden distinguir mediante los símbolos de signo positivo o negativo que las acompañan. La entrada con signo positivo captura la señal eléctrica,

mientras que la entrada con signo negativo toma un punto de referencia en el circuito conocido como tierra. Esta configuración permite una adquisición precisa de las señales analógicas por parte del DAQ.

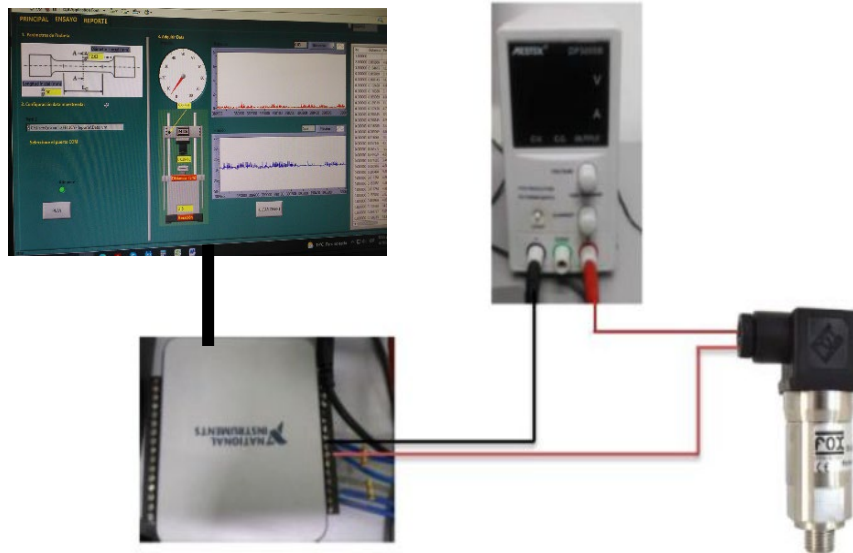


Figura 30: Conexión eléctrica entre el DAQ con CPU y sensores

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 TRANSDUCTOR DE PRESIÓN PARKER

Los transductores de presión fabricados por la empresa Parker Hannifin, conocida como Parker, se especializan en medir la presión y convertirla en una señal eléctrica, ya sea en mA o V. Estos transductores varían en función de la aplicación para la cual serán utilizados. Por ejemplo, existen transductores específicos para aplicaciones en hidrógeno. Otro aspecto importante para considerar es el rango máximo de presión que puede medir cada transductor. Es necesario evaluar las necesidades del proyecto, ya que un transductor con un rango mayor implica un mayor costo. Si las necesidades de presión en el proyecto son menores, la adquisición de un transductor con un rango excesivo no sería una inversión eficiente.

#### 4.2.1 Mini Transductor de presión Parker SCP-100-34-06

La serie de mini transductores de presión de la marca Parker ofrece un diseño compacto y es especialmente adecuada para aplicaciones industriales en las que la presión es un factor crítico para los resultados (ver Anexo N° 2). Estos transductores cuentan con una buena resistencia a las vibraciones y al ruido externo, lo que garantiza la calidad de la señal eléctrica generada. Para convertir la presión en una señal eléctrica, incorporan una galga extensiométrica en su interior, y la señal de salida se encuentra en el rango de 4-20 mA (SCP Mini pressure sensors Catalogue 4083-2/UK Parker, 2022).

La figura 31 muestra el mini transductor de presión SCP de Parker, el cual tiene una forma en L. Los cables de salida para la señal de corriente se conectan en la zona de color negro, mientras que en la zona plateada se realiza la conexión en el lugar donde se desea medir la presión.



*Figura 31: Mini transductor de presión SCP Parker*

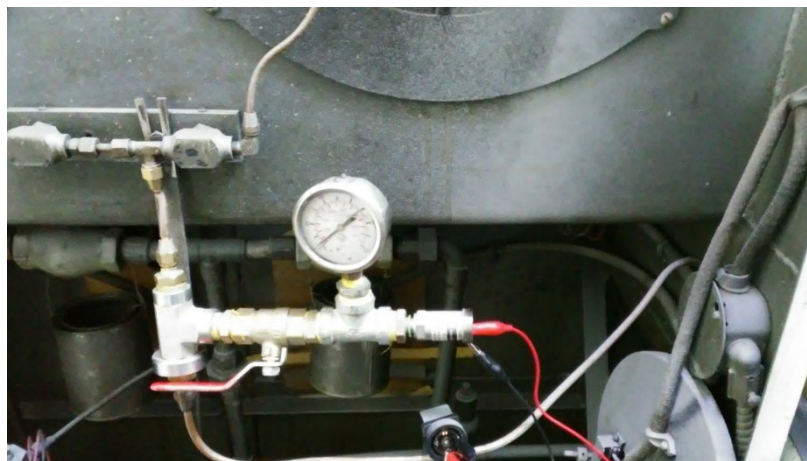
*Fuente: Schilke Hydraulic (2022)*

#### 4.2.2 Acoplamiento en la máquina universal

En el laboratorio de calidad de la empresa metalmecánica, la máquina universal cuenta con un sistema de tubos en la parte posterior a través del cual circula el aceite que permite su funcionamiento. Debido a que la máquina es antigua, el

propio laboratorio de calidad se encargó de su mantenimiento y realizó la sustitución de algunos tubos por otros más nuevos. Además, se añadió un tubo de unión en forma de T para poder monitorizar la presión mediante un manómetro análogo.

Como se muestra en la figura 32, el transductor de presión se ubicará junto al manómetro análogo (ver Anexo N° 4). Esta posición garantizará que el transductor tenga contacto directo con la presión suministrada a los lectores análogos de la máquina universal. Por otro lado, el manómetro análogo previamente instalado por el personal de la empresa se utilizará para supervisar la presión recibida por el mini transductor y verificar que este último no esté dañado.



*Figura 32: Acoplamiento del transductor de presión en la máquina universal*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*

#### **4.2.3 Conexión eléctrica**

La conexión eléctrica del mini transductor de presión SCP se basa en el tipo de enchufe DIN 43650 (ver Anexo N° 8), en la figura 33 se muestra la forma estándar del enchufe y las 4 ranuras que posee.



Figura 33: Estándar DIN 43650

Fuente: DIN 43650 (2023)

Así mismo, en la tabla 3 se especifica el orden de conexión de cada ranura según el fabricante para el modelo SCP-100-34-06.

Tabla 3: Conexión de pines para el mini transductor SCP-100-34-06

Pin	4-20 mA
1	Señal de presión
2	No conectar
3	Alimentación
GND	No conectar

Fuente: ElectroStudio – Catálogo Parker (2022)

Es importante destacar que el esquema de conexión mencionado también se aplica a los mini transductores de la misma serie, pero con diferentes rangos máximos de presión, como los modelos 060, 160, 250, 400 o 600. Además, el modelo SCP-100-34-06 tiene la particularidad de requerir solo la conexión de 2 de sus ranuras, a diferencia de la mayoría de los modelos de Parker que emplean 3 ranuras. Esta diferencia se debe a que este modelo en particular tiene 2 núcleos, mientras que los demás tienen 3 núcleos. Esto se refiere a un diseño de fabricación que busca minimizar el número de conexiones físicas en aplicaciones industriales.

En cuanto a las conexiones del mini transductor de presión con el DAQ USB 6001, es importante tener en cuenta que la señal de salida del SCP-100-34-06 es una señal de corriente de 4-20 mA. Por lo tanto, se debe realizar una conexión en un lazo de corriente de 4-20 mA. La figura 34 muestra un diagrama pictórico que ilustra las conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del sensor de presión.

En el diagrama pictórico se muestran el DAQ, el mini transductor de presión y la fuente de alimentación variable DC (ver Anexo N° 6). Como se mencionó anteriormente, el transductor de presión se conecta mediante 2 de sus 4 ranuras. La primera conexión corresponde a la señal eléctrica de corriente resultante de la conversión de la presión medida, y la segunda conexión se realiza con el terminal positivo de la fuente de alimentación que suministra energía al sensor. La última conexión se establece entre el terminal negativo de la fuente de alimentación y el DAQ, para que este último tome esta referencia. Finalmente, se regula el paso de corriente entre los valores de 4-20 mA mediante una resistencia conectada entre las 2 entradas analógicas utilizadas en el DAQ.

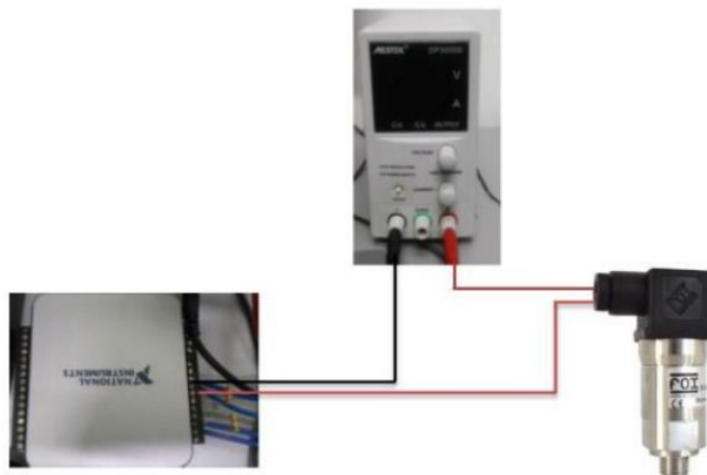


Figura 34: Diagrama pictórico de conexión del transductor de presión

Fuente: Elaboración propia

### **4.3 EXTENSÓMETRO LVDT TINIUS OLSEN**

Un extensómetro comercial se utiliza para medir la elongación o alargamiento experimentado por un material durante un determinado período de tiempo. La forma en que este dispositivo transforma dicha medición en una señal eléctrica puede variar según el modelo y la marca. En el caso específico del extensómetro LVDT de Tinius Olsen, este funciona como un transductor de desplazamiento. Consiste en un cilindro enroscado con espiras de una bobina, que generan un diferencial de potencial al moverse debido a la elongación del material (ver Anexo N° 5).

El extensómetro LVDT de Tinius Olsen está especialmente diseñado para detectar alargamientos en probetas mecánicas durante ensayos mecánicos, lo cual lo convierte en una opción ideal para el proyecto de automatización. Requiere una fuente de alimentación de corriente variable debido a su principio de funcionamiento basado en un LVDT. Este dispositivo puede detectar cambios de posición en la probeta en el rango de milímetros y alcanzar un rango máximo de hasta 15 centímetros.

#### **4.3.1 Acoplamiento en la máquina universal**

La figura 35 ilustra el ajuste del extensómetro a la probeta mecánica utilizando las pequeñas cuchillas del instrumento. Este método de sujeción se emplea debido al tipo de probetas utilizadas en el laboratorio de calidad de la empresa metalmecánica. El extensómetro se coloca en los extremos de la probeta, asegurando un ajuste adecuado. Es importante tener en cuenta la apertura inicial del extensómetro, que en este caso es de 9.5 mm, ya que se considerará durante el procesamiento de datos en la interfaz. Una vez que el extensómetro está correctamente instalado en la probeta, esta se coloca en la zona de agarre de la máquina universal, donde está lista para someterse al ensayo de tracción.

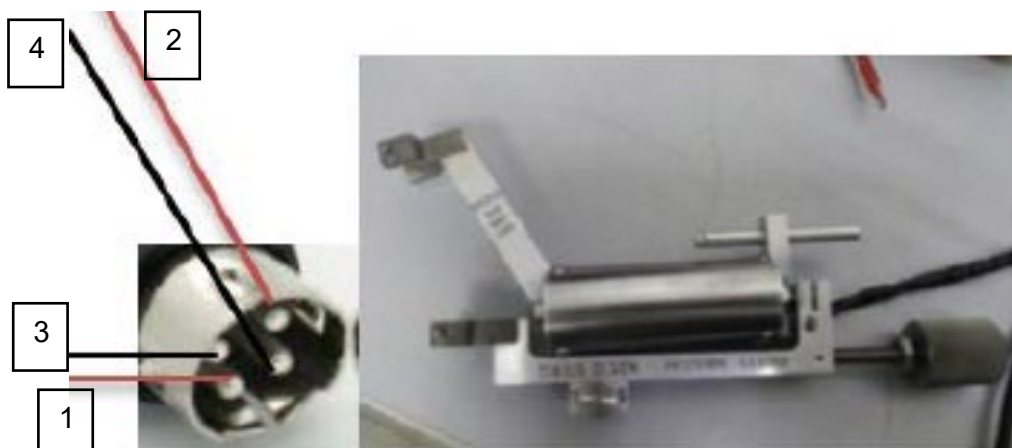


Figura 35: Acople del extensómetro LVDT junto con la probeta en la máquina universal

Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)

#### 4.3.2 Conexión eléctrica

El extensómetro LVDT está equipado con 4 pines de conexión que corresponden a los terminales de las 3 bobinas internas. Los pines 1 y 3 se relacionan con la primera bobina, mientras que los pines 2 y 4 están asociados a las otras 2 bobinas conectadas. En la figura 36 se ilustran los 4 pines, los cuales deben ser conectados en el orden correcto. Si se realiza una conexión incorrecta, no se generará ninguna señal.

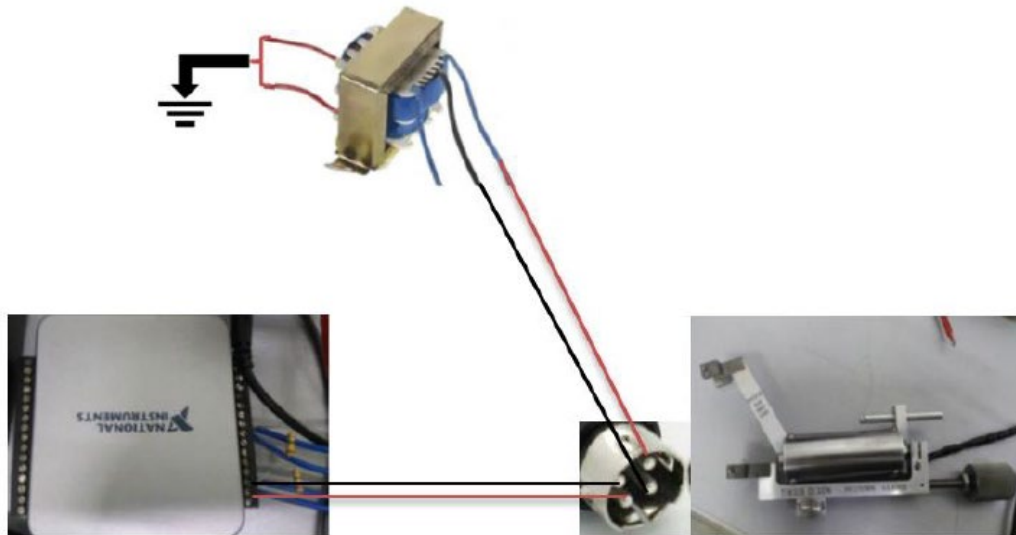




*Figura 36: Conexión eléctrica del extensómetro LVDT*

*Fuente: Elaboración propia*

Para asegurar su correcto funcionamiento, el extensómetro debe conectarse al transformador de corriente alterna de 12 V mediante los pines 1 y 3 o 2 y 4, evitando las combinaciones 2 y 3 o 1 y 4 (ver Anexo N° 7). Además, debe conectarse a las entradas analógicas del DAQ utilizando el par de pines que no se utilizaron para la alimentación. En la figura 37 se muestra un diagrama pictórico que ilustra la conexión del extensómetro con el transformador y el DAQ.



*Figura 37: Diagrama pictórico de conexión del extensómetro LVDT*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.4 INTERFAZ EN LABVIEW**

La interfaz diseñada y programada en LabVIEW presenta tres pestañas principales que permiten visualizar el logo de la empresa, una imagen ilustrativa del ensayo de tracción a realizar y otros aspectos relacionados.

#### 4.4.1 Presentación

La pestaña de presentación, representada en la figura 38, corresponde a la página inicial de la interfaz. En esta pestaña se muestra el logo de la empresa metalmecánica, junto con imágenes relacionadas con el ensayo de tracción y una gráfica que representa el comportamiento esperado del esfuerzo-deformación.



Figura 38: Pestaña principal de la interfaz en LabVIEW

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Pestaña ensayo y programación

La pestaña siguiente se refiere al ensayo de tracción, donde se ingresan los datos de la probeta mecánica y se generan las curvas de elongación y fuerza de manera independiente. También se incluyen botones para controlar el inicio y finalización de la toma de datos, así como una tabla en el lateral derecho que muestra los valores de elongación y fuerza. La figura 39 ilustra la apariencia de la pestaña de ensayos.

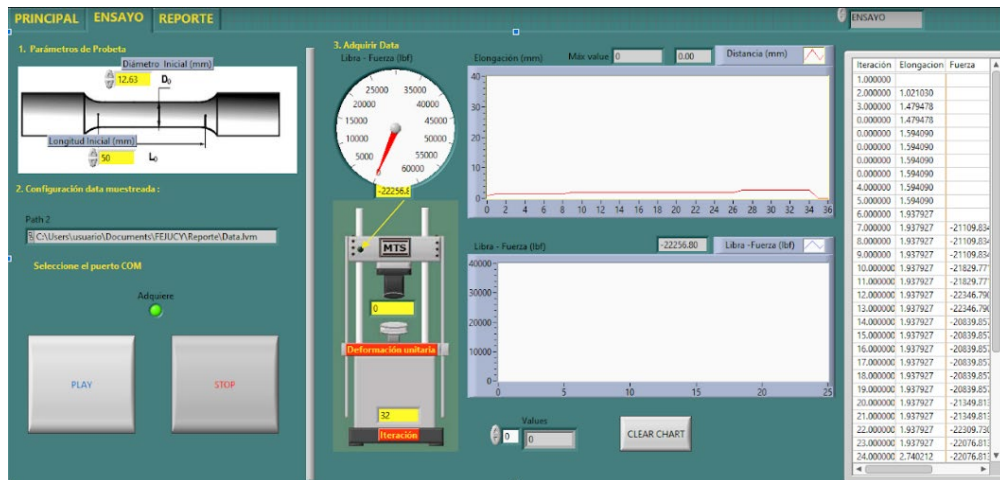


Figura 39: Pestaña de ensayo en la interfaz de LabVIEW

Fuente: Elaboración propia

En relación con la programación, la figura 40 muestra cómo es posible adquirir simultáneamente las señales de corriente y voltaje mediante la conexión de un DAQmx para cada una. Posteriormente, se sincronizan en muestras continuas y se inicia la captura de datos. Para lograr esto, se implementa un ciclo en el cual se realizan todas las operaciones necesarias para transformar las señales eléctricas en magnitudes físicas.

Además, la figura 41 proporciona una visión general de la programación en bloques para el procesamiento de la señal adquirida. Ambas señales ingresan al sistema y se separan para su procesamiento individual. Finalmente, se combinan nuevamente para construir la tabla de datos que se muestra en la figura 39.

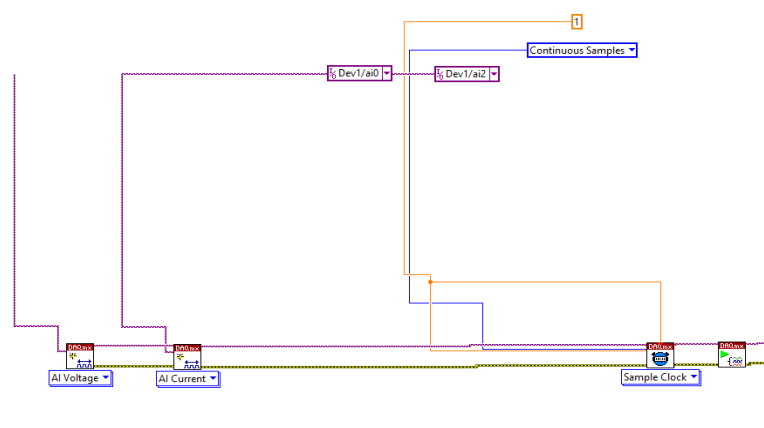


Figura 40: Recopilación simultánea de señales de corriente y voltaje en LabVIEW

Fuente: Elaboración propia

La señal de voltaje proveniente del extensómetro se procesa mediante una conversión directa de voltaje (V) a distancia (mm). Para realizar esta conversión, se utilizaron datos empíricos que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Datos empíricos del extensómetro LVDT

Iteración	Datos	
	Distancia (mm)	Voltaje (V)
1	47.15	0.026
2	102	1.258

Fuente: Elaboración propia

La distancia inicial corresponde a la separación natural entre los extremos del instrumento utilizado. A partir de los datos de la tabla 4 se obtiene la ecuación 5, donde la variable  $y$  representa el voltaje (V) y  $x$  representa la distancia (mm).

$$\left[ \frac{y - 0.026}{1.258 - 0.026} \right] * (102 - 47.15) = x \quad (5)$$

Finalmente, después de obtener el resultado de la distancia, se inicia un ciclo en el cual todos los datos de la señal son procesados y el resultado final es el promedio de dicha señal. Se asegura que este promedio no sea menor que el valor anterior en ningún momento. Este proceso se lleva a cabo para contrarrestar la naturaleza sinusoidal de la curva. Dado que el instrumento es alimentado por una fuente de corriente variable, la señal de voltaje también varía en consecuencia.

Por otro lado, para la señal de corriente proveniente del mini transductor de presión, fue necesario realizar una operación utilizando una regla de tres basada en los valores experimentales de la tabla 5. Estos valores indican la relación entre la presión y la corriente en los rangos mínimo y máximo del mini transductor de presión.

Tabla 5: Datos empíricos del transductor de presión

Iteración	Datos	
	Presión (bar)	Corriente (mA)
1	4.826	3.85
2	100	20

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que el valor mínimo de presión medido no es 0, sino 4.826 bar, debido a la sensibilidad mínima del mini transductor. Utilizando los datos de la tabla 5, se obtuvo la ecuación 6, que fue implementada en la programación en LabVIEW. En esta ecuación, "y" representa la corriente (A) y "x" representa la presión (bar).

$$\left[ \frac{y - 0.00385}{0.02 - 0.00385} \right] * (100 - 4.826) = x \quad (6)$$

No obstante, es importante tener en cuenta que la presión calculada se refiere a la presión dentro de los tubos que se dirigen al indicador análogo de la máquina universal. Este indicador mide la fuerza a través de un manómetro de Bourdon, donde desemboca la presión calculada. Para realizar la conversión precisa entre presión (bar) y fuerza (lbf), se utilizaron datos empíricos que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Datos empíricos de presión y fuerza

Iteración	Datos	
	Presión (bar)	Fuerza (lbf)
1	5.0568	0
2	15	9800
3	21.35	16050
4	36.74	31200
5	45.678	40000

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos anteriores, se obtuvo la ecuación 7, en donde  $x$  es presión (bar) y  $y$  es fuerza (lbf).

$$984.7 * x - 4979.4 = y \quad (7)$$

Una vez obtenido el valor de la fuerza, este pasa por un filtro que evita la fluctuación de la señal y mantiene la continuidad en la gráfica. Posteriormente, se muestra el valor convertido en la gráfica y tabla correspondientes en la pestaña de ensayos.

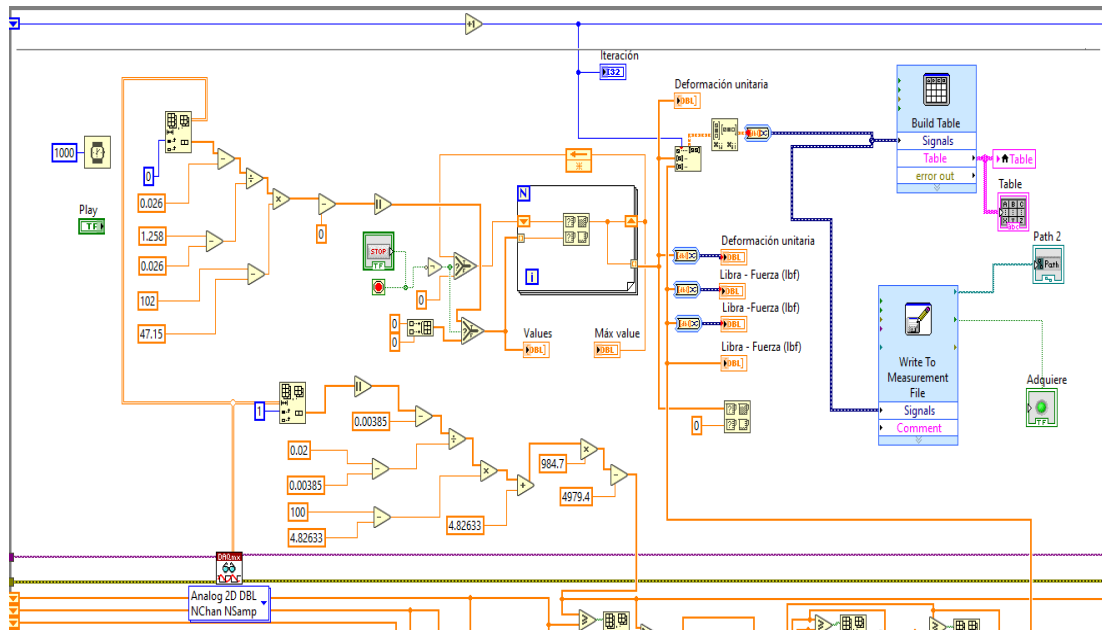


Figura 41: Procesamiento de datos individualmente en LabVIEW

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3 Pestaña reporte y programación

Una vez finalizado el ensayo de tracción, se procede a la pestaña de reporte, que cuenta con tres subpestañas: datos de usuarios, datos de probeta y esfuerzos. En la figura 42 se muestra la subpestaña de datos de probeta, donde se deben ingresar la longitud, el diámetro final de la probeta y el tipo de material utilizado. La longitud final de la probeta será calculada por el programa de LabVIEW, y el diámetro final es necesario para realizar los cálculos de esfuerzo basados en la presión obtenida.

Por último, se hace clic en el botón de reporte y el programa redirige a una plantilla en Excel, donde se presentan los valores de esfuerzo, fuerza, elongación y la gráfica de esfuerzo-deformación, listos para ser impresos.

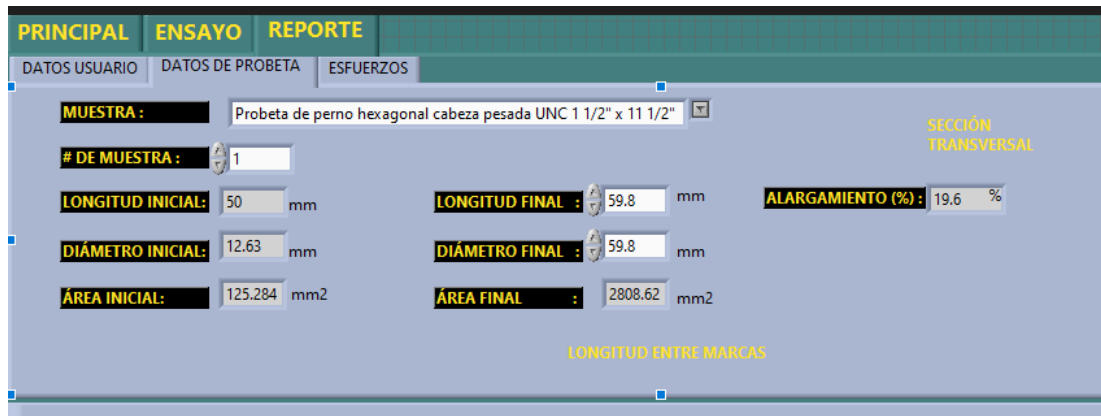


Figura 42: Pestaña de datos de la probeta en LabVIEW

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la programación, en la figura 43 se muestra cómo se tomaron todos los valores calculados en la pestaña de ensayo y se asociaron a un cuadro de reporte, que sirve como referencia para la plantilla en Excel.

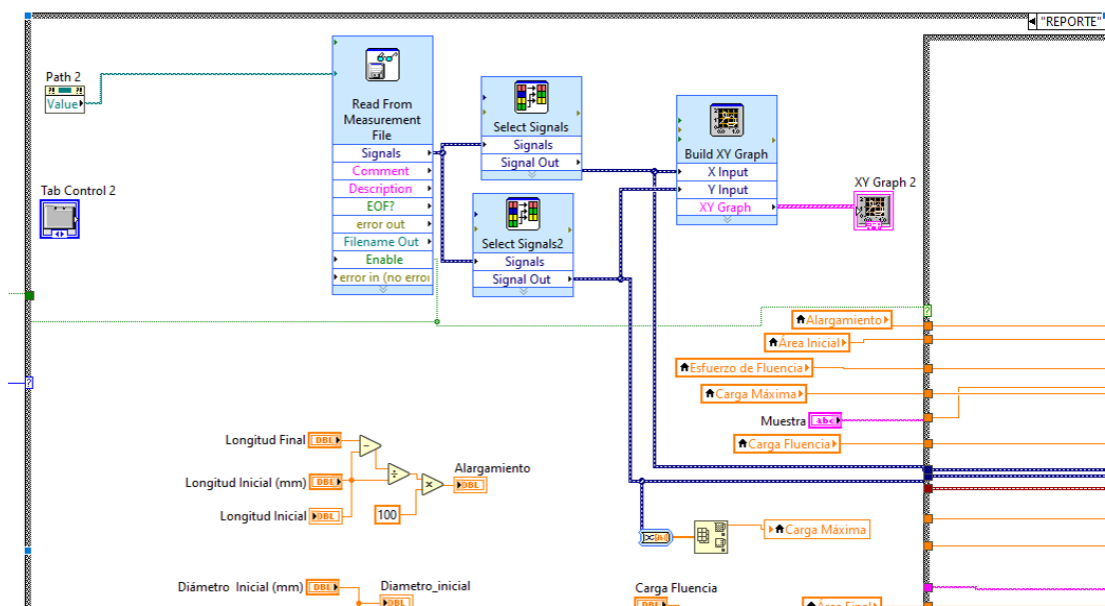


Figura 43: Asociación de datos entre LabVIEW y Excel

Fuente: Elaboración propia

## 4.5 PRUEBA EN EL SISTEMA AUTOMATIZADO

Una vez implementado y programado el sistema automatizado en la máquina universal, se procederá a realizar un ensayo de tracción en el material de acero A36 con el fin de verificar y comprobar sus resultados.

### 4.5.1 Medición de la probeta y registro de parámetros en LabVIEW

Antes de iniciar el ensayo de tracción en la probeta mecánica de acero A36, es necesario marcar los puntos de referencia en la muestra y registrar el diámetro y la longitud iniciales en la interfaz de LabVIEW. Como se muestra en la figura 44, la probeta ha sido cuidadosamente medida y colocada en el extensómetro LVDT, asegurándose de que se encuentre dentro del rango de medición adecuado.



*Figura 44: Probeta mecánica acoplada al extensómetro LVDT*

*Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)*

### 4.5.2 Ajuste de extensómetro y acoplamiento en máquina

Como se puede apreciar en la figura 45, se procede a ajustar las cuchillas del extensómetro LVDT en los extremos de la probeta mecánica, asegurando un acoplamiento adecuado. Posteriormente, se coloca la probeta en las mordazas de la máquina de tracción, garantizando un agarre firme y seguro.





Figura 45: Probeta y extensómetro acoplado en la máquina universal

Fuente: Laboratorio de calidad - Empresa metalmecánica (2021)

#### 4.5.3 Ensayo de tracción y generación del reporte en Excel

Una vez que la probeta ha sido ajustada en la máquina y el software está preparado para su ejecución, se procede a presionar el botón de encendido para que la máquina comience el ensayo de tracción. Tanto la máquina como la ejecución de la interfaz en LabVIEW deben detenerse cuando la probeta se rompa. Al finalizar el ensayo de tracción y completar los datos finales, se genera automáticamente un informe en Excel del material acero A36. En las figuras siguientes se muestra un ejemplo de la hoja de resultados en Excel.

#### RESULTADOS

MUESTRA		1
SECCIÓN TRANSVERSAL	ÁREA INICIAL (mm <sup>2</sup> )	123.505
	ÁREA FINAL (mm <sup>2</sup> )	41.282
CARGAS (lbf)	FLUENCIA	9600
	MÁXIMA	14819.991
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	345.754
	MÁXIMA	533.758
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		50
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		65.58
ALARGAMIENTO (%)		31.16
TIEMPO DE DURACIÓN DEL ENSAYO (s)		34

Figura 46: Tabla de resultados autogenerados en Excel

Fuente: Elaboración propia

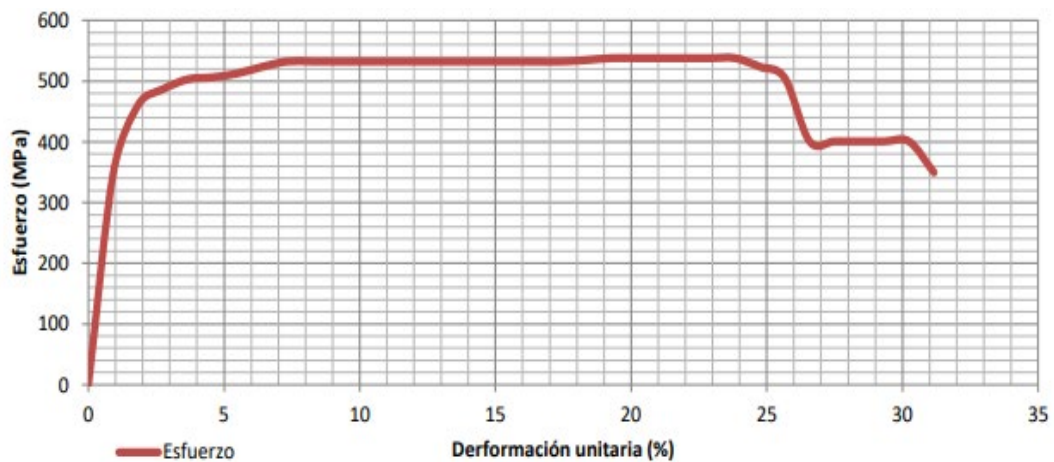


Figura 47: Gráfica Esfuerzo - Deformación autogenerada en Excel

Fuente: Elaboración propia

## 4.6 PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.6.1 Datos sin proyecto

A continuación se muestra una tabla que contiene datos recopilados de 10 ensayos de tracción realizados previamente sobre acero A36. Los datos registrados incluyen el esfuerzo de fluencia, el esfuerzo máximo y la deformación de la probeta.

Tabla 7: Datos de ensayos de tracción previo al proyecto

# Prueba	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)
1	349.21	530.2	31
2	331.1	502.11	20.5
3	328.22	528.46	23
4	350.07	515.8	30.8
5	314.91	538.27	27.02
6	340.5	515.23	31.1
7	330.9	515.74	27
8	310.71	534.2	21.9

<b>9</b>	307.05	511.68	28.4
<b>10</b>	326.18	520.3	25.76

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.6.2 Datos con proyecto**

A continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos de 10 ensayos de tracción realizados en el marco del proyecto, utilizando acero A36. La tabla muestra los valores correspondientes el esfuerzo de fluencia, el esfuerzo máximo y la deformación registrada.

*Tabla 8: Datos de ensayos de tracción con proyecto*

<b># Prueba</b>	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Deformación (%)</b>
<b>1</b>	345.754	533.758	31.16
<b>2</b>	331.891	500.753	20.295
<b>3</b>	327.119	530.14	23.139
<b>4</b>	349.647	517.823	31.272
<b>5</b>	314.086	538.823	27.144
<b>6</b>	338.69	517.107	31.811
<b>7</b>	331.885	516.871	27.388
<b>8</b>	309.206	536.191	21.428
<b>9</b>	304.488	514.597	28.782
<b>10</b>	325.421	521.062	25.468

*Fuente: Elaboración propia*

### 4.6.3 Comparación de datos

A partir de los datos obtenidos con y sin proyecto implementado, se puede obtener la siguiente información respecto a la media y desviación estándar de cada variable.

*Tabla 9: Media y desviación estándar de los datos sin proyecto*

	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Deformación (%)</b>
<b>Media</b>	328.885	521.199	26.648
<b>Desviación Estándar</b>	14.966	11.277	3.855

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 10: Media y desviación estándar de los datos con proyecto*

	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Deformación (%)</b>
<b>Media</b>	327.819	522.713	26.789
<b>Desviación Estándar</b>	15.037	11.826	4.148

*Fuente: Elaboración propia*

Según la norma ASTM A 36/A 36M – 05 para ensayos de tracción en acero A36, se establecen los siguientes criterios de cumplimiento:

- El esfuerzo de fluencia mínimo debe ser de 250 MPa.
- El esfuerzo máximo debe estar dentro del rango de 400 a 550 MPa.
- La deformación mínima debe ser del 20%.

Estos rangos son utilizados como base para plantear las hipótesis que serán posteriormente evaluadas mediante pruebas T-Student, con el objetivo de corroborar las afirmaciones de este estudio.

Al analizar los datos y las estadísticas de las tablas 9 y 10, se puede observar que los datos obtenidos con el proyecto implementado muestran un mayor grado de precisión debido a que han sido calculados por el programa. Por otro lado, en el caso

de los esfuerzos, los analistas del laboratorio solían realizar las mediciones de forma visual, lo que puede introducir ciertos errores en los resultados. En cuanto a la deformación, los valores son similares entre ambos conjuntos de datos, ya que los analistas empleaban un pie de rey para realizar las mediciones. A continuación se presenta un análisis de la variación entre los dos conjuntos de datos.

*Tabla 11: Diferencia entre datos con y sin proyecto*

<b># Prueba</b>	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Deformación (%)</b>
<b>1</b>	3.456	3.558	0.16
<b>2</b>	0.791	1.357	0.205
<b>3</b>	1.101	1.68	0.139
<b>4</b>	0.423	2.023	0.472
<b>5</b>	0.824	0.553	0.124
<b>6</b>	1.81	1.877	0.711
<b>7</b>	0.985	1.131	0.388
<b>8</b>	1.504	1.991	0.472
<b>9</b>	2.562	2.917	0.382
<b>10</b>	0.759	0.762	0.292

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.6.4 Prueba T – Student en el esfuerzo de fluencia**

Para abordar este caso, se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula (H0): Los valores de la muestra son iguales o menores que 250 MPa.

- Hipótesis alternativa (H1): Los valores de la muestra son mayores que 250 MPa.

La muestra utilizada corresponde a la columna de esfuerzo de fluencia con el proyecto implementado, extraída de la tabla 8. Se calcula la media y la desviación estándar correspondientes a esta muestra, utilizando los datos de la tabla 10. Dado que la muestra consta de 10 datos, se considera un total de 9 grados de libertad.

A continuación, se calcula el valor crítico de la prueba t teniendo en cuenta la tabla de distribución T-Student (ver Anexo N° 11), y se establece un nivel de significancia de 0.05.

$$t_{\alpha} = 1.8331$$

Habiendo calculado el valor crítico, se pasa a calcular el valor de la prueba t, para esto, se emplea la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (8)$$

Donde  $\bar{x}$  es la media de la muestra,  $\mu$  es el valor de la norma (en este caso 250 MPa);  $s$ , la desviación estándar; y  $n$ , el número de muestra. Al calcular el valor de la prueba t utilizando estos datos, se podrá determinar si los valores de la muestra son significativamente mayores a 250 MPa. Luego de reemplazar los datos en la ecuación, se obtiene:

$$t = 16.365$$

Al realizar la comparación entre el valor de la prueba y el valor crítico, se observa que el valor de la prueba es notablemente mayor que el valor crítico. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1). Esto

indica que los valores del esfuerzo de fluencia son significativamente mayores que el valor mínimo de 250 MPa establecido por la norma.

#### 4.6.5 Prueba T – Student en el esfuerzo máximo

Como fue explicado anteriormente, el esfuerzo máximo debe de estar dentro del rango de 400 – 550 MPa para cumplir con la norma. Además, teniendo en cuenta que esto se trata de un intervalo, se plantearán las hipótesis:

- Hipótesis nula (H0): La media de los datos es igual a 475 MPa (valor medio dentro del rango permitido).
- Hipótesis alternativa (H1): La media de los datos no es igual al valor específico.

La muestra utilizada corresponde a la columna del esfuerzo máximo con el proyecto implementado, extraída de la tabla 8. Se calcula la media y la desviación estándar correspondientes a esta muestra, utilizando los datos de la tabla 10. Dado que la muestra consta de 10 datos, se considera un total de 9 grados de libertad.

A continuación, se calcula el valor crítico de la prueba t teniendo en cuenta la tabla de distribución T-Student (ver Anexo N° 11), y se establece un nivel de significancia de 0.05. Debido a que, se evaluará un intervalo se considera el valor siguiente:

- $t_{\alpha/2} = 2.2622$

Ahora, para calcular el intervalo de confianza se reemplaza el valor crítico;  $\bar{x}$ , la media de la muestra; y  $s$ , la desviación estándar de la muestra, en la ecuación 9.

$$\bar{x} \pm (t_{\alpha/2}) * (s) \quad (9)$$

Como resultado el intervalo de confianza será el siguiente:

$$[497.2022; 548.22]$$

Al comparar el intervalo obtenido previamente con el intervalo de 400-550 MPa, se concluye que el primero está completamente contenido dentro del segundo. Por lo tanto, se confirma la hipótesis nula (H0), que establece que no hay diferencia significativa entre la media de los datos y el rango de 400-550 MPa.

#### 4.6.6 Prueba T – Student en la deformación de la probeta

Para abordar este caso, se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula (H0): Los valores de la muestra son iguales o menores que 20%.
- Hipótesis alternativa (H1): Los valores de la muestra son mayores que 20%.

La muestra utilizada corresponde a la columna de la deformación con el proyecto implementado, extraída de la tabla 8. Se calcula la media y la desviación estándar correspondientes a esta muestra, utilizando los datos de la tabla 10. Dado que la muestra consta de 10 datos, se considera un total de 9 grados de libertad.

A continuación, se calcula el valor crítico de la prueba t teniendo en cuenta la tabla de distribución T-Student (ver Anexo N° 11), y se establece un nivel de significancia de 0.05.

$$t_{\alpha} = 1.8331$$

Habiendo calculado el valor crítico, se pasa a calcular el valor de la prueba t, para esto, se emplea la ecuación 9.

Donde  $\bar{x}$  es la media de la muestra,  $\mu$  es el valor de la norma (en este caso 20%);  $s$ , la desviación estándar; y  $n$ , el número de muestra. Al calcular



el valor de la prueba  $t$  utilizando estos datos, se podrá determinar si los valores de la muestra son significativamente mayores al 20% de deformación. Luego de reemplazar los datos en la ecuación, se obtiene:

$$t = 5.1757$$

Al realizar la comparación entre el valor de la prueba y el valor crítico, se observa que el valor de la prueba es notablemente mayor que el valor crítico. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto indica que los valores de deformación son significativamente mayores que el valor mínimo de 20% establecido por la norma.

#### **4.6.7 Discusión de resultados**

Luego de realizar las pruebas T-Student y corroborar las siguientes hipótesis:

- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Los valores de la muestra son mayores que 250 MPa (para el esfuerzo de fluencia).
- Hipótesis nula ( $H_0$ ): La media de los datos es igual a 475 MPa y se encuentra dentro del rango 400 – 550 MPa (para el esfuerzo máximo).
- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Los valores de la muestra son mayores que 20% (para la deformación).

Esto evidencia que los datos obtenidos del ensayo de tracción con la implementación del proyecto cumplen con los parámetros establecidos por la norma ASTM A 36/A 36M - 05. Esto confirma la hipótesis principal y secundaria acerca de la factibilidad de la automatización para la precisión en los datos del ensayo de tracción.

## CAPÍTULO V

### ESTRUCTURA DE COSTOS

#### 5.1 COSTOS DE RECURSOS MATERIALES

Los costos de los recursos materiales se visualizan en la tabla 12.

*Tabla 12: Costo de recursos materiales*

Número	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
1	DAQ USB 6001	1	300.00	300.00
2	Mini transductor de presión Parker	1	300.00	300.00
3	Manómetro análogo (0 – 100bar)	1	100.00	100.00
4	Extensómetro LVDT Tinius Olsen	1	600.00	600.00
5	Cables de conexión	10 m	0.50	5.00
6	Fuente de voltaje DC 30V – 3A	1	120.00	120.00
7	Transformador 12VAC – 1A	1	10.00	10.00
8	Licencia LabVIEW	1	1,664.00	1,664.00
<b>TOTAL</b>				<b>3,099.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.2 COSTO DE MANTENIMIENTO Y PRUEBAS

En la tabla 13 se presentan los costos anuales de mantenimiento, los cuales están destinados principalmente a reparar soldaduras, reemplazar resistencias y aceite, con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

*Tabla 13: Costo de mantenimiento y pruebas*

Número	Descripción	Precio estimado (USD)
1	Mantenimiento anual	50.00
2	Instalación de equipos	50.00
3	Materiales de pruebas	500.00
TOTAL		600.00

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.3 COSTO INGENIERIL

El desglose de los costos asociados al conocimiento de ingeniería se encuentra especificado en la tabla 14, tomando como referencia un costo mensual.

*Tabla 14: Costo de conocimientos de ingeniería*

Número	Descripción	Cantidad (meses)	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Conocimiento de ingeniería	5	285.00	1,425.00
TOTAL				1,425.00

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto es la sumatoria de los costos anteriores, el cual es detallado en la tabla 15.

*Tabla 15: Costo de total del proyecto*

Número	Descripción	Costo Total (USD)
1	Recursos de materiales	3,099.00
2	Mantenimiento	600.00
3	Conocimientos de ingeniería	1,425.00
TOTAL		5,124.00

*Fuente: Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

1. Se determina que la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos utilizando un DAQ USB 6001 es factible. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el sistema de adquisición de datos proporciona mediciones precisas, cumpliendo con los estándares establecidos por las normas internacionales para ensayos de tracción dentro de un intervalo de confianza con nivel de significancia de 0.05.
2. Se concluye que la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo mediante un DAQ USB 6001 es factible.
3. Se concluye que la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación mediante un DAQ USB 6001 es factible.
4. Se verificó que los valores de esfuerzo máximo y esfuerzo de fluencia obtenidos mediante el ensayo de tracción con el DAQ cumplen con los rangos aceptables establecidos por las normas internacionales para ensayos de tracción.
5. Se demostró que el DAQ USB 6001 permite adquirir y procesar simultáneamente las señales de presión y deformación obtenidas durante el ensayo de tracción.

## RECOMENDACIONES

1. Aunque los valores de tensión utilizados no sean altos, es crucial cumplir con las normas de seguridad debido a la presencia de un transformador eléctrico en el proceso.
2. Antes de su primer uso, es recomendable revisar los instrumentos para identificar posibles problemas de fábrica, en caso de que existan.
3. Los programas de ingeniería modernos, como Matlab y LabVIEW, ofrecen recursos de apoyo, como foros de ayuda, que pueden ayudar a resolver dudas específicas durante el desarrollo de un proyecto.
4. Antes de iniciar un proyecto, es fundamental planificar adecuadamente el espacio necesario para su ejecución dentro del lugar de trabajo, evitando así posibles inconvenientes en el desplazamiento de los trabajadores en el futuro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Acondicionador de señales - Logicbus S.A de C.V.* (s. f.). Logicbus S.A. de C.V.

Recuperado 15 de enero de 2023, de

<https://www.logicbus.com.mx/acondicionador-de-senales.php>

*Adquisición de datos.* (2021, 22 marzo). Wikipedia, la enciclopedia libre.

Recuperado 15 de enero de 2023, de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n\\_de\\_datos](https://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos)

*Adquisición de Datos (DAQ) | Dataforth.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de

<https://www.dataforth.com/es-ES/data-acquisition.aspx>

*AméricaEconomía.* (s. f.). Recuperado 3 de mayo de 2022, de

<https://www.americaeconomia.com/articulos/notas/gestion-del-espacio-de-trabajo-mejora-la-productividad-de-los-empleados>

Arias, E. R. (2022a, noviembre 24). *Factibilidad operativa.* Economipedia.

Recuperado 3 de mayo de 2022, de

<https://economipedia.com/definiciones/factibilidad-operativa.html>

Arias, E. R. (2022b, noviembre 24). *Factibilidad técnica.* Economipedia. Recuperado

3 de mayo de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/factibilidad-tecnica.html>

*ASTM A370/ ASME SA-370.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de

<http://www.metalspiping.com/astm-a370-asme-sa-370.html>

ASTM International. (s. f.-a). ASTM A370 / ASME SA-370. En *Metals Piping* (PA

19428-2959). Recuperado 2 de mayo de 2022, de

<http://www.metalspiping.com/wp-content/uploads/2017/12/astm-a370-asme-sa-370.pdf>

ASTM International. (s. f.-b). *Norma DIN EN E8/ E8M – 09*. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://es.scribd.com/document/374665903/E8-E8M-09-Traccion-Metales-Espanol>

ASTM-A370. (2022, 25 noviembre). Safe Load Testing Technologies. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.safeloadtesting.com/es/astm-a370-todo-lo-que-necesitas-saber/>

A 36/A 36 M - 05. (s. f.). Dickey steel. Recuperado 7 de julio de 2023, de <http://dickeysteel.com/images/A36.pdf>

Bauer, W., & Westfall, G. D. (2014). *Física para ingeniería y ciencias: Volumen 1* (1.a ed., Vol. 1) [Impreso]. McGraw-Hill Education.

Brajovic, F. (2022, 27 abril). *Máquina Universal de Ensayo: ¿Qué es y para qué sirve?* Cromtek. Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://www.cromtek.cl/2020/10/29/maquina-universal-de-ensayo-que-es-y-para-que-sirve/>

Brenda, S. G. (2021b, mayo 11). *La innovación y la adopción de las tecnologías de la información y comunicación: el caso de las empresas de manufactura en Perú*. Recuperado 10 de junio de 2023, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4931>

*Canal de Adquisición de Datos de Dispositivo de Control Industrial*. (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de [https://spanish.alibaba.com/product-detail/12-canal-de-adquisici%C3%B3n-de-datos-300019186290.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_title.527d4f06Bax55n](https://spanish.alibaba.com/product-detail/12-canal-de-adquisici%C3%B3n-de-datos-300019186290.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.527d4f06Bax55n)

*Características mecánicas del acero*. (s. f.). Recuperado 10 de junio de 2023, de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

*Categoría.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/accessories/power-accessories-category.html>

*Categoría Cables.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/accessories/cables-category.html>

*Categoría Conectores.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/accessories/connectors-category.html>

*Categoría Sensores.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/accessories/sensors-category.html>

*Category Hardware.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/hardware/multifunction-io-category.html>

*¿Cómo analizar la viabilidad y factibilidad en el Design Thinking? | Conexión ESAN.*

(s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-analizar-la-viabilidad-y-factibilidad-en-el-design-thinking>

CONTROL PARA LA INDUSTRIA S.A. (2019, 26 agosto). *¿Por qué 4–20 mA?* CPI. Recuperado 30 de abril de 2022, de <https://www.cpi.com.ar/notas/por-que-4-20-ma/>

Deingenierias.com. (2022, 11 abril). *Diagrama esfuerzo deformación.* Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://deingenierias.com/el-acero/diagrama-esfuerzo-deformacion/>

*Diagrama Esfuerzo – Deformación Unitaria.* (2020, 19 agosto). Academia Hooke. Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://academiahooke.com/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria/>

*Diagrama pictórico.* (2020a, diciembre 26). Diagramaweb.com. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://diagramaweb.com/pictorico/>



*Diagrama pictórico.* (2020b, diciembre 26). Diagramaweb.com. Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://diagramaweb.com/pictorico/>

*DIN EN ISO 6892-1, ASTM E 8 - Ensayo de tracción en metales a temperatura ambiente.* (2017, febrero). Zwick Roell. Recuperado 29 de abril de 2022, de <https://www.zwickroell.com/es/sectores/metales/normas-para-metales/ensayo-de-traccion-en-iso-6892-1/#:~:text=La%20norma%20DIN%20EN%20ISO,y%20define%20las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas.>

DIN 43650. (s. f.). Amazonaws. Recuperado 7 de julio de 2023, de <https://eicos-es.s3.amazonaws.com/downloads/es-conector-icos-din-43650.pdf>

Duvergel Cobas, Y., & Argota Vega, L. E. (2017). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PRODUCTO SISTEMA AUTOMATIZADO CUBANO PARA EL CONTROL DE EQUIPOS MÉDICOS. *3C Tecnología\_Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(4), 46-63.  
<https://doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n4e24.46-63>

*El ciclo de vida del proyecto | Conexión ESAN.* (s. f.). Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-ciclo-de-vida-del-proyecto>

*El esfuerzo normal en estructuras – e-STRUC.* (2019, 3 septiembre). Recuperado 25 de abril de 2022, de <https://e-struc.com/2019/09/03/el-esfuerzo-normal-en-estructuras/>

*El software avanzado de rueba de materiales de Tinius Olsen ahora tiene una funcionalidad ara captura de video.* (2021, 1 julio). Plastico. Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.plastico.com/es/informacion-comercial/el-software-avanzado-de-prueba-de-materiales-de-tinius-olsen-ahora-tiene-una>

*Electrónica*. (2022, 27 diciembre). Recuperado 2 de mayo de 2022, de [http://santiagomst.blogspot.com/2015/04/que-es-un-diagrama-pictorico-un\\_16.html](http://santiagomst.blogspot.com/2015/04/que-es-un-diagrama-pictorico-un_16.html)

*Engineer Ambitiously*. (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr.html>

*Ergonomía en el Trabajo*. (s. f.). Recuperado 15 de enero de 2023, de <http://pdfs.wke.es/8/1/6/5/pd0000018165.pdf>

Estadística, P. Y. (2023a). Intervalo de confianza. Probabilidad y Estadística. <https://www.probabilidadyestadistica.net/intervalo-de-confianza/>

Estadística, P. Y. (2023). Prueba t de Student. Probabilidad y Estadística. <https://www.probabilidadyestadistica.net/prueba-t-de-student/#%c2%bfque-es-la-prueba-t-de-student>

Euroinnova Business School. (2022, 26 octubre). *Cómo hacer un dafo personal*. Recuperado 6 de mayo de 2022, de <https://www.euroinnova.pe/blog/que-son-los-estudios-de-factibilidad>

eXe. (s. f.). Recuperado 15 de enero de 2023, de [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/27092012/61/es-an\\_2012092713\\_9144600/ODE-7309c77b-9e28-3e75-bfdc-0b4e0f6cc4f0/4\\_ensayo\\_de\\_traccin.html](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/27092012/61/es-an_2012092713_9144600/ODE-7309c77b-9e28-3e75-bfdc-0b4e0f6cc4f0/4_ensayo_de_traccin.html)

*Fases del Ciclo de Vida de la Gestión de Proyectos*. (2019a, octubre 4). Lucidchart. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://www.lucidchart.com/blog/es/las-cuatro-fases-del-ciclo-de-vida-de-la-gestion-de-proyectos>

*Fases del Ciclo de Vida de la Gestión de Proyectos*. (2019b, octubre 4). Lucidchart. Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.lucidchart.com/blog/es/las-cuatro-fases-del-ciclo-de-vida-de-la-gestion-de-proyectos>

Ferdinand, B. (2018). *Mecánica De Materiales* (7.a ed.) [Impreso]. McGraw-Hill.

Ficha técnica manómetros baja presión DN 100 cl 1 6115121900 - Manometría e Instrumentación. (2019, 26 septiembre). Manometría e Instrumentación. Recuperado 10 de junio de 2023, de <https://mei.es/manometro-baja-presion-ventometro-caja-inox-cl-1/ficha-tecnica-manometros-baja-presion-dn-100-cl-1-6115121900/>

*Field Wire DIN 42650 | Products | DIN 43650.* (s. f.-a). Recuperado 12 de mayo de 2022, de <https://www.din43650.com/din43650-field-wire.htm>

*Field Wire DIN 42650 | Products | DIN 43650.* (s. f.-b). Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.din43650.com/din43650-field-wire.htm>

Fuentes Espinoza, F. (s. f.). *Ensayo Mecánicos en metales* [Tesis de Maestría en ciencias en ingeniería mecánica]. Universidad Autónoma de Nuevo León - Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

*Fuente Alimentacion Laboratorio UTP3315TFL 0-30V DC 5A - Cetronic.* (s. f.).

Recuperado 10 de junio de 2023, de

[https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=999441008&cPath=1184&gad=1&gclid=CjwKCAjw44mlBhAQEiwAqP3eVphg7861vPiaOY-EXBju1sjnfkj\\_MiBUbSIGsJmNtrwb36QYUT77UxoC680QAvD\\_BwE](https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=999441008&cPath=1184&gad=1&gclid=CjwKCAjw44mlBhAQEiwAqP3eVphg7861vPiaOY-EXBju1sjnfkj_MiBUbSIGsJmNtrwb36QYUT77UxoC680QAvD_BwE)

*Gestión de espacios.* (s. f.). Recuperado 3 de mayo de 2022, de

<https://easaedro.com/gestion-espacios-entornos-trabajo-oficinas/>

*Gestión del espacio de trabajo: Mejora la productividad de los empleados.* (2018, 15 agosto). Recursos Humanos, el Portal del Capital Humano | Guía Empresas Recursos Humanos - Infocapitalhumano.pe es un portal especializado en recursos humanos en Perú, que brinda la más completa información del y para el sector de recursos humanos. Recuperado 3 de mayo de 2022, de

<https://www.infocapitalhumano.pe/recursos-humanos/noticias-y-movidas/gestion-del-espacio-de-trabajo-mejora-la-productividad-de-los-empleados/>

Gutiérrez Paucar, J. (s. f.). *Estudio Técnico* [Diapositivas]. Universidad Nacional Federico Villareal. Facultad de Ciencias Económicas., Lima, Lima, Perú.

<https://proyectosinversion.files.wordpress.com/2009/06/estudio-tecnico-ingenieria-de-proyectos.pdf>.

Industrial 01, J. M. (s. f.). *¿Dónde se usan los transductores de presión?*

Recuperado 29 de abril de 2022, de

<https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/68-funcionamiento-de-un-transductor-de-presion.html>

Industrial Physics. (2022, 17 marzo). *ASTM-E8*. Recuperado 2 de mayo de 2022, de

<https://industrialphysics.com/es/base-de-conocimientos/articulos/astm-e8/>

Intervalos de confianza. (s. f.). emaze presentations. Recuperado 7 de julio de

2023, de <https://app.emaze.com/@ALZQRTQL>

Iván, A. R. (2023, 14 marzo). *Microempresas del Perú al 2030: Estrategias para la inserción a la industria 4.0*. Recuperado 10 de junio de 2023, de

<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/6439>

Jorge, & Jorge. (2020). *Tabla t de Student | Matemóvil. MateMovil*.

<https://matemovil.com/tabla-t-de-student/>

LabVIEW. (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de [https://www.ni.com/es-](https://www.ni.com/es-cr/support/downloads/software-products/download.labview.html)

[cr/support/downloads/software-products/download.labview.html](https://www.ni.com/es-cr/support/downloads/software-products/download.labview.html)

LabX. (s. f.). TINIUS OLSEN SUPER L UNIVERSAL TENSILE/COMPRESSION

TEST MACHINE | For Sale | Labx Ad 4287725. Recuperado 7 de febrero de

2023, de <https://www.labx.com/item/tinius-olsen-super-l-universal-tensile-compression/4287725>

*Los Fundamentos de los Lazos de Corriente de 4-20 mA.* (s. f.-a). Recuperado 30

de abril de 2022, de <https://www.predig.com/whitepaper/de-regreso-lo-b%C3%A1sico-los-fundamentos-de-los-lazos-de-corriente-de-4-20-ma>

*Los Fundamentos de los Lazos de Corriente de 4-20 mA.* (s. f.-b). Recuperado 15

de enero de 2023, de <https://www.predig.com/whitepaper/de-regreso-lo-b%C3%A1sico-los-fundamentos-de-los-lazos-de-corriente-de-4-20-ma>

*LVDT - Extensómetro by Tinius Olsen | DirectIndustry.* (s. f.). Recuperado 29 de

abril de 2022, de <https://www.directindustry.es/prod/tinius-olsen/product-29300-2015444.html>

Manrique, A. (2022, 27 diciembre). *¿Qué es el análisis de factibilidad?* Testa

Marketing. Recuperado 3 de mayo de 2022, de

<https://testamarketing.com/blog/articulos/que-es-el-analisis-de-factibilidad>

Manufactura Latam. (s. f.). *Proveedores.* Recuperado 28 de abril de 2022, de

<https://www.manufactura-latam.com/es/proveedores>

MatWeb - The Online Materials Information Resource. (s. f.). Recuperado 7 de

febrero de 2023, de

<https://www.matweb.com/errorUser.aspx?msgid=2&ckck=nocheck>

Mecafenix, I. (2023, 13 enero). *Sensor LVDT (Transductor de desplazamiento*

*lineal)*. Ingeniería Mecafenix. Recuperado 15 de enero de 2023, de

<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lvdt/>

*Mida la posición/desplazamiento con sensores LVDT | Dewesoft.* (s. f.). Recuperado

29 de abril de 2022, de [https://dewesoft.com/es/daq/medir-posicion-](https://dewesoft.com/es/daq/medir-posicion-desplazamiento-con-sensores-lvdt)

[desplazamiento-con-sensores-lvdt](https://dewesoft.com/es/daq/medir-posicion-desplazamiento-con-sensores-lvdt)

National Instruments. (2022a, abril 30). USB-6001 Specifications. *National*

*Instruments.* Recuperado 2 de mayo de 2022, de

<https://www.ni.com/pdf/manuals/374369a.pdf>

National Instruments. (2022b, mayo 3). USB-6009 Specifications. *National Instruments*. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/pdf/manuals/375296c.pdf>

*National Instruments | Testforce*. (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.testforce.com/brands/national-instruments.html>

*Newark*. (s. f.). Recuperado 9 de mayo de 2022, de <https://www.newark.com/ni/782604-01/multifunction-i-o-device-14bit/dp/14AJ5579>

*NI USB-6001 DAQ - Antronic Co., Ltd. Test & Measurement | The solution provider specializing in Test and Measurement equipment and Integrate system in Thailand*. (s. f.-a). Recuperado 9 de mayo de 2022, de <https://antronic.co.th/product/view/usb6001>

*NI USB-6001 DAQ - Antronic Co., Ltd. Test & Measurement | The solution provider specializing in Test and Measurement equipment and Integrate system in Thailand*. (s. f.-b). Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://antronic.co.th/product/view/usb6001>

*Nivel de Investigación*. (2016, 13 febrero). PROYECTOS EDUCATIVOS CR. Recuperado 12 de abril de 2022, de <https://proyectoseducativoscr.wordpress.com/elaboracion-del-ante-proyecto/capitulo-iii-marco-metodologico-de-la-investigacion/3-1-nivel-de-investigacion/>

Ortega, C. (2021, 10 mayo). *¿Cuál es la estructura de un estudio de factibilidad?* QuestionPro. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/estructura-de-un-estudio-de-factibilidad/>

- Pacheco, J. (2021, 16 julio). *¿Qué es el Estudio de Factibilidad de un Proyecto?* | 2022. Web y Empresas. Recuperado 6 de mayo de 2022, de <https://www.webyempresas.com/estudio-de-factibilidad/>
- Parker SCP01-100-34-06 Pressure Sensor*. (s. f.-a). Recuperado 12 de mayo de 2022, de <https://www.schilke-hydraulik.com/en/catalog/pressure-sensor/parker-scp01-100-34-06-pressure-sensor>
- Parker SCP01-100-34-06 Pressure Sensor*. (s. f.-b). Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.schilke-hydraulik.com/en/catalog/pressure-sensor/parker-scp01-100-34-06-pressure-sensor>
- Pérez, A. (2022, 4 mayo). *Elementos clave en la ingeniería de proyectos*. OBS Business School. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://www.obsbusiness.school/blog/elementos-clave-en-la-ingenieria-de-proyectos>
- PR Electronics. (2022a, octubre 5). *Los fundamentos de los lazos de corriente de 4. . .20 mA*. Recuperado 30 de abril de 2022, de <https://www.prelectronics.com/es/los-fundamentos-de-los-lazos-de-corriente-de-4-20-ma/>
- PR Electronics. (2022b, octubre 5). *Nozioni di base sui loop in corrente a 4. . .20 mA*. Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.prelectronics.com/it/nozioni-di-base-sui-loop-in-corrente-a-4-20-ma/>
- Pressure Transmitter*. (s. f.). Recuperado 9 de mayo de 2022, de <https://ph.parker.com/pe/es/pressure-transmitter-scp04>
- Product PXI*. (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/hardware/products/pxi-multifunction-io-module.html>

*Product Serie C.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/hardware/products/c-series-multifunction-io-module.html>

*Pruebas mecánicas - NEWSLETTER RICE GROUP.* (s. f.). Recuperado 29 de abril de 2022, de <http://fundicionesrice.com/assets/frontend/cartas/TNL99/TNL99esp.htm>

*Qué es Adquisición de Datos - DAQ or DAS? | Dewesoft.* (s. f.). Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-adquisicion-de-datos>

*¿Qué es el suavizado?* (s. f.). Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://aleph.org.mx/que-es-el-suavizado>

*¿Qué es LabVIEW? Programación gráfica para pruebas y medidas.* (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>

*¿Qué es un LVDT (transductor de desplazamiento lineal variable)?* (s. f.). Recuperado 29 de abril de 2022, de <https://es.omega.com/prodinfo/sensor-LVDT.html>

*¿Qué es una fuente de poder variable de corriente directa (CD)?* (s. f.). FinalTest.com. Recuperado 29 de abril de 2022, de <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-6.htm>

*¿Qué es una máquina de pruebas universales?* (2022). Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/que-es-una-maquina-de-prueba-universal>

Quiroa, M. (2022, 24 noviembre). *Estudio de factibilidad*. Economipedia. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/estudio-de-factibilidad.html>



- Romero, R. J. G., & Mercado, A. I. M. (2018). Las Mipymes tecnológicas peruanas al 2030. Estrategias para su inserción a la industria 4.0. *Nova Scientia*, 10(20), 754-778. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1329>
- Sáenz Silva, R. (2003). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de embutidos* [Tesina (Ingeniero Industrial)]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) – Facultad de Ingeniería Industrial. EAP de Ingeniería Industrial.
- SCP Mini pressure sensors. (s. f.). En *Catalogue 4083/2 UK Parker* (pp. 8-28). <http://www.electrostudio.it/pdf/Pressure%20Trasducers.pdf>
- Serrano, A. (2022, abril). El entorno físico del trabajo. *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <http://pdfs.wke.es/8/1/6/5/pd0000018165.pdf>
- Sistemas, dispositivos y software de adquisición de datos (DAQ)*. (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/data-acquisition.html>
- SITRANS P410 - Transmisor de presión diferencial by Siemens Process Instrumentation | DirectIndustry*. (s. f.). Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.directindustry.es/prod/siemens-process-instrumentation/product-18343-1708014.html>
- Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. (s. f.). Recuperado 10 de junio de 2023, de <https://www.astm.org/standards/e8>
- Suavizado - MATLAB & Simulink - MathWorks España*. (s. f.). Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://es.mathworks.com/help/curvefit/smoothing.html>
- Suavizar en Excel*. (s. f.). Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://apesoft.zendesk.com/hc/es/articles/209277286-Excel-Suavizar-una-gr%C3%A1fica-de-tipo-l%C3%ADnea>

*Tabla distribución T - Student. (s. f.). UBA. Recuperado 7 de julio de 2023, de*  
*[https://cms.dm.uba.ar/academico/materias/1ercuat2015/probabilidades\\_y\\_estadistica\\_C/tabla\\_tstudent.pdf](https://cms.dm.uba.ar/academico/materias/1ercuat2015/probabilidades_y_estadistica_C/tabla_tstudent.pdf)*

*Tensión y deformación unitaria - 2016 - Ayuda de SOLIDWORKS. (s. f.).*  
 Recuperado 15 de enero de 2023, de  
*[https://help.solidworks.com/2016/spanish/SolidWorks/cworks/c\\_stress\\_strain.htm](https://help.solidworks.com/2016/spanish/SolidWorks/cworks/c_stress_strain.htm)*

*Testing-accessories. (s. f.). Recuperado 29 de abril de 2022, de*  
*<https://www.instron.com/en/products/testing-accessories/extensometers>*

*Tinius Olsen Testing Machine Company. (2022a, marzo 31). LVDT TYPE*  
*Extensometer from. Tinius Olsen. Recuperado 29 de abril de 2022, de*  
*<https://www.tiniusolsen.com/product/lvdt-type-extensometer/>*

*Tinius Olsen Testing Machine Company. (2022b, junio 3). Tinius Olsen Materials*  
*Testing Machine Company. Tinius Olsen. Recuperado 28 de abril de 2022,*  
 de *<https://www.tiniusolsen.com/our-company/>*

*Transductores de presión. (s. f.). Recuperado 29 de abril de 2022, de*  
*<https://mx.omega.com/prodinfo/transductores-de-presion.html>*

*Transductores de Presión. (s. f.). Recuperado 29 de abril de 2022, de*  
*<https://www.areatecnologia.com/electricidad/transductores-de-presion.html>*

*Transductores de presión industriales. (2020). En Swagelok (MS-02-225ES).*  
 Recuperado 29 de abril de 2022, de  
*<https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/es/MS-02-225.PDF>*

*Transformador Convencional 12+12V 1A - Cetronic. (s. f.). Recuperado 10 de junio*  
*de 2023, de*  
*<https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/Det>*

*alleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=630139059&cPath=1327*

*Transformador diferencial de variación lineal.* (2019, 2 septiembre). Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 15 de enero de 2023, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_diferencial\\_de\\_variaci%C3%B3n\\_lineal](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_diferencial_de_variaci%C3%B3n_lineal)

*Unidad 2. Características mecánicas de los materiales.* (s. f.). Recuperado 15 de enero de 2023, de [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm02/fcm2\\_2.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm02/fcm2_2.html)

*USB-6001.* (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6001.html>

*USB-6009.* (s. f.). NI. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6009.html>

Vilchez, R. E. (2009, 3 febrero). *Deformación.* Recuperado 27 de abril de 2022, de <https://es.slideshare.net/vilchez/deformacin>

Villajulca, J. C. (2020, 15 junio). *La señal 4-20mA y su proporción a variables físicas: nunca está de más repararlo + Ejemplos prácticos.* instrumentación y Automatización Industrial. Recuperado 30 de abril de 2022, de <https://instrumentacionycontrol.net/la-senal-4-20ma-y-su-proporcion-a-variables-fisicas-nunca-esta-de-mas-repararlo/>

Young, H. D. (2018). *FISICA UNIVERSITARIA CON FISICA MODERNA 1 DE SEARS Y ZEMANSKY* (13.a ed., Vol. 1) [Impreso]. PEARSON.

Yumpu.com. (s. f.). LVDT Type Extensometers - Tinius Olsen. yumpu.com. Recuperado 10 de junio de 2023, de <https://www.yumpu.com/nl/document/view/44798517/lvdt-type-extensometers-tinius-olsen>

Zapata, F. (2020, 18 mayo). *Esfuerzo de tensión: fórmula y ecuaciones, cálculo, ejercicios*. Lifeder. Recuperado 25 de abril de 2022, de <https://www.lifeder.com/esfuerzo-de-tension/>

Zheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, R., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., Yu, S., & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), 137-150. <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>

## **ANEXOS**

**Anexo N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<p align="center"><b>Problema principal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Es factible la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos por medio de un DAQ USB 6001?</li> </ul>	<p align="center"><b>Objetivo principal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demostrar la factibilidad para la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos por medio de un DAQ USB 6001.</li> </ul>	<p align="center"><b>Hipótesis principal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos por medio de un DAQ USB 6001 es factible.</li> </ul>	<p align="center"><b><u>Variables independientes</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Estudio de factibilidad de la automatización de una máquina de tracción utilizando un DAQ USB 6001”.</li> </ul>
<p align="center"><b>Problemas secundarios</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ¿Es factible la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo por medio de un DAQ USB 6001?</li> <li>2) ¿Es factible la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación por medio de un DAQ USB 6001?</li> </ol>	<p align="center"><b>Objetivo específico</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Demostrar la factibilidad para la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo por medio de un DAQ USB 6001.</li> <li>2) Demostrar la factibilidad para la automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación por medio de un DAQ USB 6001.</li> </ol>	<p align="center"><b>Hipótesis secundarias</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) La automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de esfuerzo de fluencia y máximo por medio de un DAQ USB 6001 es factible.</li> <li>2) La automatización de una máquina de tracción para la precisión de datos de deformación por medio de un DAQ USB 6001 es factible.</li> </ol>	<p align="center"><b><u>Variable Dependiente</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) “Precisión de los datos obtenidos en la máquina de tracción”.</li> <li>2) “Precisión de los datos de esfuerzo obtenidos en la máquina de tracción”.</li> <li>3) “Precisión de los datos de deformación obtenidos en la máquina de tracción”.</li> </ol>

## Anexo N° 2 FICHA TÉCNICA MINITRANSDUCTOR DE PRESIÓN PARKER SCP

### 1.1 SCP Mini pressure sensors

### Technical data

SCP Mini	004	006	010	016	025	040	060	100	160	250	400	600
pressure range * $P_N$ (bar)	0...4	0...6	0...10	0...16	0...25	0...40	0...60	0...100	0...160	0...250	0...400	0...600
overload pressure $P_{max}$ (bar)	2 times											
burst pressure $P_{burst}$ (bar)	3- times											2,5-times

Pressure connection	
pressure connection	G1/4A BSPP DIN 3852 T11, form E
erosion bore	0,6 mm ED-seal FKM
Material	
parts in contact with media	FKM; stainless steel 1.4542,1.4548; 17-4PH
housing	stainless steel 1.4301
protection class	IP67 DIN EN 60529 (with DIN EN 175301-803 form A plug IP65)
Plug-in connection	
4-pole; M12x1; IP67	
4-pole; DIN EN 175301-803 form A; IP65	
Electrical connection	
short circuit protect'n; reverse polarity protect'n; protect'n class 3	
Accuracy	
characteristic curve deviation	± 0,5 % FS start point setting
General	
response time	≤ 1 ms
long-term stability	< 0,1 % FS/a
weight	ca. 80 g
load reversals	≥ 20 Mio.

Environmental conditions	
environmental temperature range	-40...+85 °C
fluid temperature range	-40...+125 °C
compensated range	-20...+85 °C
storage temperature	-40...+125 °C
temperature coefficient	≤ ± 0,3 % FS/10 K
vibration resistance	IEC 60068-2-6; ± 5 mm; 10 Hz...32 Hz 200 m/s²; 32 Hz...2 kHz
shock resistance	IEC 60068-2-29: 500 m/s²; 11 ms IEC 60068-2-32: 1 m (free fall onto steel plate)
Electromagnetic compatibility	
interference emissions	DIN EN 61000-6-3
interference resistance	DIN EN 61000-6-2

Output signal	0...20 mA 3-core	4...20 mA 3-core	4...20 mA 2-core	0...10 V 3-core
auxiliary energy + $U_s$ ( $U_{Dc}$ )	9...30 V	9...30 V	12...30 V	12...30 V
working resistance max.	( $U_s$ -9 V)/28 mA	( $U_s$ -9 V)/30 mA	( $U_s$ -12 V)/20 mA	35 kΩ

## 1.1 SCP Mini pressure sensors

## Dimensional drawings and Order codes

DIN EN 175301-803 form A (formerly DIN 43650)  
plug-in connector

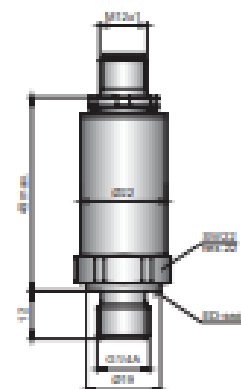
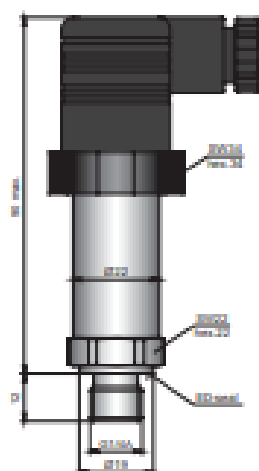


PIN	0...20 mA 3-core	4...20 mA 3-core	4...20 mA 3-core	0...10 V 3-core
1	P signal	P signal	P signal	P signal
2	0 V (GND)	0 V (GND)	n.c.	0 V (GND)
3	+U <sub>s</sub>	+U <sub>s</sub>	+U <sub>s</sub>	+U <sub>s</sub>
	grounding conductor connection (not connected; must not be occupied)			

M12 plug-in connector



PIN	0...20 mA 3-core	4...20 mA 3-core	4...20 mA 3-core	0...10 V 3-core
1	+U <sub>s</sub>	+U <sub>s</sub>	+U <sub>s</sub>	+U <sub>s</sub>
2	P signal	P signal	P signal	P signal
3	0 V (GND)	0 V (GND)	-	0 V (GND)
4	-	-	-	-

**Order codes****Pressure range \***

004; 006; 010; 016; 025;  
040; 060; 100; 160; 250;  
400; 600 bar

**DIN EN 175301-803 form A,  
G1/4 BSPP, class 0.5 %**

0...20 mA; 3-core  
4...20 mA; 3-core  
4...20 mA; 2-core  
0...10 V; 3-core

SCP-xxx-14-06  
SCP-xxx-24-06  
SCP-xxx-34-06  
SCP-xxx-44-06

**M12 plug-in connector,  
G1/4 BSPP, class 0.5 %**

0...20 mA; 3-core  
4...20 mA; 3-core  
4...20 mA; 2-core  
0...10 V; 3-core

SCP-xxx-14-07  
SCP-xxx-24-07  
SCP-xxx-34-07  
SCP-xxx-44-07

\* see page 62, 6.3

**Connecting cables and separate plugs****Connecting cable, made up**

(open cable end)

**Cable length in m**

02 2 m  
05 5 m  
10 10 m

**Plug-in connector**

45 M12 cable socket; straight  
55 M12 cable socket; 90° angled  
66 DIN EN 175301-803 Form A plug connector  
(old DIN 43650)

**Separate plugs**

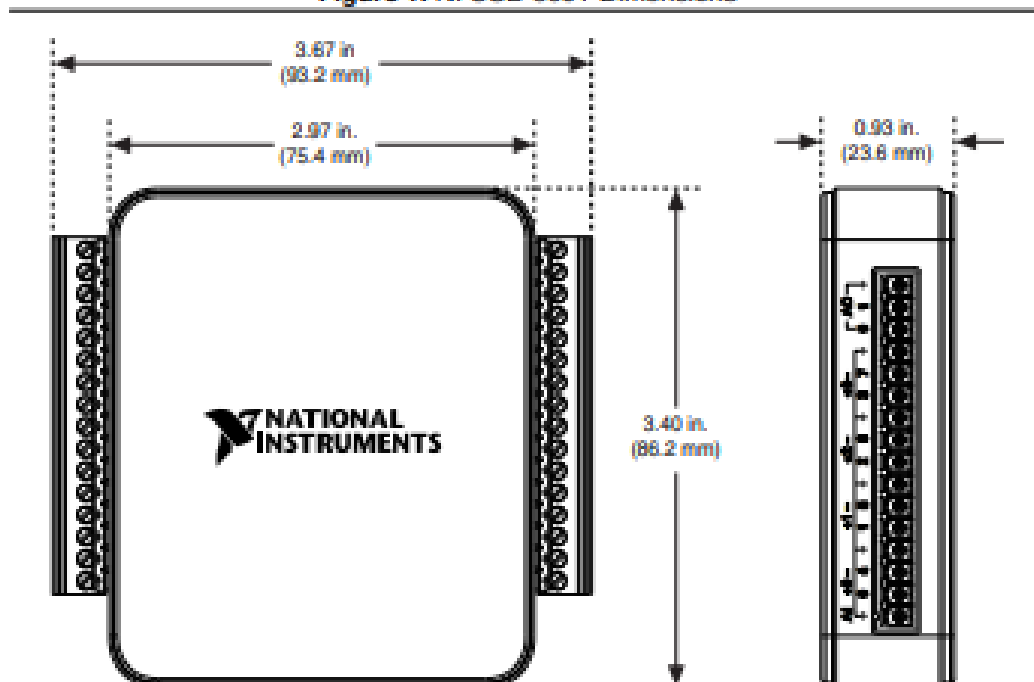
M12 cable socket; straight **SKC-145**  
M12 cable socket; 90° angled **SKC-155**  
DIN EN 175301-803 Form A plug connector  
(old DIN 43650) **SKC-006**

SKC-400-xx-xx



### Anexo N° 3 FICHA TÉCNICA DAQ USB 6001

Figure 1. NI USB-6001 Dimensions



#### Weight

Without screw terminal connector plugs....83 g (2.93 oz)

With screw terminal connector plugs.....105 g (3.70 oz)

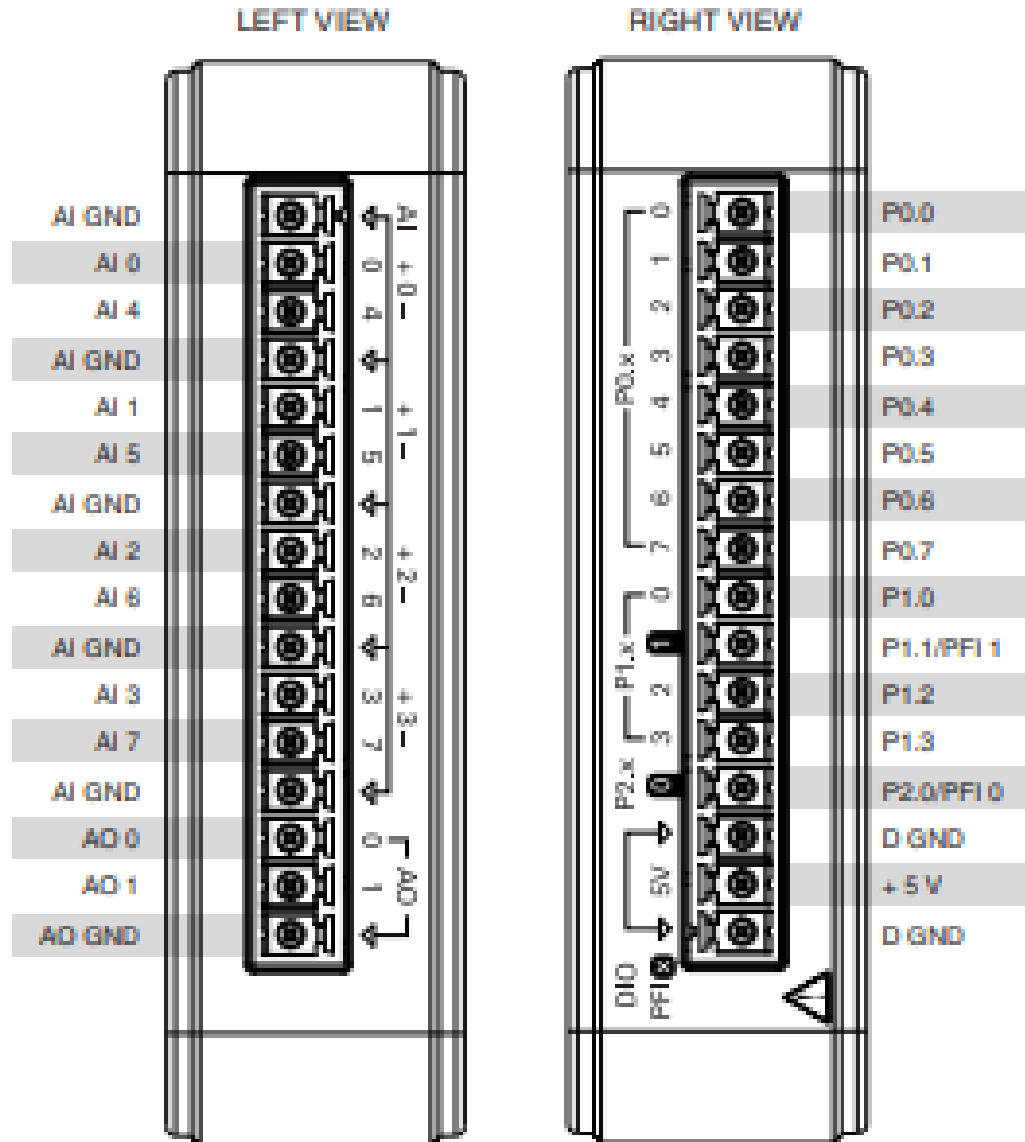
I/O connectors: USB Micro-B receptacle, (1)

16-position screw terminal plugs

Screw-terminal wiring.....1.31 to 0.08 mm<sup>2</sup> (16 to 28 AWG)

Torque for screw terminals.....0.22 - 0.25 N · m (2.0 - 2.2 lb. · in.)

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.



## Anexo N° 4 FICHA TÉCNICA MANÓMETRO ANÁLOGO (0 – 100 bar)

### MANÓMETROS DE CÁPSULA PARA BAJAS PRESIONES DN 100 CL 1.0

También conocidos como ventómetros, se utilizan para la medida de presiones muy bajas en gases, tanto en presión como en depresión, principalmente en gases, entre los rangos de -600..0/0..600 mbar.

#### Características constructivas y funcionales

**Precisión:** Clase 1,0 según EN 837-3.

**Rangos:** -600..0 a 0..600 mbar ó cualquier otra unidad equivalente de presión ó vacío, rangos estándar según EN 837-3. Doble escala en mbar y mmH<sub>2</sub>O

**Temperatura ambiente:** -20...+65 ° C.

**Temperatura del fluido de proceso:** máx. +65° C.

#### **Error por Temperatura:**

Error adicional cuando la temperatura del elemento sensible se desvía de 20°C:  $\pm 0,5\%$  del valor F.E. cada 10°C de variación

#### **Presión de trabajo:**

Estática máx. 75% del V.F.E.

Fluctuante: 2/3 del V.F.E.

#### **Sobrepresión temporal:**

+25% del valor F.E. durante un corto período.

**Grado de protección a intemperie:** IP54

**Conexión a proceso:** Radial 1/2" BSP

**Racord de conexión a proceso:** en latón.

**Cápsula:** de bronce fosforoso

**Mecanismo:** en latón.

**Caja:** en acero inoxidable, con aro cierre bayoneta

**Visor:** en cristal.

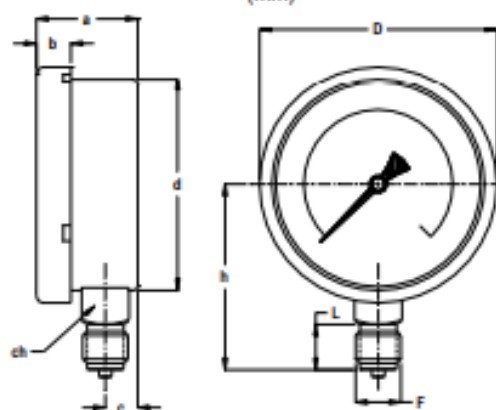
**Aguja indicadora:** en aluminio lacado negro.

**Ajuste del cero:** Mediante tornillo de ajuste en el frontal de la carátula.

**Opcion:** Totalmente en acero inoxidable.



**DIMENSIONES**  
(mm)



**TIPO 1**  
Montaje local  
Toma de presión radial

DN	TIPO	a	b	c	ch	d	D	F	h	L
100	1	47	15	15	22x4	99	110	1/2" BSP	85	20

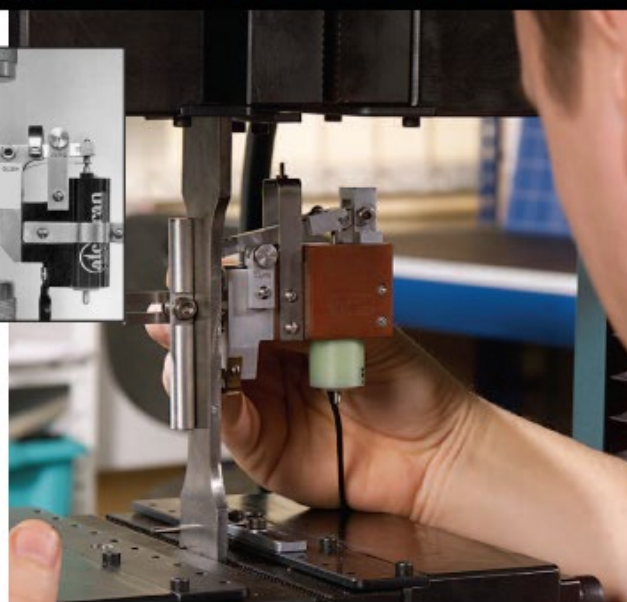
## Anexo N° 5 FICHA TÉCNICA EXTENSÓMETRO LVDT TINIUS OLSEN

Bulletin  
TD-2001

**Tinius Olsen**

## LVDT Type Extensometers

Extensometers measure strain, the change in length of a specimen divided by the original length (gauge length) of the specimen. An extensometer measures strain by means of knife edges that contact the sample, one of which is fixed in its position, and the other which is located on a moveable arm. On these models, the moveable arm is pivoted, one end is the knife edge and the other is attached to an armature that moves through an LVDT coil. Most of these extensometers can be adapted to your exact specimen holding needs by the options that are described on the back page, but in their standard form hold flat or round specimens from 1/16" to 5/8" (1.6 mm to 16 mm).



### LS Models — English Units

MODEL	Measuring Range	Gauge Length	Calibrated Ranges	Averaging	Film Clamp	Breakaway Release	Sheet Metal	Extension Bracket	Pneumatic Release
LS-8%-0.5 <sup>1</sup>	8%	0.5 in	8%, 4%, 2%						
LS-8%-1	8%	1 in	8%, 4%, 2%	•	•	•	•		•
LS-50%-1	50%	1 in	50%, 25%, 12.5%, 5% <sup>1</sup> , 2% <sup>2</sup>			•	•		•
LS-8%-1.4	8%	1.4 in	8%, 4%, 2%	•	•	•	•		•
LS-50%-1.4	50%	1 in	50%, 25%, 12.5%, 5% <sup>1</sup> , 2% <sup>2</sup>			•	•		•
LS-4%-2	4%	2 in	4%, 2%, 1%	•	•	•	•	•	•
LS-10%-2	10%	2 in	10%, 5%, 2.5%, 1% <sup>1</sup>	•	•	•	•	•	•
LS-20%-2	20%	2 in	20%, 10%, 5%, 2% <sup>1</sup>	•	•	•	•	•	•
LS-50%-2	50%	2 in	50%, 25%, 12.5%, 5% <sup>1</sup> , 2% <sup>2</sup>			•	•	•	•

### LSM Models — Metric Units

MODEL	Measuring Range	Gauge Length	Calibrated Ranges	Averaging	Film Clamp	Breakaway Release	Sheet Metal	Extension Bracket	Pneumatic Release
LSM-8%-12.5 <sup>1</sup>	8%	12.5 mm	8%, 4%, 2%						
LSM-8%-25	8%	25 mm	8%, 4%, 2%	•	•	•	•		•
LSM-50%-25	50%	25 mm	50%, 25%, 12.5%, 5% <sup>1</sup> , 2% <sup>2</sup>			•	•		•
LSM-8%-35	8%	35 mm	8%, 4%, 2%	•	•	•	•		•
LSM-50%-35	50%	35 mm	50%, 25%, 12.5%, 5% <sup>1</sup> , 2% <sup>2</sup>			•	•		•
LSM-4%-50	4%	50 mm	4%, 2%, 1%	•	•	•	•	•	•
LSM-10%-50	10%	50 mm	10%, 5%, 2.5%, 1% <sup>1</sup>	•	•	•	•	•	•
LSM-20%-50	20%	50 mm	20%, 10%, 5%, 2% <sup>1</sup>	•	•	•	•	•	•
LSM-50%-50	50%	50 mm	50%, 25%, 12.5%, 5% <sup>1</sup> , 2% <sup>2</sup>			•	•	•	•

#### Notes

1 - must have a 10:1 strain range    2 - Optional fifth strain range required (25:1)    3 - A counterbalance support must be used  
Standard extensometers can be used at temperatures from -100 to 250 °F (-75 to 120 °C) or with modifications from -300 to 500°F (-185 to 260°C) denoted suffix T

## Anexo N° 6 FICHA TÉCNICA FUENTE DE VOLTAJE DC 30V – 3A

**UNI-T**

### UTP3313TFL-II/UTP3315TFL-II DC Power Supplies User Manual

#### 1. Introduction

UTP3313TFL-II/UTP3315TFL-II linear DC power supplies are high-quality and stable devices. These power supplies output pure and reliable signals. Other features include 4-digit voltage and current LED display, short-circuit protection, overload protection, reverse polarity protection and more. These power supplies are ideal tools for university and technical trade schools, electronics production lines, household appliance repair companies, etc.

#### 2. Specifications

Model	Voltage output range	Current output range		LED display digits
	0-30V	0-3A	0-5A	4digits
UTP3313TFL-II	●	●		●
UTP3315TFL-II	●		●	●

#### 3. Technical Parameters

##### 3.1 Operating Conditions

Operating voltage: AC 110V/220V  $\pm$  5% 50Hz/60Hz

Operating conditions: Temperature 0°C–40°C, relative humidity  $\leq$  85%

Storage conditions: Temperature -10°C–80°C, relative humidity  $\leq$  80%

##### 3.2 Technical specifications

Basic Function	Technical specifications	
Model	UTP3313TFL-II	UTP3315TFL-II
Rated output voltage	0-30V	0-30V
Rated output current	0-3A	0-5A
Output power	96W	160W
Load regulation	Voltage: $<0.01\% + 3\text{mV}$	Voltage: $<0.01\% + 5\text{mV}$
	Current: $<0.1\% + 5\text{mA}$	Current: $<0.1\% + 10\text{mA}$
Line regulation	Voltage: $<0.01\% + 3\text{mV}$	Voltage: $<0.01\% + 3\text{mV}$
	Current: $<0.1\% + 3\text{mA}$	Current: $<0.1\% + 3\text{mA}$
Setting resolution (25°C $\pm$ 5°C)	Voltage: 10mV	Voltage: 10mV
	Current: 1mA	Current: 1mA
Setting accuracy (20Hz–20MHz)	Voltage: $<0.5\% + 20\text{mV}$	Voltage: $<0.5\% + 20\text{mV}$
	Current: $<0.5\% + 5\text{mA}$	Current: $<0.5\% + 10\text{mA}$
Ripple and noise	Voltage: $\leq 1\text{mVrms}$	Voltage: $\leq 2\text{mVrms}$
	Current: $\leq 3\text{mA rms}$	Current: $\leq 3\text{mA rms}$
Recall resolution	Voltage: 10mV	Voltage: 10mV
	Current: 1mA	Current: 1mA
Temperature coefficient	Voltage: $\leq 300\text{ppm/}^\circ\text{C}$	
	Current: $\leq 300\text{ppm/}^\circ\text{C}$	
Instantaneous response time	$<100\mu\text{s}$ (50% load change, minimum load 0.5A)	
<b>Display</b>		
Display type	4-digit voltage and current LED display	
<b>Power</b>		
Voltage	AC 110V/220V $\pm$ 5%	
Frequency	50Hz/60Hz	
<b>Mechanical specifications</b>		
Dimensions(W*H*D)	105*155*210 (mm)	
Weight	3kg	4kg

#### 4. Panel Characteristics

##### 4.1 Front Panel



- 1) **Power button**
- 2) **CC (constant current) indicator:**  
This indicator is on during constant current operation.
- 3) **CV (constant voltage) indicator:**  
This indicator is on during constant voltage operation.
- 4) **Voltage display**
- 5) **Current display**
- 6) **Voltage coarse adjustment knob:**  
Turn it clockwise to increase the output voltage and turn it counterclockwise to decrease the output voltage.
- 7) **Voltage fine adjustment knob:**  
Turn it clockwise to increase the output voltage and turn it counterclockwise to decrease the output voltage. FINE and COARSE can be used together to adjust the output voltage to the exact value required.
- 8) **Current coarse adjustment knob:**  
Turn it clockwise to increase the output current and turn it counterclockwise to decrease the output current.
- 9) **Current fine adjustment knob:**  
Turn it clockwise to increase the output current and turn it counterclockwise to decrease the output current. FINE and COARSE can be used together to adjust the output current to the exact value required.
- 10) **0-30V output terminal "-"pole (black).**
- 11) **Ground terminal (GND, green):**  
This terminal is connected to the chassis and the ground wire of the power cord.
- 12) **0-30V output terminal "+"pole (red).**

##### Note:

A temperature recovery fuse is installed inside the transformer of the product, when the internal temperature of the transformer exceeds 130 degrees, the temperature recovery fuse is automatically disconnected, and the transformer is powered off; when the temperature drops below 130 degrees, the temperature recovery fuse is automatically connected, and the transformer starts to supply power.

#### 4.2 Rear Panel



### 5. Instructions and Protective Measures

- 1) Switch the POWER to the off state and connect the power cord attached to the power supply. Connect the L terminal of the power cord plug to the live wire of the power socket. The ground wire of the power cord should be ensured a good connection to the ground.
- 2) UTP3313TFL-II/UTP3315TFL-II is a floating type power supply. If grounding is required in use, connect the 0-30V output terminals "+" pole or "-" pole on the front panel to the GND with a wire.
- 3) To ensure good ventilation, keep a gap of 10cm between the upside/downside/left side/right side and other objects. Do not expose this device to dusty environment, corrosive gases and other harmful substances.
- 4) Constant voltage output: Switch the POWER switch to the on state. The CV indicator will be on and the power supply will be under constant voltage operation. Adjust VOLTAGE knobs (COARSE and FINE) to obtain desired output voltage.
- 5) Constant current output: When no load is present, adjust the output voltage within 2- 5V and counterclockwise turn the CURRENT knobs (COARSE and FINE) to "0" position. Use a wire size not less than 0.5mm<sup>2</sup> to short-circuit the 0-30V output terminals "+" pole and "-" pole. At this time, the CC indicator will be on. Adjust the CURRENT knobs to reach the desirable current and disconnect the short-circuited wire.
- 6) In order to match the specifications, the power supply should be used after warming up for 15 minutes.

### 6. Packing List

- 1) DC power supply ----- 1pc
- 2) Power cord ----- 1pc
- 3) User manual ----- 1pc
- 4) Fuse ----- 1pc

### 7. Check before Booting

AC input power and AC selector settings

Model	AC input power	AC selector	Fuse specifications
UTP3313TFL-II	110Vac ±5%	110Vac	F2. 5AL250V
	220Vac ±5%	220Vac	F2AL250V
UTP3315TFL-II	110Vac ±5%	110Vac	F3. 15AL250V
	220Vac ±5%	220Vac	F2. 5AL250V

#### Please follow the steps below before booting.

1. Check the input power  
Make sure that the AC power cord meets the requirements in the AC input power column above (NOTE: Maximum input voltage ≤ 250V).
2. Check the AC selector  
Make sure that the settings of the AC selector on the rear panel of the device match the actual AC input power (please refer to the form above).
3. Check the fuse  
Check to see if the fuse specifications match the fuse required for the input voltage (please refer to the form above).

### 8. Maintenance

- 1) If the supply voltage is normal and the CC and CV indicators are not on or the digits are not displayed after starting up, the fuse may be blown or there may be other malfunctions. Turn off the power switch and unplug the power cord, then replace the fuse or seek professional advice.
- 2) At constant voltage state, if the output voltage is less than the preset value and the CC indicator is on (current protection), the device will automatically switch to the constant current working state. Users should check the load or increase the maximum current as required (adjust the CURRENT knobs clockwise).
- 3) At constant current state, if the output current is less than the preset value and the CV indicator is on (open circuit voltage protection), the device will automatically switch to the constant voltage working state. Users should check the load or increase the maximum voltage as required (adjust the VOLTAGE knobs clockwise).
- 4) At constant voltage state, if the device is unstable, the AC supply voltage may be lower than 99V/198V. If any malfunction is serious and cannot be resolved, please contact your local dealer.

**UNI-T**

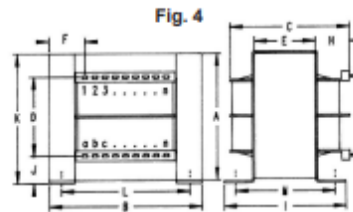
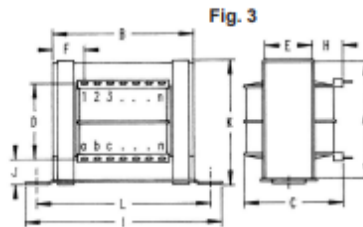
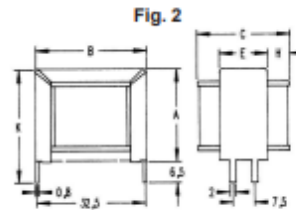
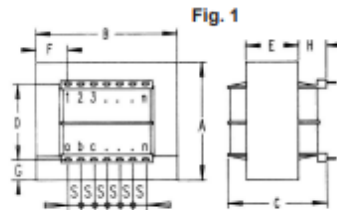
UNI-TREND TECHNOLOGY (CHINA) CO., LTD.

No. 6, Gong Ye Bei 1st Road,  
Songshan Lake National High-Tech Industrial  
Development Zone, Dongguan City,  
Guangdong Province, China  
Tel: (86-769) 8572 3888  
www.uni-trend.com



Anexo N° 7 FICHA TÉCNICA TRANSFORMADOR 12VAC – 1A

Dimensiones Mecánicas  
Mechanical Measures



Formato Format	Fig	AxB	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Potencia Power	Peso (gramos)	n (terminales)	s (mm)
911	3	28x32	26		12			7	52		30	42,5					
914	2	28x32	30		15			7,5			32,5						
1010	1	25x30	24,5	20	11	5	2,5	9						1,5VA	60		5
1015	1	25x30	29,4	20	16	5	2,5	8,4						2,8VA	85	5x2	5
1213	3	32x38	29	25	13,5	9	3,5	9,4	59	5	35	48		3VA	138	5x2	5
1415	3	37x44	31	25	15	9,5	6	9	64	8	41	54		6VA	194	5x2	5-7,5 7,5-5
1617	3	40x48	36	27,5	17	11,5	6,2	11,7	68	7,3	44	58		8VA	250	6x2	5
1620	3	40x48	39	27,5	20,5	11,5	6,2	10,5	70	9	44	60		12VA	310	6x2	5
1820	3	47x56	44	30	20	14	8	14	79	12	51	70		17VA	430	6x2	5,3
2020	3	50x60	45	32,5	21	15	8,5	14	79	12,5	54	70		22VA	515	7x2	5
2223	3	55x66	50	35	23	15,5	10	15	97	13	59	82		28VA	690	8x2	5
2227	3	55x66	54	37,5	27	15,5	8,5	16	96	12	59	81		34VA	750	8x2	5
2525	4	63x75	57	40	25	20	11	18	63	13	67	62,5	48	45VA	990	8x2	5
2530	4	63x75	60,5	42	34,7	20,5	11	15	63	13	67	62,5	51,5	55VA	1160	8x2	5
2830	4	70x84	60	47	30	19,5	11,5	17	70	12	71	70	51	70VA	1420	10x2	5
2843	4	70x84	74	47	43	19,5	11,5	17	83	12	71	70	64	100VA	1950	10x2	5
2846	4	70x84	79	46	46	19,5	12	17	83	12	71	70	67	110VA	2000	10x2	5



## Anexo N° 8 FICHA TÉCNICA DIN 43650



**Conector DIN 43650** (11mm - Norma industrial)

**Hoja de Datos**

A.01/Jun2012



TAMAÑO REAL

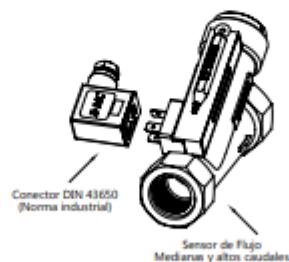
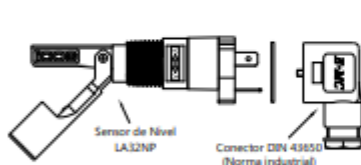
**Destacados** • Conexión práctica a los plugs DIN 43650 (Norma industrial).

**Aplicaciones típicas** • Sensores ICOS<sup>1</sup> y válvulas.

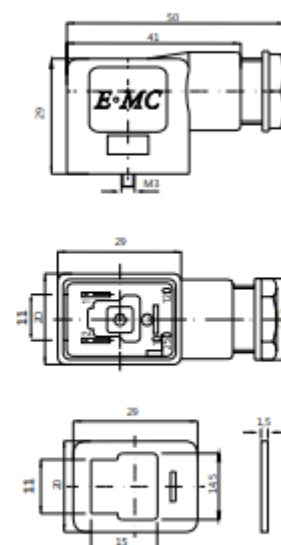
### Especificaciones técnicas

Número de contactos	2+PE
Resistencia contacto	≤ 15mΩ
Diámetro exterior del cable	6-8mm
Temperatura de trabajo	0°C a 100°C
Voltage	250V
Junta	NBR
Grado de protección	IP65

### Montaje



### Dimensiones (mm)



### Importante!

Proteger el contacto eléctrico.  
Consulte "Protección de Reed Switch" en  
<http://espanol.icos.com.br>

### Notas

<sup>1</sup> Para sensores de nivel, aplicable al modelo LA32NP.  
Para sensores de flujo, aplicable a las series FH12, FC34, FC10, FJ112 y FG20.

**Anexo N° 9 DATOS MEDIDOS EN ENSAYO DE TRACCIÓN SIN DAQ**

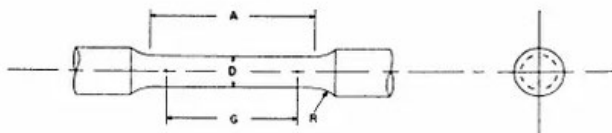
<b># Prueba</b>	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Deformación (%)</b>
<b>1</b>	349.21	530.2	31
<b>2</b>	331.1	502.11	20.5
<b>3</b>	328.22	528.46	23
<b>4</b>	350.07	515.8	30.8
<b>5</b>	314.91	538.27	27.02
<b>6</b>	340.5	515.23	31.1
<b>7</b>	330.9	515.74	27
<b>8</b>	310.71	534.2	21.9
<b>9</b>	307.05	511.68	28.4
<b>10</b>	326.18	520.3	25.76

**Anexo N° 10 DATOS MEDIDOS EN ENSAYO DE TRACCIÓN CON DAQ**

<b># Prueba</b>	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Deformación (%)</b>
<b>1</b>	345.754	533.758	31.16
<b>2</b>	331.891	500.753	20.295
<b>3</b>	327.119	530.14	23.139
<b>4</b>	349.647	517.823	31.272
<b>5</b>	314.086	538.823	27.144
<b>6</b>	338.69	517.107	31.811
<b>7</b>	331.885	516.871	27.388
<b>8</b>	309.206	536.191	21.428
<b>9</b>	304.488	514.597	28.782
<b>10</b>	325.421	521.062	25.468



## Anexo N° 12 NORMA ASTM E8

 E8/E8M - 13a


Dimensions, mm [in.]					
For Test Specimens with Gauge Length Four times the Diameter [E8]					
	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	36.0 ± 0.1 [1.400 ± 0.005]	24.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.005]	16.0 ± 0.1 [0.640 ± 0.005]	10.0 ± 0.1 [0.450 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	56 [2.25]	45 [1.75]	30 [1.25]	20 [0.75]	16 [0.625]

Dimensions, mm [in.]					
For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]					
	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	45.0 ± 0.1 [1.750 ± 0.005]	30.0 ± 0.1 [1.250 ± 0.005]	20.0 ± 0.1 [0.800 ± 0.005]	12.5 ± 0.1 [0.565 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	75 [3.0]	54 [2.0]	36 [1.4]	24 [1.0]	20 [0.75]

Note 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than 1 % larger in diameter than the center (controlling dimension).

Note 2—If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gauge length. Reference marks for the measurement of elongation should, nevertheless, be spaced at the indicated gauge length.

Note 3—The gauge length and fillets may be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the force shall be axial (see Fig. 9). If the ends are to be held in wedge grips it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

Note 4—On the round specimens in Figs. 8 and 9, the gauge lengths are equal to four [E8] or five times [E8M] the nominal diameter. In some product specifications other specimens may be provided for, but unless the 4-to-1 [E8] or 5-to-1 [E8M] ratio is maintained within dimensional tolerances, the elongation values may not be comparable with those obtained from the standard test specimen.

Note 5—The use of specimens smaller than 6-mm [0.250-in.] diameter shall be restricted to cases when the material to be tested is of insufficient size to obtain larger specimens or when all parties agree to their use for acceptance testing. Smaller specimens require suitable equipment and greater skill in both machining and testing.

Note 6—For inch/pound units only: Five sizes of specimens often used have diameters of approximately 0.505, 0.357, 0.252, 0.160, and 0.113 in., the reason being to permit easy calculations of stress from loads, since the corresponding cross-sectional areas are equal or close to 0.200, 0.100, 0.0500, 0.0200, and 0.0100 in.<sup>2</sup>, respectively. Thus, when the actual diameters agree with these values, the stresses (or strengths) may be computed using the simple multiplying factors 5, 10, 20, 50, and 100, respectively. (The metric equivalents of these five diameters do not result in correspondingly convenient cross-sectional areas and multiplying factors.)

FIG. 8 Standard 12.5-mm [0.500-in.] Round Tension Test Specimen and Examples of Small-Size Specimens Proportional to the Standard Specimen

Anexo N° 13 NORMA ASTM A370

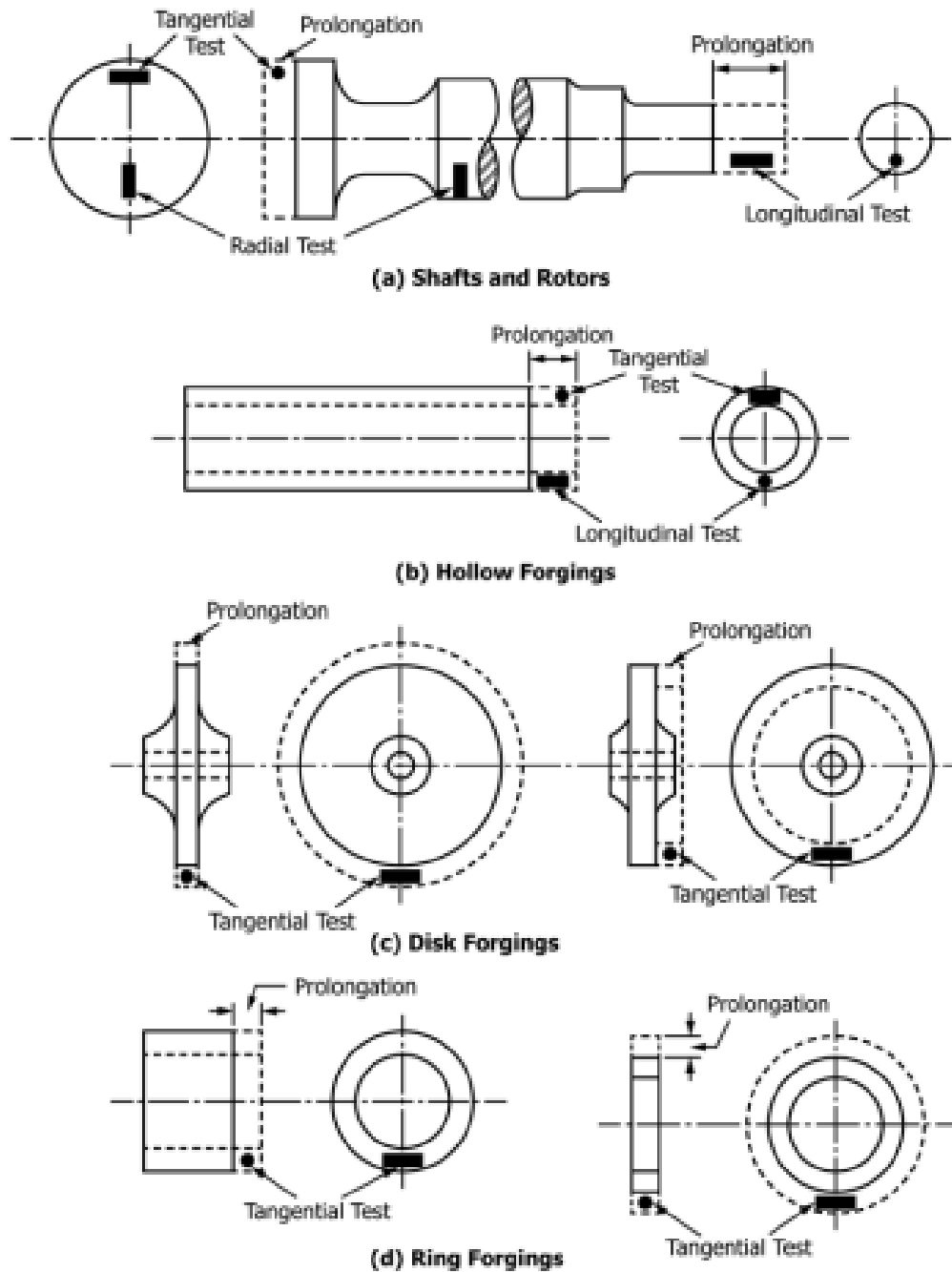


FIG. 2 Location of Longitudinal Tension Test Specimens in Rings Cut from Tubular Products

## Anexo N° 14 NORMA ASTM A 36/A 36 M - 05

### TABLE 1 Appurtenant Material Specifications

NOTE 1—The specifier should be satisfied of the suitability of these materials for the intended application. Chemical composition and/or mechanical properties may be different than specified in A 36/A 36M.

Material	ASTM Designation
Steel rivets	A 502, Grade 1
Bolts	A 307, Grade A or F 568M, Class 4.6
High-strength bolts	A 325 or A 325M
Steel nuts	A 563 or A 563M
Cast steel	A 27/A 27M, Grade 65–35 [450–240]
Forgings (carbon steel)	A 668, Class D
Hot-rolled sheets and strip	A 1011/A 1011M, SS Grade 36[250] Type 1 or Type 2 or A 1018/A 1018M SS Grade 36[250]
Cold-formed tubing	A 500, Grade B
Hot-formed tubing	A 501
Anchor bolts	F 1554

### TABLE 2 Chemical Requirements

NOTE 1—Where “...” appears in this table, there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

Product	Shapes <sup>A</sup>	Plates <sup>B</sup>					Bars <sup>B</sup>			
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All									
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	...	...	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

<sup>A</sup>Manganese content of 0.85–1.35 % and silicon content of 0.15–0.40 % is required for shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm].

<sup>B</sup>For each reduction of 0.01 percentage point below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 percentage point manganese above the specified maximum will be permitted, up to the maximum of 1.35 %.

### TABLE 3 Tensile Requirements<sup>A</sup>

Plates, Shapes, <sup>B</sup> and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] <sup>C</sup>
Plates and Bars <sup>D,E</sup> :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 <sup>B</sup>

<sup>A</sup>See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

<sup>B</sup>For wide flange shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 % applies.

<sup>C</sup>Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

<sup>D</sup>Elongation not required to be determined for floor plate.

<sup>E</sup>For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See the Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.