

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de
Ingeniero Electromecánico

TÍTULO:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA MÁQUINA DE
ENSAYOS A LA TRACCIÓN CONSTRUIDA
EN EL AEIRNNR”

AUTORES:

Cuenca Fanny

Loyola Rudid

DIRECTOR:

Ing. Francisco Aleaga.

ASESORES:

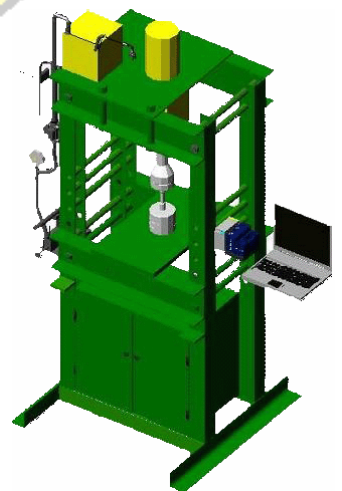
Ing. Carlos Calderón

Ing. Raúl Castro

Msc. Sergio Rodrigues

Loja – Ecuador

2007



PENSAMIENTO

"Educar es depositar en cada hombre toda la obra humana que le ha antecedido; es hacer a cada hombre resumen del mundo viviente hasta el día en que vive; es ponerlo al nivel de su tiempo; es prepararlo para la vida"

José Martí.

CERTIFICACIÓN

Ing. FRANCISCO LEONEL ALEAGA LOAIZA, Director de Tesis cuyo tema versa en “**Implementación de un Sistema de Adquisición de Datos para la Máquina de Ensayos a la Tracción construida en el AEIRNNR**” de la carrera de **Ingeniería Electromecánica** de la **Universidad Nacional de Loja**, a petición de la parte interesada;

CERTIFICA:

Fanny del Cisne Cuenca Cuenca y Rudid Orlando Loyola Castro realizaron el presente **Proyecto de Investigación** que fue elaborado bajo mi dirección, y una vez que ha sido culminado, autorizo la presentación del mismo para los fine legales pertinentes.

Loja, Abril del 2007

Ing. Francisco Aleaga L.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Nacional de Loja especialmente al AEIRNNR, la cual podrá hacer uso del mismo cuando lo estime conveniente.

Fanny del Cisne Cuenca Cuenca

Egdo. Ingeniería Electromecánica

Rudid Orlando Loyola Castro

Egdo. Ingeniería Electromecánica

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al único y sabio DIOS por sus infinitas bendiciones hacia nosotros.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la elaboración de nuestro trabajo investigativo especialmente a nuestros padres que con su apoyo nos alentaron a la culminación de nuestros estudios.

A nuestro director de Tesis Ing. Francisco Aleaga por su colaboración.

Al Ing. Calos Calderón, Asesor de Tesis, por habernos brindado su invaluable ayuda en la ejecución de este proyecto.

Y un agradecimiento muy especial a nuestros maestros y compañeros con los cuales hemos compartido grandes y pequeños momentos en el transcurso de nuestra carrera.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Luz y Armando quienes me han dado todo y han sabido guiarme por el camino correcto, y que con su esfuerzo han logrado apoyarme a la culminación de mis estudios, a mis hermanos con quienes siempre he podido contar.

A la persona quien más me ha apoyado en los momentos difíciles, quien con su amor y comprensión ha logrado darme la confianza necesaria para seguir luchando por nuestros objetivos, Rudid.

FANNY.

A mis queridos padres María y Orlando que me apoyaron en los buenos y malos momentos, y me guiaron por la senda del buen camino y la superación.

A mis hermanos Johanna e Iván, y a mi tío Klever que me apoyaron a lo largo de estos años de estudio y me supieron dar los buenos consejos para seguir adelante.

A la persona que en estos 3 años supo llenarme de alegría y optimismo, quien con su amor supimos superar nuestras adversidades. Fanny

RUDID

*Especialmente a DIOS que nos supo
guiar en estos años de estudio.*

RESUMEN

Hoy en día los avances tecnológicos son cada vez mas importantes, es por esta razón que la Universidad Nacional de Loja se esta preparando para este nuevo escenario.

Como parte de este desarrollo científico tecnológico el Área de Energía Industria y Recursos Naturales No Renovables, plantea este proyecto de Adquisición de Datos para la Máquina de Ensayos a la Tracción que se encuentra en el taller mecánico, para fortalecer el conocimiento de los estudiantes y proveer a los profesores de nuevas herramientas para verificar sus conceptos con nuevas metodologías encaminadas en ciencias aplicadas.

El estado actual de la máquina de ensayos a tracción presenta una baja confiabilidad de resultados, y posee una interfaz hombre-máquina limitada, además la recopilación de los datos de manera manual.

El presente trabajo consiste en la adquisición, análisis y presentación de datos por computadora de la Máquina de Ensayos a la Tracción.

Se comenzara primero por la identificación de las variables involucradas, se hará la selección de los sensores a implementar para cada variable identificada como son la fuerza y la deformación (celda de carga y satín gages), posteriormente se hará el diseño y construcción de los elementos complementarios para la implementación de los sensores en este caso se construirá un circuito electrónico para poder adaptar la señal a los rangos de operación del módulos de adquisición de datos (Compact FieldPoint), luego se efectuara la calibración de la celda así como del dispositivo para medir la deformación, finalmente con la ayuda del programa computacional LabView el cual proporcionará datos en tiempo real y esta diseñado especialmente para la comunicación directa con los dispositivos de medición de campo (sensores); los datos podrán ser manipulados, analizados y presentados en la pantalla en forma grafica, así mismo dicho programa brindara la posibilidad de generar reportes de los cuales podrán ser impresos y almacenados.

SUMMARY

Nowadays the technological advances are more and more important, is therefore that the National University of Loja this preparing itself for this new scene.

As it stops of this technological scientific development the Area of Energy Natural Industry and non-Renewable Resources, it raises east project of Data acquisition for the Machine of Tests to the Traction that is in the mechanical factory, to fortify the knowledge of the students and to provide the professors with new tools to verify his concepts with new methodologies directed in applied sciences.

The present state of the machine of tests to traction presents/displays a low trustworthiness of results, and has a limited man-machine interface, in addition the compilation to the data of manual way.

The present work consists of the acquisition, analysis and presentation of data by computer of the Machine of Tests to the Traction.

It was begun first by the identification of the involved variables, the selection will be made of the sensors implement for each identified variable as they are the force and the deformation (cell of load and satin gages), later will be made the design and construction of the complementary elements for the implementation of the sensors in this case will be constructed an electronic circuit to be able to adapt the signal to the ranks of operation of the modules of data acquisition (Compact Field Point), soon took place the calibration of the cell as well as of the device to measure the deformation, finally with the aid of the computational program LabVIEW which will provide data in real time and this designed specially for the direct communication with the devices of measurement of field (sensorial); the data could be manipulated, be analyzed and presented/displayed in the screen in graphical form, also this program offered the possibility of generating reports of which they could be printed and be stored.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
PENSAMIENTO	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN	VII
SUMMARY	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURA	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
INTRODUCCIÓN	16
Situación de la problemática	18
Objetivos de la Investigación	20
Planteamiento de la Hipótesis	21

MARCO TEÓRICO

CAPITULO I GENERALIDADES DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS A LA TRACCIÓN

1.1. Introducción	22
1.2. Máquinas de Ensayos a la Tracción	23
1.3. Sensor Transductor	25
1.3.1. Funciones de un Sensor Transductor.....	25
1.3.2. Especificaciones del Sensor Transductor.....	25
1.4. Magnitudes e instrumentos para Máquinas de Ensayos a la Tracción	27
1.4.1. Fuerza.....	27
1.4.1.1. Instrumentos para medir la fuerza.....	28
1.4.1.1.1. Manómetro de Bourdon.....	28
1.4.1.1.2. Dinamómetros de Resistencia Eléctrica.....	29
1.4.2. Deformación.....	31
1.4.2.1. Instrumento para medir la Deformación Extensómetros.....	31
1.4.2.1.1. Extensómetros Mecánicos.....	31
1.4.2.1.2. Extensómetro Eléctrico.....	32
1.4.2.1.3. Puente de Wheatstone.....	33
1.5. Comunicación Industrial	35
1.5.1. Protocolos de Comunicación.....	35
1.5.1.1. Ethernet.....	36

1.5.1.2. Profibus.....	36
1.5.1.3. Fieldbus.....	37
1.5.2. Comunicación serial.....	37
1.5.2.1. Tipos de Comunicación Serial.....	37
1.5.2.1.1. RS-232 (ANSI/eia-232).....	37
1.5.2.1.2. RS-422 (EIA RS-422).....	38
1.5.2.1.3. RS-485 (EIA RS-485).....	38
1.6. Sistemas de Adquisición de Datos.....	39
1.6.1. Hardware.....	39
1.6.1.1. Tarjetas DAQ.....	39
1.6.1.1.1. Compact FieldPoint.....	41
1.7. Instrumentación Virtual.....	41
1.7.1. Software.....	42
1.7.1.1. LOOKOUT.....	42
1.7.1.2. BRIGDEVIEW.....	43
1.7.1.3. LABWINDOW.....	43
1.7.1.4. LabVIEW.....	44
1.7.1.5. GENIE.....	44

CAPITULO II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA SEÑALES FUERZA Y DEFORMACIÓN

2.1. Introducción.....	45
2.2. Descripción de la Máquina de Ensayos a la Tracción.....	45
2.3.1. Especificaciones técnicas del equipo.....	47
2.3. Sensores.....	48
2.3.1. Medición de la Fuerza.....	48
2.3.1.1. Selección de la Celda de Carga más apropiado.....	48
2.3.1.2. Características de la Celda de Carga.....	49
2.3.1. Medición de la Deformación.....	50
2.3.2.1. Selección de los Extensómetros más apropiado.....	50
2.3.2.2. Característica de los Extensómetros.....	51
2.3.2.3. Puente de WHEATSTONE.....	52
2.3.2.4. Proceso para el pegado de los Extensómetros.....	53
2.4. Compact FieldPoint.....	55
2.3.1. Módulo cFP-2020.....	56
2.4.1.1. Alimentación del cFP-2020.....	56
2.4.1.2. Especificaciones técnicas del Módulo cFP-2020.....	57
2.3.1. Módulo cFP-SG-140.....	57
2.4.2.1. Instalación y cableado del Módulo cFP-SG-140.....	58
2.4.2.2. Especificaciones técnicas del Módulo cFP-SG-140.....	59
2.4.2.3. Instalación del conector de bloques cFP-CB-x.....	60
2.4.2.4. Conexión de los sensores a los canales de entrada.....	61
2.3.1. Measurement & Automation Explorer (MAX).....	62
2.4.3.1. Configuración del cFP-2020.....	63
2.4.3.2. Configuración del cFP-SG-140.....	65

CAPITULO III DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA MÁQUINA DE ENSAYOS A LA TRACCIÓN

3.1. Introducción	69
3.1. Lenguaje de Programación LabVIEW	70
2..1. Sistema de Trabajo.....	71
2..1.1. Panel Frontal.....	71
2..1.2. Diagrama de Bloque.....	72
2..1.3. Paletas de trabajo.....	73
3.1. Desarrollo del Programa para la Adquisición de Datos	75
2..1. Diagrama de Flujo General del Programa.....	76
2..2. Ventana Principal.....	77
2..2.1. Ventana de Autenticación.....	78
2..2.2. Ventana de Administración técnica administrativa.....	80
2..2.3. Ventana de Adquisición de Datos.....	82
2..3. Rutinas creadas.....	83
2..3.1. Adquisición de Datos.....	83
2..3.2. Almacenamiento de los Datos.....	84
2..3.3. Operaciones Matemáticas.....	85
2..3.4. Llamar Archivos Guardados.....	86
2..3.5. Exportar a Excel.....	86
2..3.6. Rutina de Ayuda.....	87

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPITULO IV ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA PRÁCTICA PARA EL LABORATORIO

4.1. Ensayos de tracción	88
4.1.1. Objetivos de los Ensayos de Tracción.....	88
4.2. Materiales a Ensayar	88
4.2.1. Dimensión de las Probetas.....	89
4.2.2. Ecuaciones que rigen las propiedades del material ensayada.....	90
4.3. Materiales y Equipos utilizados	94
4.3.1. Procedimiento experimental.....	94

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	96
CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	152
BIBLIOGRAFÍA	153
ANEXOS	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Máquina Hidráulica para Ensayos de Tracción.....	24
Figura 1.2. Manómetro de Bourdon.....	28
Figura 1.3. Dinamómetro de resistencia eléctrica.....	29
Figura 1.4. Celda de carga tipo S-viga.....	30
Figura 1.5. Celda de carga tipo Perfil Bajas.....	30
Figura 1.6. Celda de carga tipo Tensión - compresión.....	30
Figura 1.7. Comparador jet 512 k de Compac.....	32
Figura 1.8. Configuración del Extensometro.....	33
Figura 1.9. Configuración del Puente de Wheatstone.....	34
Figura 1.10. Sistema de Comunicación.....	35
Figura 1.11. Sistema de Adquisición de Datos.....	39
Figura 1.12. Tarjeta DAQ.....	40
Figura 1.13. Modulo Compact FieldPoint.....	41
Figura 2.1. Máquina de Ensayos a la Tracción.....	47
Figura 2.2. Celda de Carga Marca OMEGA.....	49
Figura 2.3. Extensometro tipo strain gage Marca Omega.....	51
Figura 2.4. Dimensiones del Extensometro Marca Omega.....	52
Figura 2.5. Circuito de Cuarto de Puente.....	53
Figura 2.6. Levantado del conjunto Cinta- gage.....	54
Figura 2.7. Conjunto cinta- gage levantado y en posición.....	54
Figura 2.8. Colocando el adhesivo.....	54
Figura 2.9. Adhiriendo el Gage.....	54
Figura 2.10. Despegando la Cinta.....	55

Figura 2.11. Conector de alimentación de 6 pines.....	56
Figura 2.12. Instalación del modulo cFP-SG-140.....	58
Figura 2.13. Instalación del conector de bloques cFP-CB-x.....	60
Figura 2.14. Circuito de entrada del cFP-SG-140.	61
Figura 2.15. Conexión de puente completo de un Strain Gage a un solo canal.....	62
Figura 2.16. Ventana del measurement & Automation Explorer (MAX).....	63
Figura 2.17. Ventana de configuración de los recursos de comunicación.....	64
Figura 2.18. Ventana de Comunicación IP.....	64
Figura 2.19. Ventana de Jerarquía de Módulos Disponibles.....	65
Figura 2.20. Acceso al dispositivo de configuración cFP-SG-140.....	66
Figura 2.21. Ventana de configuración del Modulo cFP-SG-140.....	66
Figura 2.22. Ventana de configuración de los canales.....	67
Figura 2.23. Ventana de configuración del canal 0.....	67
Figura 2.24. Ventana de configuración del canal 1.....	68
Figura 2.25. Ventana de presentación de los canales de entrada.....	68
Figura 3.1. Pantalla de inicio de LabVIEW 8.2.....	71
Figura 3.2. Panel frontal.....	72
Figura 3.3. Diagramas de Bloques.....	73
Figura 3.4. Paleta de funciones.....	73
Figura 3.5. Paleta de controles.....	74
Figura 3.6. Paleta de funciones.....	75
Figura 3.7. Ventana de Presentación.....	76
Figura 3.8. Diagrama de Flujo General del Programa.....	77
Figura 3.9. Ventana Principal.....	77
Figura 3.10. Autenticación para Administrador.....	79
Figura 3.11. Administración de Cuenta de Usuario.....	79

Figura 3.12. Autenticación para usuario.....	80
Figura 3.13. Ventana de Información Técnica y Administrativa.....	80
Figura 3.14. Ventana de Adquisición de Datos.....	82
Figura 3.15. Diagrama de bloques de Adquisición de Datos.....	84
Figura 3.16. Almacenamiento de Datos.....	85
Figura 3.17. Rutina de Operaciones Matemáticas.....	85
Figura 3.18. Archivos Guardados	86
Figura 3.19. Rutina de Exportación a Excel.....	86
Figura 3.20. Rutina de Ayuda.....	87
Figura 4.1 Dimensiones de probeta normalizada.....	90
Figura 4.2. Ruptura de una probeta.....	93
Figura 4.3. Grafica del ensayo de tracción	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características técnicas de la Máquina de Ensayos a la Tracción.....	47
Tabla 2.2. Características Técnicas de la Celda de Carga.....	50
Tabla 2.3. Características Técnicas de los Extensómetros.....	52
Tabla 2.4. Dimensiones del Extensometro Marca Omega.....	52
Tabla 2.5. Características Técnicas del modulo cFP-2020.....	57
Tabla 2.6. Características de Entrada del modulo cFP-SG-140.....	59
Tabla 2.7. Características Físicas y de Potencia del modulo cFP-SG-140.....	59
Tabla 2.8. Características Ambientales del modulo cFP-SG-140.....	59
Tabla 2.8. Características de Voltaje de aislamiento del modulo cFP-SG-140.....	60
Tabla 2.10. Resistencia Mínima del Puente.....	60
Tabla 2.11. Terminales de los Canales.....	61
Tabla 4.1. Materiales a ensayar.....	89
Tabla 4.2. Dimensiones de la probeta estándar de sección circular.....	89

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones ha provocado un vertiginoso desarrollo de todas las ramas y dentro de ellas una de las que más avanzado es la computación.

Dentro de los sistemas de cómputo adquieren particular relevancia los sistemas de adquisición de datos, por cuanto son los encargados en lo fundamental de convertir a formato digital las señales del mundo físico que en su mayoría son analógicas y continuas, por esta razón el Área de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables con el afán de dotar elementos necesarios para una educación mas practica a decidido que, a partir de una MÁQUINA DE ENSAYOS A LA TRACCIÓN sin control electrónico se desarrolle un SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR COMPUTADORA la cual nos permitirá acceder a los ensayos en forma automática con la posibilidad de realizar el procesamiento de la información obtenida, y como elemento innovador se plantea la inclusión de un software didáctico para la presentación de ensayos tomados de los datos almacenados anteriormente.

El SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS es un proceso que involucra la recopilación de información de una forma automatizada a partir de fuentes de medición análogas y digitales provenientes de sensores o dispositivos bajo prueba, convirtiendo una señal física en tensiones eléctrica de tal manera que se puedan utilizar en la PC, para lo cual se requiere una etapa de acondicionamiento que adecue la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. La adquisición de datos utiliza una combinación de medición de hardware y software basado en PC para proporcionar un sistema de medición flexible y definido por el usuario.

El elemento que hace dicha transformación es el MODULO Compact FieldPoint el mismo que posee un programa de configuración llamado Measurement & Automation Explorer (MAX); el sistema le da la libertad, rapidez y facilidad a las E/S y nodos de medición de los sensores, evitando las molestias y costo de instalación eléctrica.

Una vez que las señales eléctricas se ha transformado en digitales dentro de la memoria de la PC, se la procesara con un programa de aplicación adecuado “LabVIEW 8.2”, el mismo que nos permitirá que la información sea archivada (en el disco duro), graficada e impresa. El programa desarrollado trabaja en base a Windows, y la comunicación con el usuario se la realiza a través de teclado y el mouse.

SITUACION PROBLEMÁTICA

Desde tiempos muy remotos el hombre ha venido realizando grandes descubrimientos tanto para su beneficio como para su destrucción. Los adelantos más significativos se encuentran en las ramas de la Física, Química, Electrónica, etc.

En lo que respecta a la parte electrónica se vienen dando pasos gigantescos para el beneficio del hombre, haciendo más fácil y rápida su labor. Los trabajos mecánicos que antes se necesitaba una o más personas que estén constantes en alguna actividad ahora con ayuda de software y sensores nos facilitan esta labor y ahorran tiempo y mano de obra.

Entre los ensayos destructivos más importantes se encuentra el de tracción. Una máquina de ensayos a la tracción es usada para someter a un material a la tensión y de esta manera determinar experimentalmente ciertas propiedades o características de ingeniería que soportan los materiales en distintas situaciones.

En el Área de Energía Industria y Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja se ha diseñado y construido una Máquina de Ensayos a la Tracción cuyo funcionamiento se basa en un circuito hidráulico cerrado, el cual consta de un depósito que contiene el líquido (aceite), al cual se conecta una tubería de baja presión y una válvula de paso, el otro extremo de la tubería esta conectada a una bomba manual de pistón la cual impulsa el líquido por medio de la tubería de alta presión, en esta tubería existe tres derivaciones una se dirige al manómetro que mide la presión de la bomba, la otra cuenta con una válvula de alivio o de seguridad que sirve para regular la presión y enviar el exceso nuevamente al depósito, y la tercera es la que va al distribuidor que consta de una válvula direccional de tres posiciones (tracción, compresión, neutro) y cuatro vías, según en la posición que se encuentre va a trabajar el cilindro hidráulico; para la tracción la tubería se encuentra ubicada en la parte inferior del cilindro hidráulico, y para la compresión esta ubicada en la parte superior del mismo. Si se esta trabajando a la tracción el fluido regresara por la tubería de compresión hasta el distribuidor y de este al depósito y para la compresión sucede lo contrario, cumpliéndose así el circuito antes mencionado.

Los ensayos realizados en la máquina no son lo suficientemente exactos ya que sus lecturas son tomadas de aparatos analógicos, y se necesita de cuatro a cinco personas para poder copiar los datos y luego unirlos para sacar los diferentes resultados, otro de los inconvenientes que existe es el tiempo que se tarda en realizar una prueba completa es de 15 a 20 minutos.

Una de las formas para mejorar el funcionamiento y confiabilidad de resultados de esta máquina es la obtención de resultados de calidad y eficacia y estos se los obtienen con la ayuda de aparatos electrónicos.

El problema esta en proponer la implementación de un sistema de adquisición de datos para la obtención de resultados exactos, confiables y rápidos.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Existe una deficiencia en la exactitud de los resultados obtenidos en la Máquina de Ensayos a la Tracción del AERNNR.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

- Implementar un Sistema de Adquisición de Datos en la máquina de ensayos a la tracción del AERNNR, para la digitalización y análisis de resultados obtenidos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los instrumentos y materiales necesarios para la Implementación de un Sistema de Adquisición de datos para la máquina de ensayos del AEIRNNR.
- Desarrollar un Sistema de Adquisición de Datos utilizando el lenguaje de programación grafica LABVIEW.
- Implementar los instrumentos necesarios para analizar gráficamente, a través de un sistema de adquisición de datos, la curva esfuerzo-deformación unitaria de los diferentes metales ensayados.

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

- La configuración de un software que responda a diferentes variables de trabajo mecánico, permitirá una mejor adquisición de datos de esfuerzo-deformación unitaria en la máquina de ensayos a la tracción del AEIRNNR

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Adecuada selección de los distintos instrumentos a utilizar.
- Es posible elaborar un programa que permita la adquisición automatizada de datos de la máquina de ensayos a atracción del AEIRNNR mediante Labview.
- La adecuada implementación de la máquina de ensayos a la tracción del área permitirá la visualización de la curva esfuerzo-deformación unitaria.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

CAPITULO I GENERALIDADES DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS A LA TRACCIÓN

1.1. Introducción

Las máquinas de ensayos a tracción son máquinas que desde el ámbito de resistencia de materiales tienen un lugar importante para saber las características de los materiales de construcción, las cuales presentan sus mayores ventajas, como en lo referente a la versatilidad de operaciones que se podrían realizar en ella.

El ensayo destructivo más importante, es el ensayo de tracción que consiste en someter una probeta normalizada a esfuerzos progresivos y crecientes de tracción en la dirección de su eje con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas de los metales, para conocer las cargas que pueden soportar los materiales, medir su comportamiento en distintas situaciones o sea definir sus características de resistencia y deformabilidad. Para esto se coloca una probeta en una máquina de ensayo (mecánica o hidráulica), durante este proceso resulta significativo conocer el comportamiento de la probeta en cuanto a deformación para cada carga aplicada y para ello se procede a medir la carga y la deformación, mientras se aplica el desplazamiento de la mordaza móvil.

Para medir tales variables, se utilizan sensores tanto de esfuerzo (celda de carga que entrega una señal que representa la carga aplicada a la probeta), como deformación (extensómetro que permite medir el alargamiento).

El envío y recepción de datos en un sistema automatizado ha constituido también un punto central en líneas de desarrollo e investigación en aras de encontrar el mejor tipo de red para una aplicación dada, protocolo mas optimo, configuración mas efectiva y de menor costo, mejor y mayor transferencia de datos, seguridad y fiabilidad en la comunicación.

Para la transmisión de los datos existen protocolo de red o protocolo de comunicación que es un conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red. En este contexto, las

entidades son programas de computadora o automatismos de otro tipo, tales como dispositivos electrónicos capaces de interactuar en una red.

Dentro de los sistemas de cómputo adquiere particular relevancia los sistemas de adquisición de datos por cuanto son los encargados en lo fundamental de convertir a formato digital las señales del mundo físico que en su mayoría son analógicas y continuas, la selección de un sistema de adquisición de datos constituye un aspecto de particular importancia que no siempre se le da la solución ajustada que permita alcanzar la mejor relación de prestaciones de funciones de los requerimientos y necesidades del sistema de medición.

Hoy en día existe una gran cantidad y variedad de instrumentos virtuales, tanto para experimentación como vinculados directamente a la producción, en los que la información se procesa en la computadora. Su principal importancia y aplicación se centra en el campo de la automatización de máquinas con principios hidráulicos, y la medición y el procesamiento digital de señales.

1.2. Máquinas de Ensayos a la Tracción

Las máquinas de tracción generan un movimiento alternativo rectilíneo, utilizadas para actuar sobre muy distintos materiales, en cualquier operación que requiera una fuerte presión de trabajo, es una aplicación directa del principio de Pascal, que consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, un par de mordazas una fija y una móvil y una bancada.

Las máquinas de ensayos a la tracción no conocen las limitaciones que imponen ciertos mecanismos de las máquinas de accionamiento mecánico como las máquinas herramientas (tornos, fresadoras, cisallas, etc.) por lo cual permiten desarrollar cargas muy elevadas ejerciendo un esfuerzo de bombeo reducido tanto manual como mecánicamente.

La máquina de accionamiento hidráulico que se observa en la figura 1.1, tiene un dispositivo básico de generación de la fuerza, está dado por el movimiento de un pistón

dentro de un cilindro por medio de la presión de aceite. La presión se origina en una bomba (sea manual o eléctrica), de modo que la medida de la fuerza desarrollada está dada por el área del pistón multiplicada por dicha presión del aceite.

Para realizar una máquina hidráulica es indispensable que el pistón, cilindro, bomba, válvulas, y en general todos los dispositivos hidráulicos tengan su ajuste perfecto, para que la medida tanto de presión como de deformación sea lo mas precisa posible.

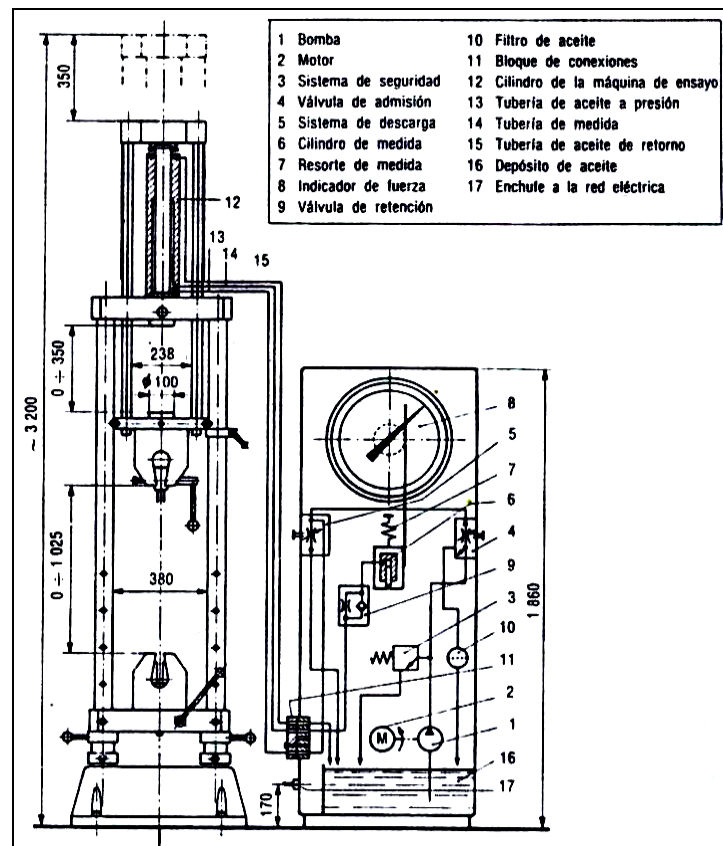


Fig. 1.1: Máquina Hidráulica para ensayos de tracción.

Las máquinas hidráulicas para ensayos de tracción por sus características de construcción presentan un sinnúmero de ventajas, existen pocas piezas en movimiento (bombas, motores y cilindros), flexibilidad, el aceite se adapta a las tuberías como si fuera una barra de acero, seguridad, salvo algún peligro de incendios en ciertas instalaciones, multiplicación de fuerzas.

Así mismo este tipo de máquinas, por sus características de construcción presentan desventajas tales como, limpieza en la manipulación de los aceites, aparatos y tuberías.

En la actualidad las máquinas de ensayo comerciales que ofrecen diferentes firmas como Instron son automatizadas. La automatización de las máquinas manuales, requiere ante todo de la inserción de dispositivos transductores, que permitan la medición de las variables más importantes durante los ensayos, tales como los sensores de deformación y fuerza, los que a continuación serán tratados.

1.3. Sensor Transductor

En términos generales, un sensor o transductor es un dispositivo capaz de transformar un tipo de energía en otro. La mayoría convierte una determinada cualidad física en una señal eléctrica (tensión o corriente).

1.3.1. Funciones de un Sensor Transductor

Las funciones de un sensor transductor son:

- Captar la presencia, magnitud, cambio y/o frecuencia de determinada magnitud física.
- Proporcionar una salida eléctrica que al ser procesada de manera adecuada, brinde información cuantitativa precisa acerca de las propiedades o condiciones, que el transductor transforma en señal eléctrica.

Los transductores pueden ser moduladores o generadores. Los transductores pasivos o moduladores requieren de una excitación externa (fuente de alimentación) y su salida constituye una modulación de la señal de excitación. La modulación se debe a que los mismos basan su funcionamiento en la variación de determinada propiedad física como resistencia, capacitancia, inductancia, etc.

Los transductores generadores no requieren de alimentación externa, siendo capaces de producir una corriente o tensión a su salida cuando se afecta una o varias de sus propiedades.

1.3.2. Especificaciones de los Sensores Transductores

Todos los instrumentos deben ser especificados a un punto tal que aseguren la operación del proceso y que permita la estimación de sus costos. Estas especificaciones se pueden

sistematizar, aplicándolas a un sistema de sensores. Sin embargo, las definiciones conforman parte del léxico básico del proyecto de instrumentación.

- **Precisión (o exactitud)**

Todo sistema sensor responde a un principio físico, químico o biológico que permite su funcionamiento. La precisión es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones. Esta cualidad debe evaluarse a corto plazo.

- **Errores**

Expresa la diferencia entre la magnitud medida y la lectura instrumental, el error se define, habitualmente, como Lectura-Valor real. Los instrumentos ideales son lineales, de hecho la mayoría de los sistemas instrumentales comerciales tienen respuesta lineal, los errores posibles en estos instrumentos se pueden agrupar en: errores en el contacto con el medio a medir, errores en el sensor por efectos mecánicos, químicos, eléctricos y térmicos, errores en la transmisión de señal por la resistencia de los conductores, interferencia electromagnética y efecto termoeléctrico, errores en el procesamiento de señal por defectos en la resistencia.

- **Repetibilidad**

Especifica la habilidad del instrumento para entregar la misma lectura en aplicaciones repetidas del mismo valor de la variable medida.

- **Sensibilidad**

Término utilizado para describir el mínimo cambio en la especie registrada que el instrumento puede detectar, a la posibilidad de discriminar dos valores muy cercanos entre sí.

- **Tiempo de Respuesta.**

La medición de cualquier variable de proceso puede implicar una demora, (debida a fenómenos de equilibrio, transporte, etc.) que debe ser definida adecuadamente. Si la medición tiene una cinética más lenta que la de la propia variable, habrá que disponer de

sistemas complejos de predicción del valor en lugar de descansar sólo sobre la medición instrumental.

1.4. Magnitudes e Instrumentos para Máquinas de Ensayos a la Tracción

Las variables involucradas en los ensayos de tracción son, fuerza y deformación. Para medir tales magnitudes que se presentan en la práctica, se recurre a diversos instrumentos de medida, aplicando técnicas o métodos apropiados. Para ese fin es necesario conocer en cada caso lo que se puede esperar como resultado de la operación, porque si bien sería ilusorio pretender obtener más de lo que el aparato o el método pueden proporcionar, también es decepcionante no aprovechar al máximo lo que estos pueden brindar.

Los instrumentos de medición tanto de fuerza como de deformación, pueden estar provisto de elementos tales como una aguja, dígitos o un registrador que permiten efectuar la lectura de una magnitud dada, cuando esa lectura corresponde directamente a la magnitud en estudio se trata de la medida directa de dicha magnitud. En otros casos, la lectura efectuada sirve para entrar en una curva de calibración o en una tabla de correspondencia para averiguar la medida deseada.

1.4.1. Fuerza

La fuerza es la carga aplicada a cuerpo en un momento dado y se expresa en unidades de superficie (Kg/cm^2), y se expresa como indica la ecuación 1. Si las fuerzas aplicadas a los extremos de las barras son salientes, se establecen tensiones de tracción en la misma. Es esencial que la línea de aplicación de las fuerzas pase por el centro de la sección transversal de la barra.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{ec [1]}$$

Cuando una fuerza externa actúa sobre un material causa un esfuerzo o tensión en el interior del material que provoca la deformación del mismo. En muchos materiales, entre ellos los metales y los minerales, la deformación es directamente proporcional al esfuerzo. Esta relación se conoce como ley de Hooke, no obstante, si la fuerza externa supera un determinado valor, el material puede quedar deformado permanentemente,

y la ley de Hooke ya no es válida. El máximo esfuerzo que un material puede soportar antes de quedar permanentemente deformado se denomina límite de elasticidad.

1.4.1.1. Instrumentos para medir la fuerza

En el ensayo de los materiales la medición de fuerzas constituye uno de los elementos básicos de la determinación. Es evidente, que la sensibilidad de los aparatos de medida se debe adecuar a cada caso particular, puesto que la precisión con que se debe efectuar la medición de la fuerza en juego debe ser tanto mayor cuanto menor es la magnitud de la misma.

1.4.1.1.1. Manómetro de Bourdon

El manómetro de Bourdon se emplea en muchas máquinas de ensayo que utilizan el principio hidráulico para ejercer esfuerzos de magnitud mediana y grande.

Este dinamómetro se basa, en la deformación de un tubo elástico, denominado, el tubo de Bourdon, generalmente de latón, dotado de una curvatura tal que al recibir la presión uniforme del aceite de la máquina, o de otro líquido, tiende a enderezarse experimentando pequeños desplazamientos dentro del régimen elástico.

En esas condiciones el extremo *B* del tubo *AB* que se muestra en la figura 1.2, al desplazarse por efecto de la presión proveniente de la tubería *T*, transmite el movimiento al sector *S* dotado de una cremallera que hace desplazar la aguja *a*.

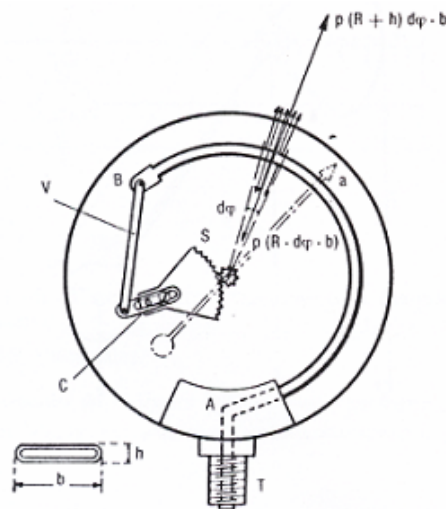


Fig. 1.2: Manómetro de Bourdon

El manómetro de Bourdon se calibra con aparatos de precisión partiendo de presiones conocidas. Además, se provee con un cuadrante rotativo para poder ajustar el cero en cualquier circunstancia. Ese punto de referencia no puede ser fijo, dado que es imposible eliminar las deformaciones parásitas del tubo, especialmente aquellas originadas por variaciones de temperatura.

1.4.1.1.2. Dinamómetros (celdas de carga) de Resistencia Eléctrica

Los dinamómetros o celdas de carga de resistencia eléctrica se construyen con el empleo de los extensómetros eléctricos. Una idea de un dinamómetro de tales características muestra la figura 1.3, correspondiente a un croquis de una celda de carga dinamométrica. El extensómetro eléctrico se emplea en una amplia gama de aparatos de medida, tales como los transductores para medir cargas de compresión, tracción, presión interna o torsión.

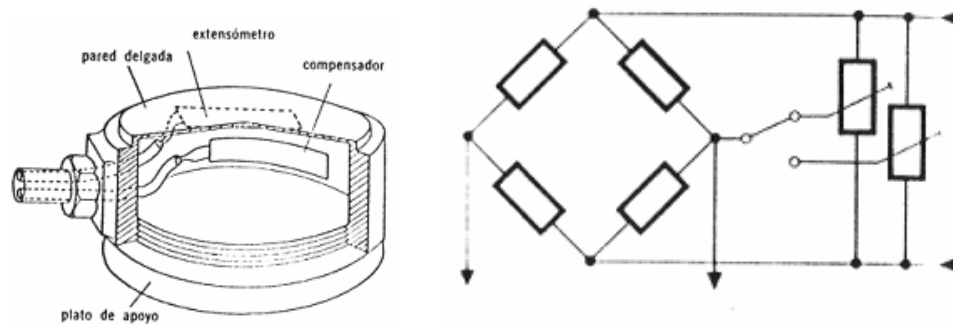


Fig. 1.3: Dinamómetro a resistencia eléctrica

A continuación se describen algunos tipos de celda de carga.

- **Celda de Carga tipo S-viga**

Las células de carga tipo S-viga mostrada en la figura 1.4, reciben su nombre por su forma de S. Esta celda de carga puede proporcionar un rendimiento bajo tensión o compresión. Las aplicaciones incluyen nivel del tanque, depósitos de alimentación y balanzas del camión. Ellos proporcionan el rechazo de carga de lado superior.

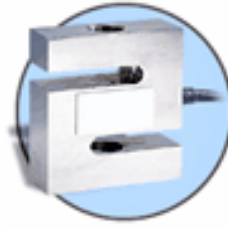


Fig. 1.4: Celda de carga tipo S-viga

- **Las Celda de Carga de Perfil bajas**

La celda de Carga de Perfil bajas se muestra en la figura 1.5, los agujeros montados y los hilos hembras proporcionan una instalación fácil. Frecuentemente son usadas para realizar grades fuerza de supervisión de materiales.

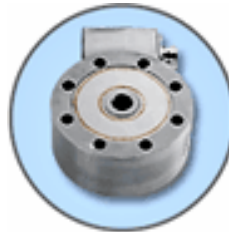


Fig. 1.5: Celda de carga tipo Perfil Bajas

- **Celda de Carga Tensión /Compresión**

La Celda de Carga Compresión/tensión mostrada en la figura 1.6, pueden usarse para aplicaciones dónde la carga puede ir de la tensión a la compresión o viceversa. Estas son ideales para espacios en ambientes restringidos.



Fig. 1.6: Celda de carga tipo Tensión – compresión

1.4.2. Deformación

La deformación se define como el cambio por unidad de longitud en una dimensión lineal de un cuerpo, el cual va acompañado por un cambio de esfuerzo. La deformación unitaria debida al esfuerzo es un número no dimensional, y es por lo tanto la misma si se le mide en pulgadas por pulgada de longitud, o en centímetros por centímetro, etc. Deformación permanente, es la deformación o deformación unitaria restante en un cuerpo previamente esforzado después del retiro de la carga.

1.4.2.1. Instrumentos para medir la Deformación (Extensómetros)

Los extensómetros tienen por objeto la medición de pequeñas variaciones que se producen en magnitudes lineales o angulares según direcciones conocidas o fijadas de antemano cuando se trata de hallar el máximo de dichas deformaciones. La medición así efectuada tiene siempre el carácter de relativa, puesto que se realiza entre dos puntos, de los cuales uno de ellos se toma como punto de referencia. En cuerpos de material heterogéneo la distancia entre esos dos puntos debe ser reducida, ya que de lo contrario la variación de distancia así medida corresponderá a una deformación promedio, esto último nos hace ver la necesidad de disponer de aparatos de medida muy precisos, por cuanto la exactitud de medición de la variación de longitud, de puntos muy próximos sólo se puede realizar con instrumentos que permitan esa apreciación con el mínimo error admisible, o sea que dichos aparatos deben poseer una gran sensibilidad.

1.4.2.1.1. Extensómetros Mecánicos

Los extensómetros mecánicos se utilizan en todas aquellas mediciones de deformaciones que tienen lugar en la superficie de los cuerpos bajo ensayo, de los elementos de máquinas en funcionamiento o en las construcciones. Los mismos permiten medir la variación de distancia entre distintos puntos o, en general, las deformaciones bajo el efecto de cargas de corta o larga duración y de las originadas por variaciones de temperatura.

Como las magnitudes a medir son muy pequeñas, los extensómetros mecánicos están formados por una serie de palancas articuladas entre ellas, que permiten aumentar esas magnitudes de tal modo que sean fácilmente medibles, sin cometer errores inadmisibles.

Los flexímetros se utilizan para medir desplazamientos relativos entre un punto de un sólido deformable. Para ello es de gran aplicación el comparador mostrado en la figura 1.7, cuyo mecanismo es similar al de los extensómetros a cuadrante, aunque de menor precisión, por cuanto el vástago posee una carrera mucho mayor, que llega hasta 50 mm.

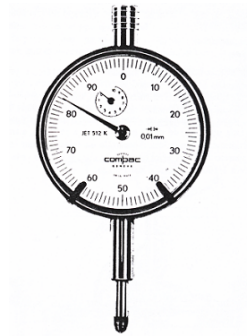


Fig. 1.7: Comparador jet 512 k de Compac

1.4.2.1.2. Extensómetro Eléctrico

El principio de operación de los extensómetros eléctricos se basa en los cambios de resistencia eléctrica que sufre un conductor, cuando es sometido a cambios en su longitud; principio que si bien fue enunciado en 1856 por Lord William Thomson Kelvin, no fue sino hasta 1938 en que Simmons y Ruge en USA, emplearon lo que podemos considerar hoy como un extensómetro eléctrico.

Pero no solo podemos obtener esfuerzos con los extensómetros eléctricos, ya que al ser éstos unos transductores que transforman los cambios de resistencia eléctrica a deformación unitaria, es posible, mediante las ecuaciones y conversiones adecuadas, tener parámetros tales como fuerza, presión, desplazamiento, temperatura, aceleración, par torsor, dilatación térmica, y otros muchos que ésta técnica nos permite obtener con relativa facilidad y economía; razón por la cual es aplicada en todos los desarrollos de la ingeniería moderna.

Los medidores pegables de resistencia eléctrica (Extensómetros) son dispositivos por demás sencillos, de hecho extremadamente simples. El medidor funciona por el principio de que cuando un conductor eléctrico se alarga, su resistencia eléctrica también cambia. Y si la relación entre los cambios relativos de resistencia ($\Delta R/R$)

divididos entre los de deformación ($\Delta L / L$), (que se define como factor del extensómetro o “gage factor”), son conocidos, entonces la deformación puede ser determinada; pues lo único que se necesita es medir $\Delta R / R$.

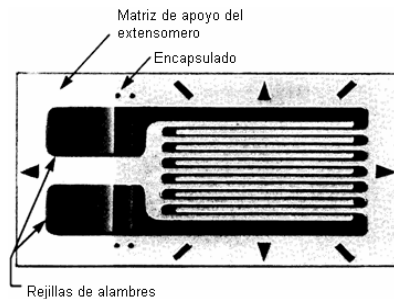


Fig. 1.8: Configuración del Extensometro

1.4.2.1.3. Puente de wheatstone

Un puente de Wheatstone es un instrumento eléctrico de medida inventado por Samuel Hunter Christie en 1832, mejorado y popularizado por Sir Charles Wheatstone en 1843. Se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia baja medida, produciendo una salida de voltaje que es proporcional al cambio de resistencia.

La disposición en puente también es ampliamente utilizada en instrumentación electrónica. Para ello, se sustituyen una o más resistencias por sensores, que al variar su resistencia dan lugar a una salida proporcional a la variación. Existen diferentes con figuraciones del puente de Whetstone mostrados en la figura 1,9.

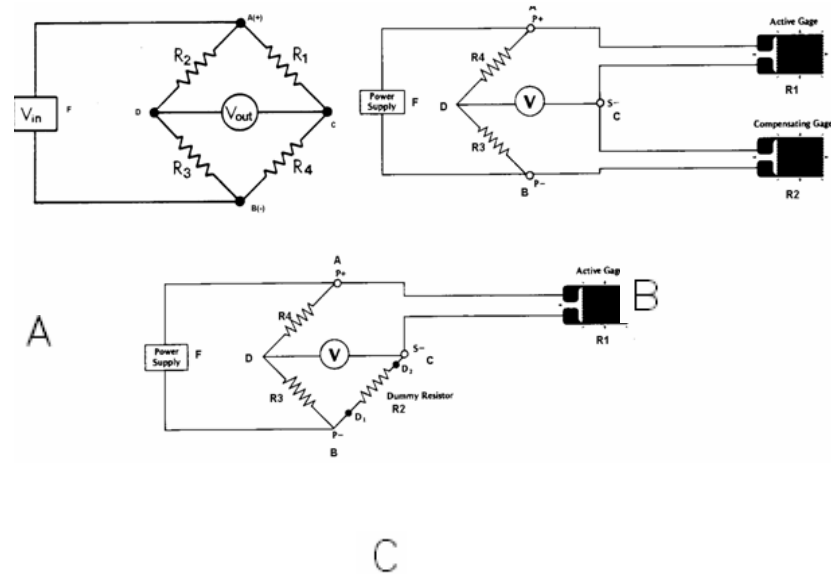


Fig. 1.9: Configuración del puente de Wheatstone A) Puente Completo

B) mitad de puente, C) cuarto de puente

Cada configuración del puente de Wheatstone tiene su explicación lógica, ya que un puente completo de cuatro resistencias es más preciso en su medición ya que cuenta con cuatro elementos activos a diferencia del medio puente que cuenta con dos y de igual manera el cuarto de puente que cuenta con una.

- **FACTORES PARA UN BUEN FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE.**

La exactitud y precisión con la que determinemos el valor de R_x de una resistencia con un puente de Wheatstone dependen de los siguientes factores:

- 1.- De la exactitud y precisión de las otras tres resistencias que constituyen el puente.
- 2.- De los valores de las resistencias de precisión. Cuanto menores sean los valores nominales de dichas resistencias, mayores serán las corrientes en el circuito, y será más simple detectar variaciones de las mismas.
- 3.- Del valor de la fuente, Cuanto mayor sea dicho valor, mayores serán las corrientes en el circuito, por lo que será más simple detectar variaciones en sus valores. Debido a las condiciones impuestas sobre la batería y las resistencias, se tienen que realizar los diseños tomando en cuenta las limitaciones de potencia de estas últimas.

1.5. Comunicación Industrial

El término comunicaciones industriales se refiere a la amplia gama de dispositivos de hardware, programas de software, y protocolos de transferencia de datos que forman una red que comunican entre sí computadoras, controladores, instrumentos, sensores y otros elementos utilizados en ambientes industriales. En este epígrafe se describe el modelo de los protocolos de comunicación, finalmente se mencionan algunas de las redes industriales más utilizadas hoy en día. En la figura 1.10, se muestra un sistema de comunicación industrial.

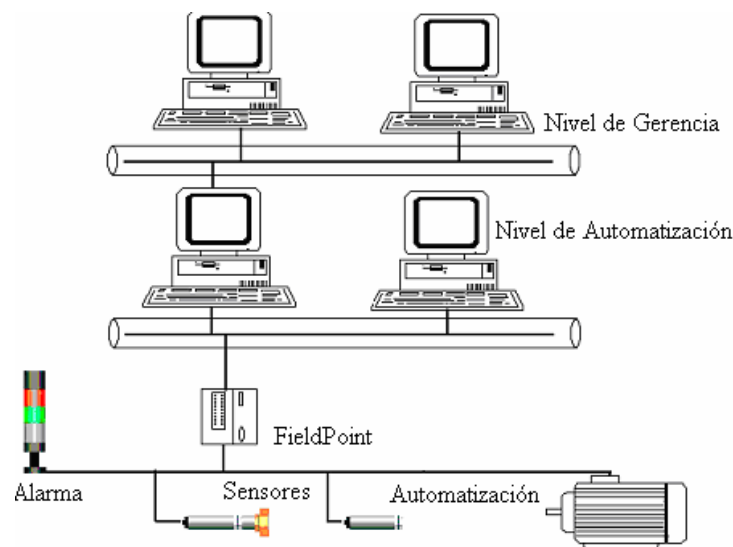


Fig. 1.10: Sistema de Comunicación

1.5.1. Protocolos de Comunicación.

Se le llama protocolo de red o protocolo de comunicación al conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red. En este contexto, las entidades de las cuales se habla son programas de computadora o automatismos de otro tipo, tales como dispositivos electrónicos capaces de interactuar en una red, los protocolos de red establecen aspectos como:

- Las secuencias posibles de mensajes que pueden arribar durante el proceso de la comunicación.
- La sintaxis de los mensajes intercambiados.

- Estrategias para corregir los casos de error.

Los protocolos que son implementados en sistemas de comunicación que tienen un amplio impacto, suelen convertirse en estándares, debido a que la comunicación e intercambio de información (datos) es un factor fundamental para sistemas.

1.5.1.1. Ethernet.

Originalmente desarrollado por Xerox, Digital e Intel en la década de 1970, hoy es el estándar IEEE 802.3, Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Basado en los protocolos estándar TCP/IP, utiliza los muy conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. Ethernet/IP clasifica los nodos de acuerdo a los tipos de dispositivos preestablecidos, con sus actuaciones específicas. El protocolo de red Ethernet/IP está basado en el Protocolo de Control e Información (Control and Information Protocol - CIP) utilizado en DeviceNet™ y ControlNet™. Basados en esos protocolos, Ethernet/IP ofrece un sistema integrado completo, desde la planta industrial hasta la red central de la empresa.

1.5.1.2. Profibus.

PROFIBUS es hoy en día el bus de campo abierto con el mayor éxito, con una amplia base instalada para un campo de aplicaciones muy extenso. Además, la normalización según IEC 61158 / EN 50170 asegura el futuro de sus inversiones.

PROFIBUS es idóneo para la rápida comunicación con periferia distribuida (PROFIBUS DP) en la automatización de procesos de fabricación y también para las tareas de comunicación en la automatización de procesos (PROFIBUS PA). Es el primer sistema de buses de campo que cubre las necesidades de ambos sectores con servicios de comunicación idénticos. La tecnología de transmisión del PROFIBUS PA está ajustada a la medida de las necesidades de los procesos industriales. Los servicios de comunicación normalizados garantizan la interoperabilidad entre los aparatos de campo de diferentes fabricantes y la parametrización remota de los aparatos de campo sobre la marcha.

1.5.1.3. Fieldbus

La Fundación Fieldbus es una organización de más de 120 compañías que fabrican más del 80% de productos Fieldbus a nivel mundial. Fieldbus es una red industrial diseñada específicamente para aplicaciones de control de procesos distribuidos, creada sobre tecnologías existentes siempre que sea posible, incluyendo trabajo conjunto con ISA, IEC, Profibus, FIP, y HART. La tecnología Fieldbus contempla las capas físicas, de enlace (communications stack), y de Usuario (no definida en el modelo OSI). No implementa las capas de 3 a 7 porque los servicios de éstas no son requeridos en aplicaciones de control de procesos.

1.5.2. Comunicación serial.

La comunicación serial es un protocolo muy común (no hay que confundirlo con el Bus Serial de Comunicación, o USB) para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación; existen varios dispositivos compatibles con GPIB que incluyen un puerto RS-232. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo.

1.5.2.1. Tipos de Comunicación Serial

Para la comunicación de datos en serie se han establecido diferentes normas que especifican las características técnicas de la conexión. A continuación se especifican los más usuales.

1.5.2.1.1. RS-232 (ANSI/eia-232)

El RS-232 es un protocolo comúnmente utilizado en mini computadoras, impresoras, modems, y equipos de adquisición de datos, fue originalmente especificado para comunicaciones de datos entre un dispositivo controlador y un dispositivo receptor con distancias de 15 metros (50 pies) y con velocidad de 19.200 bits/seg. Estas distancias y velocidades límites han demostrado ser conservadoras; el RS-232 es ahora frecuentemente usado a velocidades de 115 – 230 Kbits/seg., esta siendo también

operado a distancias mayores de 25 metros. La habilidad para alcanzar esos parámetros de operación depende del ambiente y la calidad del cableado usado.

El conector RS-232 tradicional fue un diseño con 25 pines. Sin embargo, algunos productos seriales ahora incluyen puertos seriales de 9 pines con o en lugar de la versión de 25 pines, ambos de puertos contienen las mismas 9 líneas de señales, aunque el número de los pines para especificar las señales son diferentes. Una conexión RS-232 completa incluye Tx (transmite), Rx (recibe), señal de la tierra y algunas líneas handshaking adicionales. El Handshaking es importante con algunos periféricos para el control de transmisión y prevención de desbordamiento de datos.

1.5.2.1.2. RS-422 (EIA RS-422)

RS-422 (Estándar EIA RS-422-A) es el conector serial utilizado en las computadoras Apple de Macintosh. RS-422 usa señales eléctricas diferenciales, en comparación con señales referenciadas a tierra como en RS-232. La transmisión diferencial, que utiliza dos líneas para transmitir y recibir, tiene la ventaja que es más inmune al ruido y puede lograr mayores distancias que RS-232. La inmunidad al ruido y la distancia son dos puntos clave para ambientes y aplicaciones industriales.

1.5.2.1.3. RS-485 (EIA RS-485)

RS-485 (Estándar EIA-485) es una mejora sobre RS-422 ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar 32 dispositivos consoladores y 32 receptores y cuya velocidad de operación es de 115 Kbits/seg., y tiene las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima. Gracias a esta capacidad, es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección de muchas aplicaciones industriales que necesitan dispositivos distribuidos en red conectados a una PC u otro controlador para la colección de datos, HMI, u otras operaciones. RS-485 es un conjunto que cubre RS-422, por lo que todos los dispositivos que se comunican usando RS-422 pueden ser controlados por RS-485. El hardware de RS-485 se puede utilizar en comunicaciones seriales de distancias de hasta 4000 pies de cable.

1.6. Sistemas de Adquisición de Datos

Un Sistema de adquisición de datos es la integración de los diferentes recursos que lo integran: transductores de diferentes tipos y naturaleza, multiplexores, amplificadores, y no es mas que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables de un proceso cualquiera, de forma general puede estar compuesto por los siguientes elementos. En la figura 1.10 se muestra un sistema de adquisición de datos.



Fig. 1.10: Sistema de Adquisición de Datos

1.6.1. Hardware

Es el conjunto de elementos materiales que componen un ordenador, también son los componentes físicos de una computadora tales como el disco duro, CD-Rom, floppy, etc. En dicho conjunto se incluyen los dispositivos electrónicos y electromecánicos, circuitos, cables, tarjetas, armarios o cajas, periféricos de todo tipo y otros elementos físicos.

1.6.1.1. Tarjetas DAQ

Las tarjetas DAQ como la mostrada en la figura 1.11, van insertadas dentro del computador, y están compuestas de una tarjeta madre que contiene el procesador y la memoria, y de una tarjeta hija que se encarga de la entrada y salida de señales,



Fig. 1.11: Tarjeta DAQ

Cuando se miden señales analógicas con una tarjeta DAQ, se deben considerar los siguientes factores que afectan la calidad de la señal digitalizada: modo, resolución, rango, ganancia, frecuencia de muestreo y ruido.

- **Resolución.-** La resolución es el número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar la señal analógica. Mientras mayor sea la resolución, mayor es el número de divisiones entre las cuales se divide el rango, y por lo tanto, menor es el cambio detectable de voltaje.
- **Rango.-** El rango se refiere a los niveles de voltaje máximo y mínimo que el ADC puede adquirir. Las tarjetas DAQ ofrece rangos seleccionables (por lo general de 0 a 10 V o de -10 V a 10 V), por lo que se puede ajustar el rango de la señal de ese ADC para aprovechar al máximo la resolución disponible para medir la señal con mayor precisión.
- **Ganancia.-** La ganancia se refiere a cualquier amplificación o atenuación de la señal que pueda ocurrir antes de que la señal sea digitalizada. Al aplicar ganancia a la señal se decrementa efectivamente el rango de entrada de ADC, y por lo tanto, se permite que el ADC utilice tantas divisiones digitales como le sea posible para representar la señal.
- **Frecuencia de muestreo.-** La frecuencia de muestreo determina que tan seguido van a ocurrir las conversiones analógicas a digitales. Una frecuencia de muestreo mayor se adquieren más puntos en un momento determinado y por lo tanto puede ofrecer una mejor representación de la señal original que una frecuencia de muestreo menor.
- **Filtrado y acondicionado.-** El ruido no deseado distorsiona la señal analógica antes de que sea convertida en una señal digital. La fuente de este ruido puede ser interna o externa a la computadora. El ruido externo se puede limitar utilizando un acondicionamiento de señal adecuado. También se puede minimizar el efecto de este

ruido sobre muestreando la señal y tomando el promedio de los puntos sobre muestreados.

1.6.1.1.1. Compact FieldPoint

El sistema Compact FieldPoint mostrado en la Figura 1.12, es un sistema diseñado específicamente para aplicaciones de control industrial cuenta con un módulo conector el doble de ancho con conectividad sencilla, sin necesidad de un bloque terminal separado y ofreciendo una mejor refrigeración del interior del módulo con corrientes más altas.



Fig. 1.12: Modulo Compact FieldPoint

La plataforma Compact FieldPoint es un controlador programable de automatización, PAC, de uso sencillo y con grandes posibilidades de ampliación, formado por módulos robustos de E/S e interfaces inteligentes de comunicación. Compact FieldPoint trabaja a temperaturas comprendidas entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, por ello es posible implementar aplicaciones embebidas de LabVIEW en condiciones ambientales extremas en las que no podrían funcionar muchos PCs industriales. Los módulos Compact FieldPoint y FieldPoint combinan las ventajas de la tecnología PC, como el procesador, la memoria RAM y la potencia de su software, con la fiabilidad, robustez y el funcionamiento distribuido de la tecnología PLC.

Ofrece además una arquitectura innovadora, por consiguiente, usted puede escoger independientemente el mejor módulo de E/S, red industrial, y el estilo de la terminación señalado que encaje a su aplicación en particular.

1.7. Instrumentación Virtual

El software es el componente más importante de un instrumento virtual. Con la herramienta de software apropiada los ingenieros y científicos pueden crear

eficientemente sus propias aplicaciones, diseñando e integrando las rutinas que requiere un proceso en particular. También pueden crear las interfaces de usuario que mejor satisfagan el objetivo de la aplicación y de aquéllos que van a interactuar con ellas. Pueden definir cómo y cuándo la aplicación adquiere datos desde el dispositivo, cómo los procesa, manipula y almacena los datos y cómo se presentan los resultados al usuario.

Contando con un software (Lookout, Brigdevview, Labwindow, LabVIEW, Genie), se puede dotar a los instrumentos con capacidades de inteligencia y de toma de decisiones de manera tal que se adapten cuando las señales medidas varíen inadvertidamente o cuando se requiera mayor o menor potencia de procesamiento. Usted puede diseñar un instrumento virtual para solucionar cada una de las tareas y luego reunir las en un sistema completo para resolver la tarea de mayor envergadura. La facilidad con la cual usted puede realizar esta división de tarea depende en mayor medida de la arquitectura subyacente en el software.

1.7.1. Software

El software es un ingrediente indispensable para el funcionamiento del computador, es un sistema informático compuesto por un conjunto de instrucciones que cuando se ejecutan en un dispositivo físico (hardware) produce resultados de acuerdo con los objetivos y función principal predeterminada. Los software más comúnmente utilizados en la adquisición de datos son los que se describen en los epígrafes siguientes.

1.7.1.1. LOOKOUT

Lookout de National Instruments es el software HMI/SCADA más fácil de usar en el mercado, le permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos, para desarrollar su interfase hombre-máquina le toma menos tiempo permitiéndole ahorrar sustancialmente en el costo total de su proyecto. Estas son algunas de las características que lo hacen especial:

Lookout elimina completamente la programación, scripts o compilación separada. Solamente tiene que configurar y conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control. La arquitectura basada en objetos le permite más fácilmente

desarrollar y mantener sus aplicaciones, reduciendo aún más el costo total de su proyecto. Con Lookout, usted puede monitorear y controlar su proceso usando un browser de Web (como Internet Explorer o Netscape) sin necesidad de programar en HTML o XML. Solamente seleccione exportar su proceso como una página web en Lookout y esta listo.

1.7.1.2. BRIGDEVIEW

BridgeVIEW es específicamente un paquete del software. BridgeVIEW mantiene las soluciones del configurable HMI común y SCADA, BridgeVIEW se construye alrededor del lenguaje de programación de G, creado por la Corporación de los National Instruments.

Con BridgeVIEW, usted puede adquirir los datos y puede controlar uno o los dispositivos más distribuidos en una facilidad global. BridgeVIEW puede cambiar los puntos del juego o envía las instrucciones del mando a los dispositivos individuales mientras supervisa el sistema entero. Los BridgeVIEW dispositivos servidores se comunican con los dispositivos a través de RS-232, RS-485, TCP/IP, DDE, netDDE, E/S directo, u otra interfaz de propiedad.

1.7.1.3. LABWINDOW

LabWindows/CVI es un software probado y medido en ANSI C cuyo ambiente aumenta grandemente la productividad de ingenieros y científicos los mismos que lo usan para desarrollar ambientes de alta calidad, las aplicaciones estables en la prueba industrial, el ejército y aerospacial, telecomunicaciones, aprobación del plan, y las industrias de automotores.

LabWindows/CVI hace aerodinámico el desarrollo en estas áreas con ayudantes de configuración de hardware, las herramientas de la depuración comprensivas, y los diseñadores de capacidades de ejecución interactivos pueden usar para ejecutar las funciones en momento del plan. Las bibliotecas de la medida incorporadas usando diseñadores pueden desarrollar aplicaciones complejas, como los programas del multithreaded y ActiveX server/client, rápidamente. Con la flexibilidad del ambiente de

LabWindows/CVI, diseñadores pueden perfeccionar la adquisición de datos, análisis, y componentes de la presentación de su prueba y aplicaciones de la medida.

1.7.1.4. LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. Usted puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición, Compact FieldPoint, y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

1.7.1.5. GENIE.

GENIE es un sistema adquisición de datos poderosa, flexible. Paquete de software diseñado para interactuar con el ambiente de Microsoft Windows, proporciona un objeto intuitivo orientado a la interfaz gráfica del usuario, tiene un ambiente de desarrollo de aplicación mediante iconos en la que se puede crear su propio sistema de mando, una biblioteca de iconos de bloque de función que representan, control matemático.

CAPITULO II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA SEÑALES FUERZA Y DEFORMACIÓN

2.1. Introducción

En este capítulo se hace referencia a la máquina de ensayos a la tracción la misma que por sus características de construcción, presenta las mayores ventajas tanto en lo didáctico, como en lo referente a la versatilidad de operación que se podría realizar en ella. Dicha máquina de tracción, en su diseño y construcción fue objeto de una tesis de grado y su realización tuvo lugar en los mismos talleres del Área de Energía los Recursos Naturales no Renovables.

Para poder conocer si la máquina de ensayos a la tracción había sido construida con los parámetros de diseño señalados era necesario aplicar un método de análisis experimental, siendo esto posible mediante el uso de medidores de Fuerza (celda de carga) y de deformación (strain gages), los cuales fueron debidamente escogidos para dicho análisis experimental.

En este capítulo también se describirán todos los requerimientos que son necesarios y todas las etapas que deben seguirse para utilizar el computador como elemento de operación en procesos de adquisición de datos, es necesario entonces un equipo "transductor de señales" que será la interfaz entre las señales proveniente de los sensores y el CPU del computador, este equipo es el sistema modular distribuido Compact FieldPoint que es un convertidor de señales analógicas en digitales, estas señales una vez convertidas a digitales pueden entonces ser monitoreadas desde el programa Measurement & Automation Explorer que es un programa de configuración de los módulos Compact FieldPoint.

2.2. Descripción de la Máquina de Ensayos a la Tracción

El término ensayo de tensión se usa normalmente a la hora de hablar de ensayos en los cuales una probeta preparada es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente (estática) hasta que ocurre la falla. En un ensayo de tensión simple, la operación se realiza sujetando los extremos opuestos de la pieza de material y separándolos.

El ensayo estático de tensión es el más realizado, además de ser el más simple de todos los ensayos mecánicos. Este ensayo implica la normalización de las probetas con respecto al tamaño, forma y método de preparación. El ensayo de tensión es el más usado para someter a la tracción la mayoría de los metales y aleaciones no ferrosos, fundidos, laminados o forjados; para los materiales quebradizos (mortero, concreto, ladrillo, cerámica, etc) cuya resistencia a la tensión es baja, en comparación con la resistencia a la compresión.

La máquina de ensayo de tracción mostrada en la figura 2.1, que se encuentra en el Área de Energía las Industrias y los Recursos Naturales específicamente en el Taller Mecánico cuyo principio consiste en aplicar cargas uniaxiales de manera uniforme sobre una probeta normalizada según Norma DIN 50125 de sección circular, posee un sistema hidráulico cuyo accionamiento es el siguiente, consta de un depósito de aceite, el fluido hidráulico utilizado es del tipo Aceite Sintético de la clase de Esteres Fosfatados, cuyas temperaturas de trabajo oscilan entre -55 y 150°C; de los números SAE 10W, que tiene de 3 a 5 grados de Viscosidad práctica, cuyo sistema hidráulico se comunica mediante tubería de baja presión a una válvula de paso que se encuentra por debajo de esta la misma permite dar paso al fluido hacia la bomba de pistón, la bomba manual de pistón es movida por una palanca con una presión de salida máxima de 3500 PSI y un caudal de 1,37 lt. / min, mediante la cual se controla el paso de fluido hacia la válvula de alivio de seguridad y a un distribuidor el cual tiene tres posiciones de control sobre el cilindro hidráulico las cuales son tracción, compresión y neutro, cumpliéndose así un circuito cerrado.

La máquina de ensayos se encuentra provista de dos mordazas (fija y móvil) tipo plato, específicamente para pruebas de tensión estas mordazas son fáciles de montar y desmontar, la probeta está sostenida en la parte superior por medio de una mordaza al cabezal móvil, y por el extremo inferior está sujeta por una mordaza al cabezal fijo de la máquina .



Fig. 2.1: Máquina de Ensayos a la Tracción

2.2.1. Especificaciones Técnicas del Equipo.-En la tabla 2.1, se muestran las características de la máquina de Ensayos de Tracción

Tabla 2.1: Características de la Máquina de Ensayos a la Tracción

Modelo	Construida en la UNL
Carga Máxima a la Tracción	20000 Kgf
Carga Máxima a la compresión	30000 Kgf
Recorrido del vástago	350 mm
Presión máxima de servicio	3500 PSI
Extensimetro	50 mm
Probeta estándar	Norma Din 50-125

Fuente: ABENDAÑO Víctor "Tesis diseño y construcción de una máquina manual para el ensayo a la tracción de materiales ferrosos" Pag: 132

2.3. Sensores

Una vez que el capítulo anterior se establecieron las variables implicadas en el ensayo de tracción, las cuales son: fuerza y deformación, el propósito de esta sección es describir los sensores para la medición de las variables.

2.3.1. Medición de la Fuerza.

La medición de la fuerza se realizaba antes de este proyecto mediante un dispositivo que funciona de la siguiente manera: la medición de la fuerza se la tomaba mediante un manómetro que nos permite conocer la presión del sistema hidráulico, es del tipo Bourdon, cuyo rango de presión es de 0 a 5000 PSI; el diámetro de la carátula indicadora es de 4 pulg; consta además de dos agujas indicadoras, una que mide la presión gradual y otra que marca la presión máxima alcanzada, con este instrumento se procedía a realizar la medición de la fuerza para luego llevarlo a un análisis estadístico para que finalmente mediante formulas conocer la carga aplicada a la probeta.

El objetivo de este trabajo es que la señal de fuerza se tome directamente para lo cual, la medición de la fuerza en la máquina de ensayos a la tracción se la realizará mediante un transductor eléctrico de fuerza llamado celda de carga, la misma que va colocada a la mordaza fija y entrega un señal de voltaje diferencial mientras se realiza el ensayo proporcional a la fuerza aplicada.

2.3.1.1. Selección de la Celda de Carga más apropiado.

Una celda de carga es un transductor que convierte una carga que actúa en él en un signo eléctrico analógico. Esta conversión se logra por la deformación física de prenda de tensión instalada en la celda de carga y conectado en una configuración de puente de wheatstone.

Basados en el concepto anterior se procedió a seleccionar la celda de carga apropiada. Primeramente se buscó que la celda de carga a seleccionar se ajuste a las características que se requiere para los ensayos. La celda de carga seleccionada se basa en Strain-gage tipo Omega cuyo principio de operación se explica en la sección 2.3.1.2.

2.3.1.2. Características de la Celda de Carga.

La celda de carga de Strain-gage convierte la carga que actúa en ella en signos eléctricos. En la mayoría de los casos, se usan cuatro prendas de tensión para obtener sensibilidad máxima y compensación de temperatura. Dos de las medidas normalmente están en la tensión, y dos en la compresión, Cuando el peso es aplicado, la tensión de la resistencia eléctrica cambiara a medida que se aplique la carga.

Los gages más utilizados para las diferentes aplicaciones son de dos tipos: galga extensiométrico de alambre, que consiste de un alambre fino enrollado hacia delante y hacia atrás para formar una diminuta rejilla, y galgas extensiométricas laminares que se fabrican por medio de un proceso de grabado. El strain gage es adherido a un miembro elástico el cual se deforma ligeramente bajo una carga aplicada. Cuando el gage esta íntimamente adherido al material base, la resistencia del alambre fino cambiara en proporción directa a la cantidad de deformación del material. Así, con un circuito de amplificación apropiado, estos pequeños cambios en la resistencia se pueden usar para indicar exactamente la cantidad de carga que esta siendo aplicada para deformar el miembro elástico sensible a dicha carga.

Los strain gages exhiben cambios en la resistencia con un esfuerzo aplicado. Sin embargo, la resistencia y el factor de celda (gage factor) también cambian con la temperatura, resultando en errores de medición. En aplicaciones de mediciones estáticas, las deformaciones aparentes debidas a efectos de temperaturas deben ser compensadas conectando dos o cuatro gages en configuración del puente de Wheatstone, estos gages son sensibles a la deformación del elemento y están arreglados de tal manera que la dirección del cambio en la resistencia contribuirá a una ganancia neta de salida del circuito del puente. La celda de carga utilizada en el presente trabajo se muestra en la figura 2.2



Fig. 2.2: Celda de Carga Marca OMEGA

En la tabla 2.2, se especifican las características técnicas de la celda de carga.

Tabla 2.2: Características Técnicas de la Celda de Carga.

Tipo	Modelo	Capacidad máxima en lb	Carga Excesiva segura en lb	Ultima carga excesiva en lb
Omega	LCHD-30 K	30000	150% de la capacidad	300% de la capacidad

Fuente: Catalogo Celda de Carga Marca Omega
www.omega.com

2.3.2. Medición de la Deformación.

Las medida de la deformación en la Máquina Ensayos a la tracción se llevaba a cabo mediante un dispositivo de medición llamado extensímetros o medidor de carátula (comparador), cuyas características son: marca MITUTOYO, cuya carrera es de 50mm como máximo, siendo su apreciación de 0,001 mm, mediante el cual se media el desplazamiento relativo entre un punto de un sólido deformable, con respecto a otro punto fijo, el sistema de montaje de este instrumento, se lo realiza a través de brazos debidamente amordazados a la probeta, después de que el medidor marcaba cierto valor de deformación se lo anotaba y se procedía a graficar con la ayuda del programa Microsoft Excel.

El presente trabajo de tesis tiene por objeto de tomar en forma directa la deformación mediante extensómetros eléctricos los mismos que van adherido el la probeta a ensayar, el cual nos entrega un señal de resistencia que será procesada mediante un puente wheatstone para que nos brinde una señal de voltaje.

2.3.2.1. Selección de los Extensómetros más apropiados.

No obstante el gran número de variables involucradas en el proceso de la selección del extensómetro puede ser reducido a solamente unos pasos básicos. Es evidente que hay nada más que cuatro parámetros para seleccionarlos, longitud del extensómetro, modelo del extensómetro, serie del extensómetro, resistencia del extensómetro, sin contar con las características opcionales.

Se debe evitar el uso de longitudes de extensómetros muy cortas para evitar problemas de disipación de calor, tomando en cuenta estas características procedimos a escoger el

extensómetro más apropiado que se ajusten a nuestras necesidades, el extensómetro escogido es marca omega, cuyas características serán explicadas en la sección

2.3.2.2. Característica de los Extensómetros.

Los extensómetros tipo strain gage tipo omega mostrado en la figura 2.3, son unidades exactas y ligeras utilizadas para la medición directa de deformación de una probeta. Su diseño simple, para su construcción se utiliza delgados alambres dispuestos en forma de rejilla pegados a un papel con un recubrimiento protector. Además, sus características de histéresis bajas les hacen instrumentos ideales para los ensayos cíclicos.



Fig. 2.3: Extensómetro tipo strain gage Marca Omega

El extensómetro eléctrica es precisamente una técnica que nos permite obtener el estado de deformación con un alto grado de exactitud, lo que junto a su facilidad de instalación y bajo costo, que la convierte en una herramienta indispensable en la ingeniería moderna.

Su funcionamiento se basa en que al someterse dichos alambres a deformación, se produce un cambio proporcional en la resistencia eléctrica. De esta forma al someter una probeta a esfuerzo se deformaría junto con el elemento medidor, se producirá entonces un cambio en la resistencia eléctrica de los alambres del medidor la misma que se deberá censar para relacionarlo con la deformación producida.

En los instrumentos modernos de medición extensométrica, generalmente se emplea el puente de Wheatstone como circuito sensor primario, que utiliza un estable amplificador con alta ganancia, para amplificar la pequeña señal de salida del puente a un nivel adecuado para una lectura de salida. En la sección 2.3.2.3 se explicara el principio de aplicación del puente de Wheatstone.

Las características técnicas de los extensómetros utilizados se muestran en la Tabla 2.3

Tabla 2.3: Características Técnicas de los Extensómetros

Marca	Modelo	Longitud de calibre	Resistencia
Omega	KFG-30-120-C1-11 L1M2R	30 mm	120 Ω

Fuente: Catalogo Straing Gage Marca Omega
www.omega.com

Las dimensiones del extensometro marca omega se observan tanto en la figura 2.4 y en la tabla 2.4.

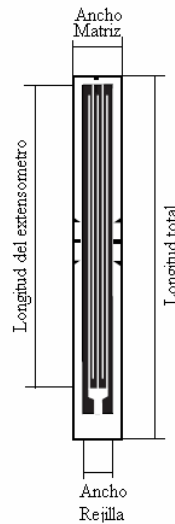


Fig. 2.4: Dimensiones del Extensometro Marca Omega

Tabla 2.4: Dimensiones del Extensometro Marca Omega

Parámetros	mm
Longitud del extensometro	30
Longitud total	37
Ancho Rejilla	3.3
Ancho Matriz	5.2

Fuente: Catalogo Straing Gage Marca Omega
www.omega.com

2.3.2.3. Puente de Wheatstone.

Las variaciones de la resistencia se medirán mediante un componente notable como es un puente de Wheatstone, existen algunos esquemas de circuitos de puente para la medición de deformaciones que se usan con frecuencia en el análisis experimental de

tensiones, luego de realizar un estudio minucioso de los diferentes circuitos llegamos a la conclusión de que el esquema mas apropiado es el circuito de cuarto de puente , cuya configuración es la siguiente: Esta constituido por cuatro extensómetros marca OMEGA, uno de ellos es utilizado como elemento activo, las tres strain gages van colocados en el puente mientras que el cuarto va colocado en la material que se va a ensayar.

En la siguiente figura 2.5 se muestra un esquema del elemento metálico al cual están adheridos los strain gages en una configuración de cuarto puente de Wheatstone utilizado en la presente investigación.

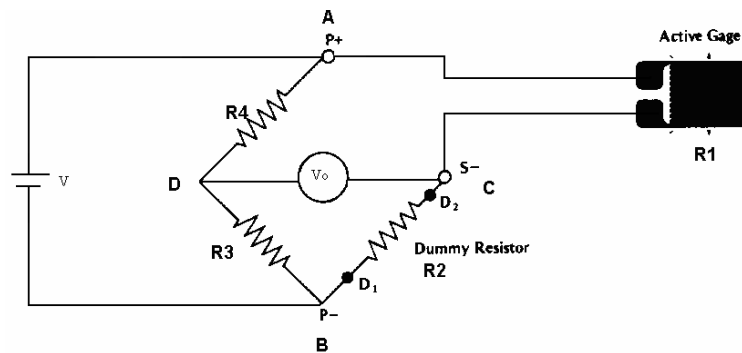


Fig. 2.5: Circuito de Cuarto de Puente

2.3.2.4. Proceso para el pegado de los Extensómetros.

Los pasos que se deben seguir para el pegado de los extensómetros son los siguientes:

- Desengrase completamente el área donde se va colocar el extensometro.
- Preliminarmente realizar un lijado en seco con lija 220 o 320, para eliminar cualquier rugosidad o presencia de oxido en la probeta, posteriormente debe hacerse un lijado final con lija 320 o 400 sobre la superficie humedecida.
- Usando unas pinzas para remover el gage del sobre, posicione el gage sobre una placa de vidrio químicamente limpia o sobre la caja del gage, situé un pedazo de cinta adhesiva sobre el gage y la terminal, tenga cuidado de centrar el gage en la cinta. Cuidadosamente levante la cinta haciendo un ángulo de 45° con la superficie trayendo consigo el gage.

- Coloque el conjunto cinta-gage sobre la probeta a ensayar, levante ligeramente el extremo de la cinta de la superficie de la probeta como se muestra en la figura 2.6, hasta que el gage y la terminal estén libres de la superficie del espécimen. Envolver el extremo libre de la cinta hacia atrás adhiriéndola sobre la superficie del espécimen mostrado en la figura 2.7, de tal manera que el gage y la terminal queden en forma paralela al espécimen.

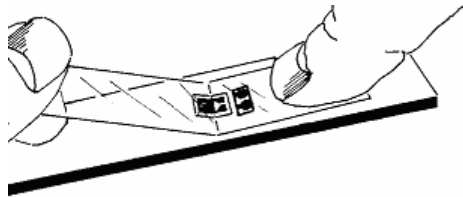


Fig. 2.6: Levantado del conjunto

Cinta- gage

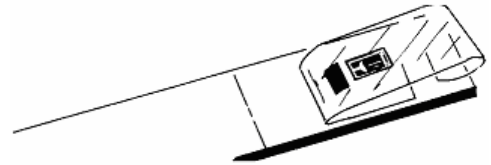


Fig. 2.7: Conjunto cinta- gage

levantado y en posición

- Ahora se debe colocar el adhesivo SG496 marca Omega como se observa en la figura 2.8, a la superficie a pegar y la terminal del gage, una vez colocado el pegamento se debe rotar la cinta a un ángulo de 30° como se ilustra en la figura 2.9 sobre la superficie, de manera que el gage quede sobre el área de instalación, y con la ayuda de una gasa, aplicar presión hacia abajo empujando el pegamento hacia delante.



Fig. 2.8: Colocando el adhesivo

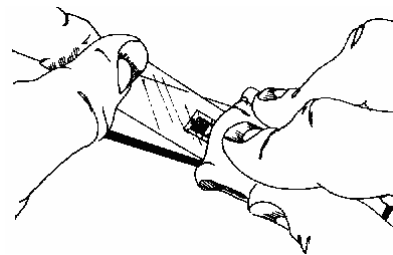


Fig. 2.9: Adhiriendo el Gage

- El gage y la terminal están ahora solidamente adheridos en su lugar. Para remover la cinta, jalarla hacia atrás como es ilustra en la figura 2.10, directamente sobre si mismo, despegarla lenta y uniformemente de la superficie.

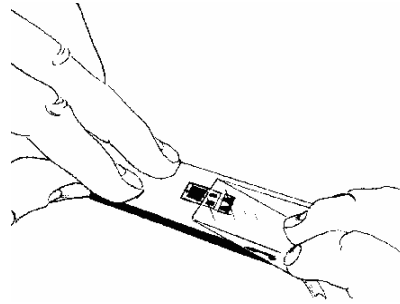


Fig. 2.10 Despegando la Cinta

2.4. Compact FieldPoint

El Compact FieldPoint (punto de campo), es un sistema modular distribuido de entradas y salidas al cual puede adaptarse una variedad de módulos tanto analógicos como digitales. El modulo utilizado en el presente trabajo es: el contador cFP-2020 para señales analógicas de voltaje, las mismas que se traducen al lenguaje binario y se comunican al computador por medio del protocolo de comunicación Ethernet. Estas señales entonces pueden ser monitoreadas desde el programa Measurement & Automation Explorer del que se hablara en la sección 2.4.3, y a su vez desde el mismo programa configurar los rangos de amplitud y tipos de señales que receipta el modulo.

El sistema de Compact FieldPoint consta de tres componentes que lo hacen configurable a cualquier aplicación, estos son:

- Modulo de entradas y salidas.
- Base que contiene terminales para conectar los cables que viene de los sensores, estas bases son universales y pueden aceptar cualquier modulo Compact FieldPoint.
- Módulos de red que proveen conexión entre la red industrial y los módulos de E/S, el modulo de red se comunica con los módulos locales de E/S, por medio del bus local formado por las bases de terminales conectados. Actualmente se puede tener asta 9 módulos en un banco y asta 25 bancos en una red de Compact fieldPoint, las opciones actuales para módulos de red incluyen protocolos de comunicación RS-232 y RS-485, ethernet y Fieldbus.

2.4.1. Módulo cFP-2020

Usando el cFP-2020 junto con LabVIEW RT mantiene un sistema fácil de usar en aplicaciones en tiempo real. Cuando usted ejecuta LabVIEW puede ejecutar las aplicaciones sin la necesidad de un PC.

Además de contar con un puerto Ethernet, el cFP-2020 tiene tres puertos seriales RS-232 y un puerto 485 usando un sencillo protocolo ASCII accesible a través del software. También tiene un LED indicador para comunicar la información de estado de interruptores DIP que realizan varias funciones, que puede interrumpir la llegada del LED del interruptor a los dispositivos externos y a los botones de marcha y de parada.

2.4.1.1. Alimentación del cFP-2020

El cFP-2020 requiere una fuente de alimentación de 11–30 VDC.

El cFP-2020 filtra y regula la energía suministrada y proporciona energía para todos los módulos de la entrada/salida (I/O) del conjunto. Por lo tanto no es necesario proveer alimentación a cada modulo del conjunto. Si el dispositivo Entrada/salida de campo necesita ser alimentado separadamente se pueden usar terminales suministradas en cada base de terminales para aquellas conexiones de suministro de poder.

El conector de alimentación es un terminal de 6 pines tipo tornillo. Estos pines se muestran en la figura 2.11



Fig. 2.11: Conector de alimentación de 6 pines

Conecte el plomo positivo de la fuente de alimentación primaria con una de Los terminales V1 y la negativa a uno de los terminales de C, Si usted está utilizando una fuente de alimentación de reserva, conecte el positivo a V2 y la negativa a uno de los terminales de C. El cFP-2020 generalmente utiliza la fuente de alimentación con el nivel voltaico más alto. V2 se aísla de los otros terminales de V.

2.4.1.2. Especificaciones técnicas del Módulo cFP-2020

En la tabla 2.5 se puede observar las características técnicas que son típicas para el rango -25 a 60 °C. Las características técnicas están sin preaviso sujeto al cambio.

Tabla 2.5: Características Técnicas del módulo cFP-2020

Memoria	64 MB no volátil, 32 MB DRAM
Puertos Seriales	<ul style="list-style-type: none"> • Tres puertos seriales RS-232 con: Velocidad de transmisión de 110 a 115,200 bps, Bits de datos 5, 6, 7,8 bits. Bits de parada 1,1.5, 2. • Un puerto serial RS-485, con: Velocidad de transmisión de 110 a 115,200 bps. Bits de datos 5, 6, 7,8 bits. Bits de parada 1,1.5, 2. Aislamiento de 100 Vrms de operación y 740 Vrms de colapso.
Consumo de potencia	6.1W + 1.1 (Total de requerimiento de potencia de los módulos de E/S)
La temperatura de funcionamiento	-25 a 60 °C
La temperatura de almacenamiento	-55 a 85 °C
Humedad	10 a 90 % RH
La altitud máxima	2000 m

Fuente: Manual del usuario Compact FieldPoint
cFP-20XX. Pag.9.1

2.4.2. Módulo cFP-SG-140

El compact Fieldpoint cFP-SG-140 es un modulo de ocho entradas para galgas extensiométricas. El cFP-SG-140 puede ser usado con señales de entrada de voltaje. El cFP-SG-140 es ideal para señales de baja frecuencia, y tiene tres filtros configurables para eliminar el ruido. Su operación hot plug and play, aislamiento de seguridad, y los

11 rangos de entrada aseguran que tanto la instalación como el mantenimiento estén libres de problemas tanto como sea posible.

2.4.2.1. Instalación y cableado del Módulo cFP-SG-140

El modulo cFP-SG-140 se monta en un backplane Compact FielPoint. Hot plug-and play le permite que instale el cFP-SG-140 hacia backplane impulsado sin perturbar el funcionamiento de otros módulos ni bloquear conectores. En la figura 2.12 se muestra la instalación del modulo cFP-SG-140.

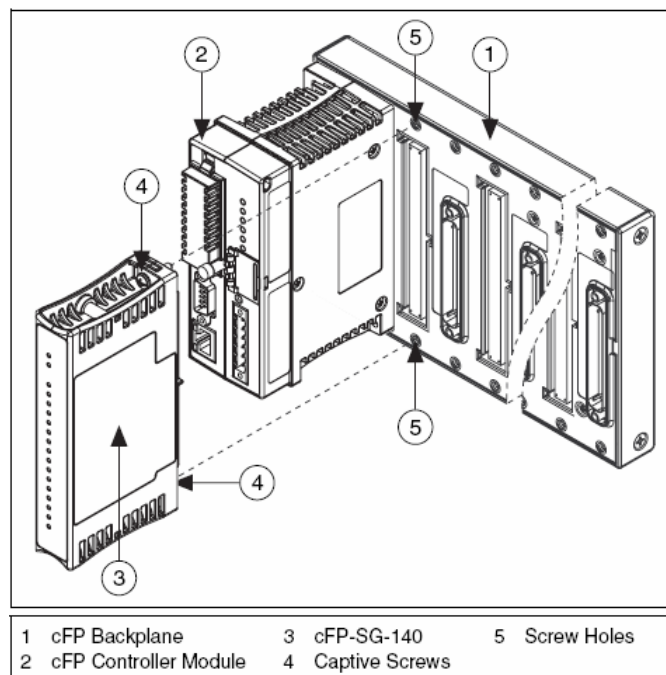


Fig. 2.12: Instalación del modulo cFP-SG-140

Para la instalación del modulo cFP-SG-140 deberán seguirse los siguiente pasos

- Encuadre los tornillos cautivos en el cFP-SG-140 con los agujeros delante de la backplane (placa madre).
- Apriete para sentar el cFP-SG-140 en el backplane firmemente.
- Usando un número de 2 destornilladores con una zanca de por lo menos 64 mm (2.5 pulg.)de longitud, apriete los tornillos cautivos. El nylon que cubre en los tornillos les impide soltarse.

2.4.2.2. Especificaciones técnicas del Módulo cFP-SG-140

Estas características técnicas son típicas para el rango -40 a 70 °C. En la tabla 2.7 se muestra las características de entrada del modulo cFP-SG-140.

Tabla 2.6: Características de Entrada del modulo cFP-SG-140

CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA	
Numero de canales	8
Resolución Convertidor Analógico Digital	16 bits
Tipo de Convertidor Analogía Digital	Delta - Sigma

Fuente: Manual de Instrucciones de operación
FP-SG-140 y cFP-SG-140 Pag. 1

En la tabla 2.8 se muestra las características Físicas y de Potencia del modulo cFP-SG-140.

Tabla 2.7: Características Físicas y de Potencia del modulo cFP-SG-140

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y POTENCIA	
Indicadores	Indicadores verdes Poder y Listo
Peso	110 g (3.7 oz)
Potencia requerida desde el modulo de red	1 W

Fuente: Manual de Instrucciones de operación
FP-SG-140 y cFP-SG-140 Pag. 14

En la tabla 2.9 se muestra las características Ambientales del modulo cFP-SG-140.

Tabla 2.8: Características Ambientales del modulo cFP-SG-140

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	
Temperatura de Funcionamiento	-40 a 70 °C
Temperatura de Almacenamiento	-55 a 85 °C
Humedad	10 a 90 % RH
Altitud máxima	2000 m

Fuente: Manual de Instrucciones de operación
FP-SG-140 y cFP-SG-140 Pag. 14

En la tabla 2.10 se muestra las características de voltaje de aislamiento del modulo cFP-SG-140.

Tabla 2.9: Características de Voltaje de aislamiento del modulo cFP-SG-140

VOLTAJE DE AISLAMIENTO	
Aislamiento	2300 Vrms

Fuente: Manual de Instrucciones de operación
FP-SG-140 y cFP-SG-140 Pag. 14

Usted puede elegir la excitación de 2.5, 5, o 10 V para cada canal. El límite actual es 21 mA. La tabla 2.11 demuestra la resistencia mínima del puente en cada nivel voltaico de la excitación.

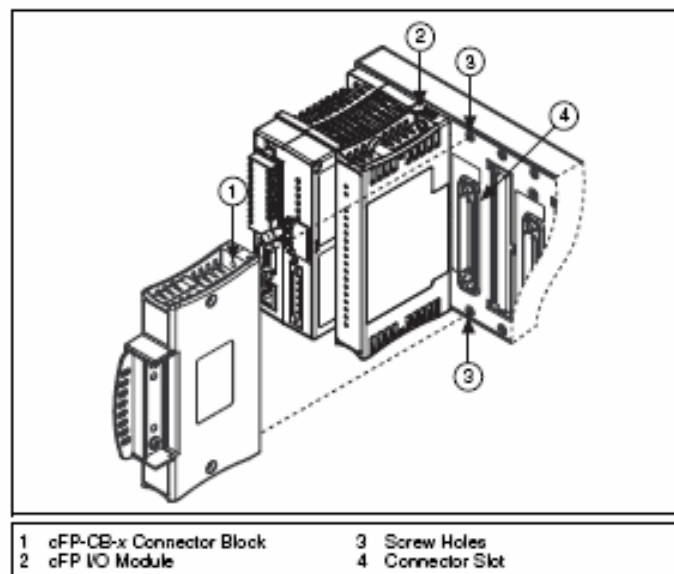
Tabla 2.10: Resistencia Mínima del Puente

Exitation Voltago	Minimun Bridge resistance
2,5 V	120 Ω
5 V	240 Ω
10 V	360 Ω

Fuente: Manual de Instrucciones de operación
FP-SG-140 y cFP-SG-140 Pag. 7

2.4.2.3. Instalación del bloque conector cFP-CB-x

Para conectar los módulos de la entrada-salida con las señales de entrada o con las cargas externas, usted necesita instalar el bloque conector cfp-CB-x figura 2.13. Cuya instalación es similar a la descrita en la sección 2.1.2.1

**Fig. 2.13:** Instalación del conector de bloques cFP-CB-x

En la tabla 2.6 se muestra como atar con alambre las galgas extensiométricas al cFP-SG-140 usando los terminales en el bloque de la base del cfp-CB-x. Los cuatro terminales usados para las galgas de tensión son Vexc, COM, Vin+, y Vin-

Tabla 2.11: Terminales de los Canales

Chanel	Vin+	Vin-	Vexc	COM
0	1	2	17	18
1	3	4	19	20
2	5	6	21	22
3	7	8	23	24
4	9	10	25	26
5	11	12	27	28
6	13	14	29	30
7	15	16	31	32

Fuente: Manual de Instrucciones de operación
FP-SG-140 y cFP-SG-140 Pag. 4

2.4.2.4. Conexión de los Sensores a los Canales de Entrada

Cada canal pulsa un voltaje entre el Vexc y los terminales de COM. Los terminales de Vin+ y de Vin- miden el voltaje generado a través de los terminales de salida del strain gages del puente. Cada canal es filtrado, después muestreado por un convertidor de analógico a digital. En la figura 2.14 se muestra el circuito de entrada para un solo canal.

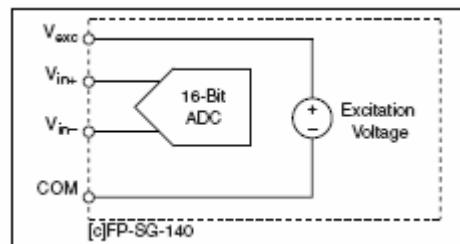


Fig. 2.14: Circuito de entrada del cFG-SG-140

Para conectar un strain gage en puente de WHEATSTONE completo, conecte la salida positiva con Vin+ (verde) y la salida negativa con Vin- (azul). Conecte el terminal positivo de la excitación con Vexc (anaranjado) y el terminal negativo de la excitación con COM (café). Ver figura 2.15.

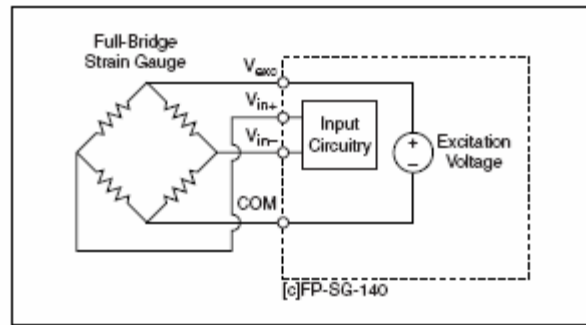


Fig. 2.15: Conexión de puente completo de un strain gage a un solo canal

2.4.3. Measurement & Automation Explorer (MAX)

El **MAX** es un programa basado en Windows que permitirá la configuración de los módulos, tanto de cFP-2020 y el modulo cFP-SG-140.

Es una herramienta utilizada para configurar los dispositivos, esto es tanto para el software y hardware del sistema de **MAX**. Se pueden llevar a cabo las siguientes tareas con el uso del **MAX**.

1. Fijar de manera interactiva todos los parámetros configurables de los módulos Compact FieldPoint incluyendo rangos de entrada, estados de poder, valores de poder de los módulos de salida.
2. Configurar las características y elementos físicos (hardware) de un dispositivo Compact FieldPoint de red.
3. Escribir y leer valores de entrada y salida desde el equipo de Compact FieldPoint para que verificar que el sistema asido correctamente instalado.

El primer paso que se debe seguir para usar el programa de Compact FieldPoint es ejecutar el **MAX**. En la figura 2.16 se observa la ventana del **MAX**.

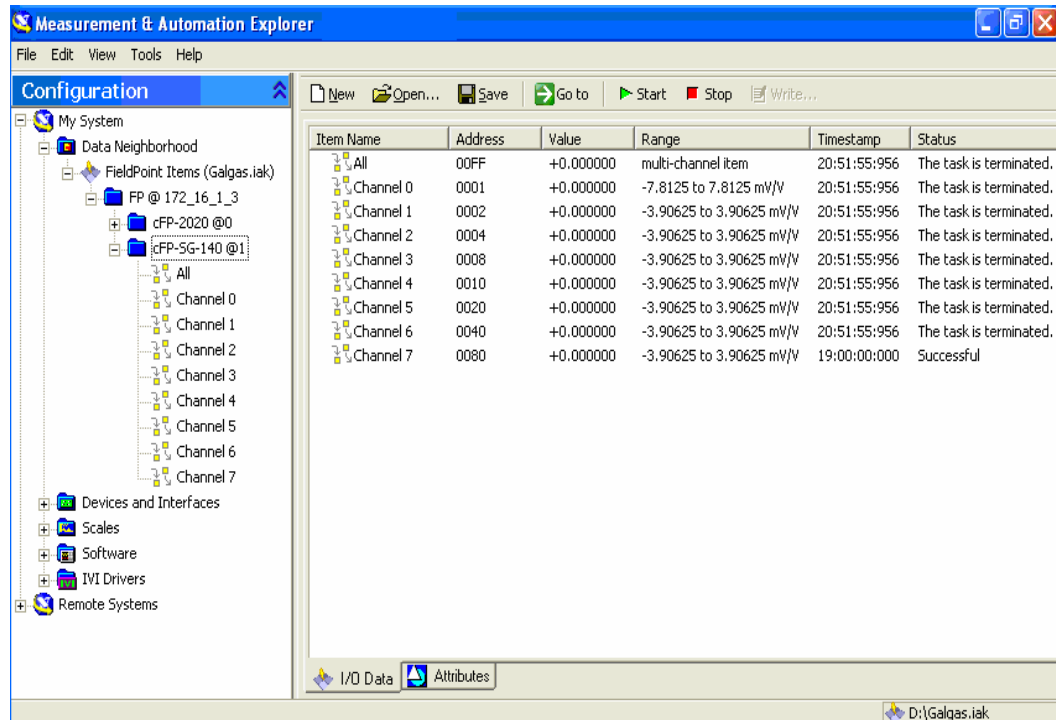


Fig. 2.16: Ventana del measurement & automation explorer (MAX)

2.4.3.1. Configuración del cFP-2020

Verifique que el sistema Compact FieldPoint este enchufado y que los módulos tienen encendidos sus LEDs READY.

Abrir el MAX **Seleccionando Inicio>>Programas>>National Instruments>>MAX**. Cuando aparezca la pantalla de inicio del MAX seleccione File>> New para empezar un nuevo proyecto. Todos los proyectos del **MAX** son salvados como archivos *.iak.

Desde el Remote Systems, presione el botón derecho del mouse y seleccione “Create New”, y aparecerá la caja e dialogo de recursos de comunicación como se muestra en la figura 2.17.

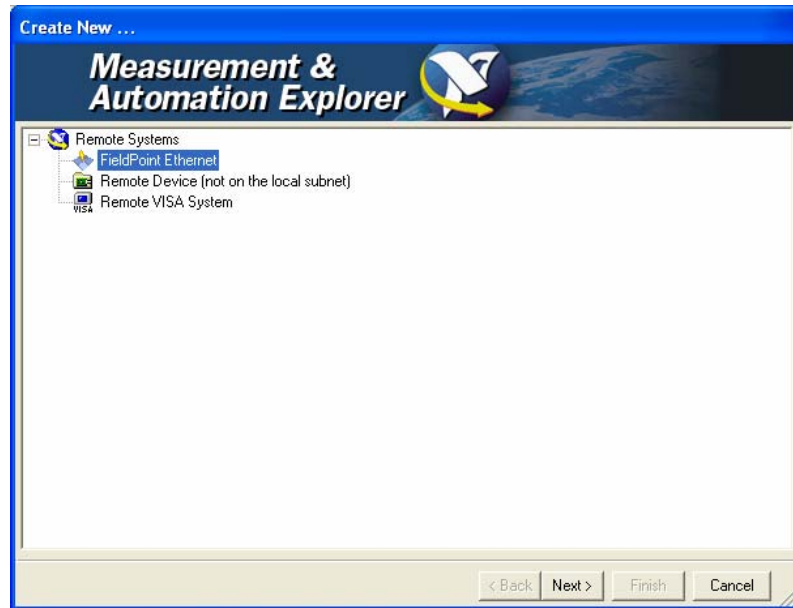


Fig. 2.17: Ventana de configuración de los recursos de comunicación

El recurso FieldPoint Ethernet representa el camino a través del cual el servidor FieldPoint acceda a la red de los dispositivos, una vez aceptado el tipo de comunicación posteriormente aparecerá la caja de dialogo mostrada en la figura 2.18, donde deberá ser ingresada la IP del Compact FieldPoint, en este caso el recurso FieldPoint Ethernet representa la comunicación con la computadora.

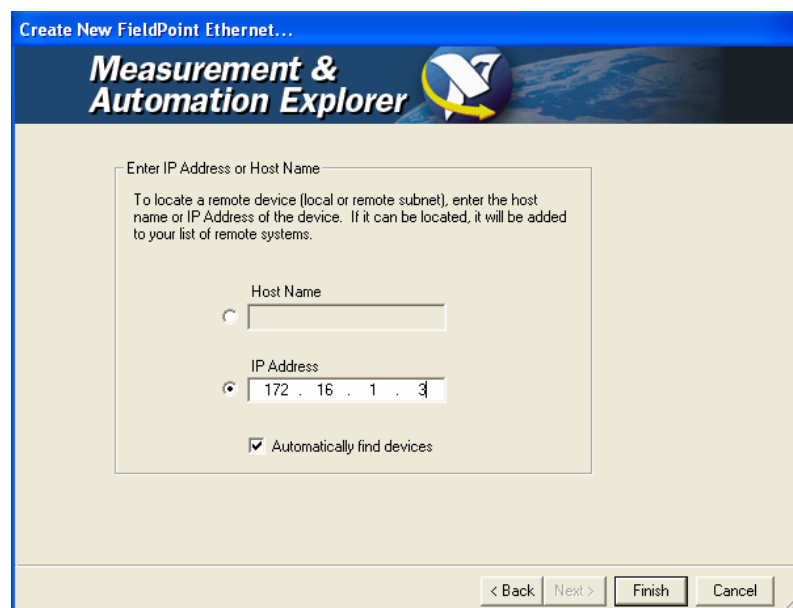


Fig. 2.18: Ventana de Comunicación IP

Haga clic en el botón finish. El MAX encontrara todos los módulos Compact FieldPoint conectados al recurso con configurado y los añadirá al archivo de configuración con extensión *.iak. Si no se encuentran dispositivos, asegurarse de que el equipo Compact FieldPoint esta encendido, y de que se seleccione el puerto de comunicaciones al que se conecto el sistema FieldPoint.

Una vez que se han encontrado los módulos del Compact FieldPoint haga clic en el signo + Filed Point Items para expandir la jerarquía de dispositivos y mostrar los módulos encontrados en la red. La jerarquía tiene que incluir todos los módulos que están conectados al puerto de comunicación.

Un ejemplo de jerarquía se muestra en la figura 2.19. El nombre por defecto de cada dispositivo encontrado incluye el numero de modelo de modulo Compact FieldPoint seguido por el símbolo @, luego la dirección del modulo (cFP-2020@0).

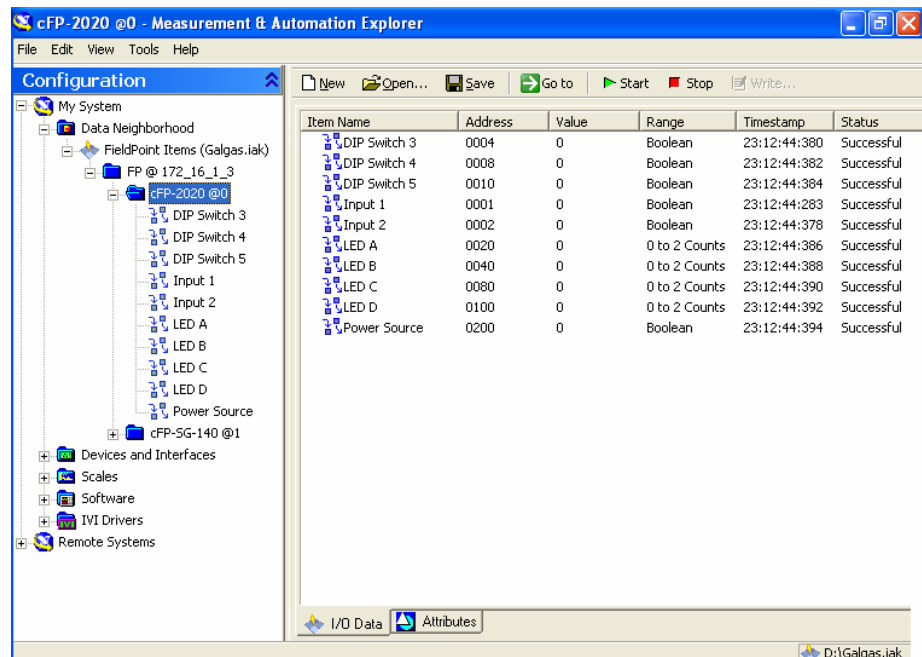


Fig. 2.19: Ventana de Jerarquía de Módulos Disponibles

2.4.3.2. Configuración del cFP-SG-140

Para configurar los elementos físicos del modulo cFP-SG-140 seleccione el dispositivo en la venta **CONFIGURACIÓN**.

Haga clic derecho en el nombre del dispositivo cFP-SG-140 y seleccione **go to device configuration** como se muestra en la figura 2.20, y aparecerá la ventana de configuración que se muestra en figura 2.21.

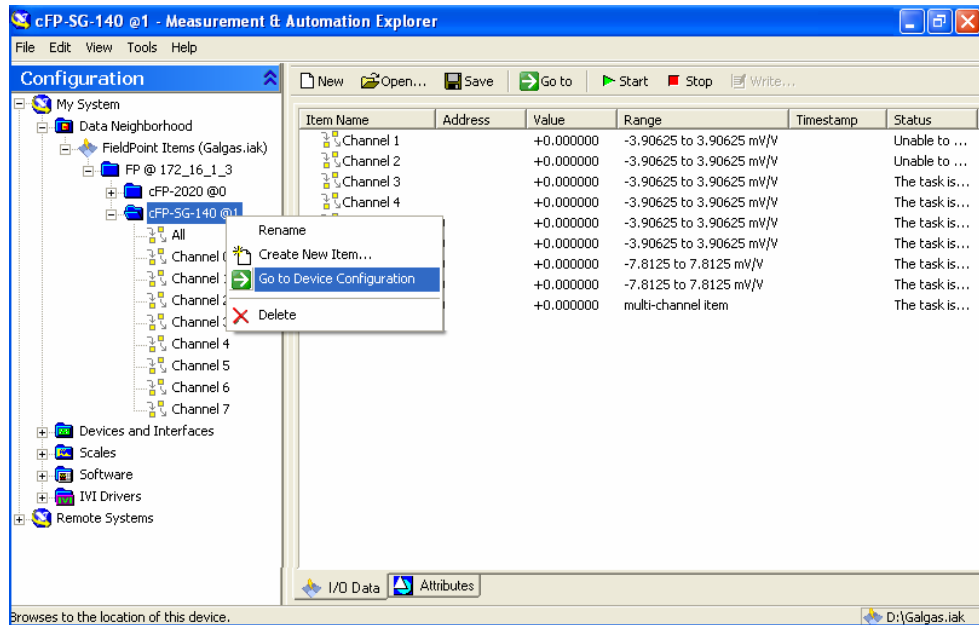


Fig. 2.20: Acceso al dispositivo de configuración cFP-SG-140

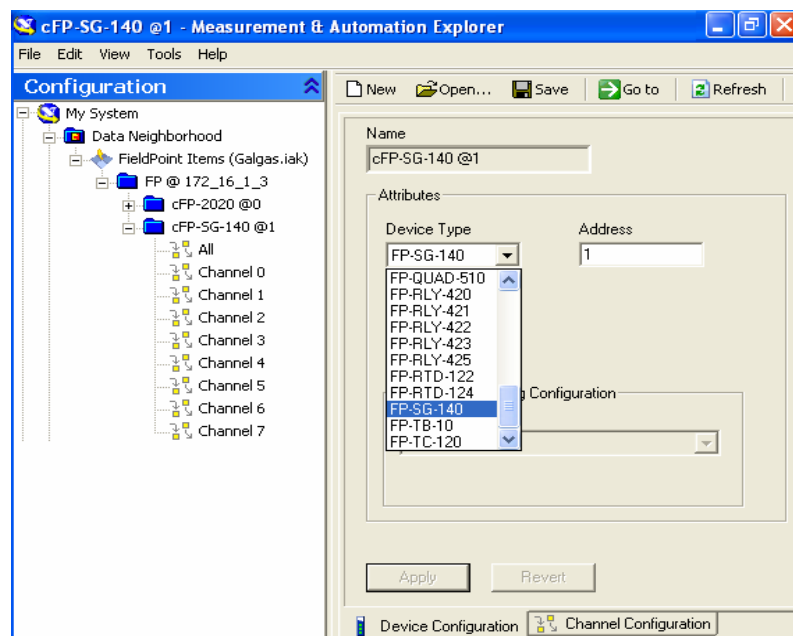


Fig. 2.21: Ventana de configuración del Modulo cFP-SG-140

Haga clic en el botón **Chanel Configuration** y se observara la siguiente ventana mostrada en la figura 2.22.

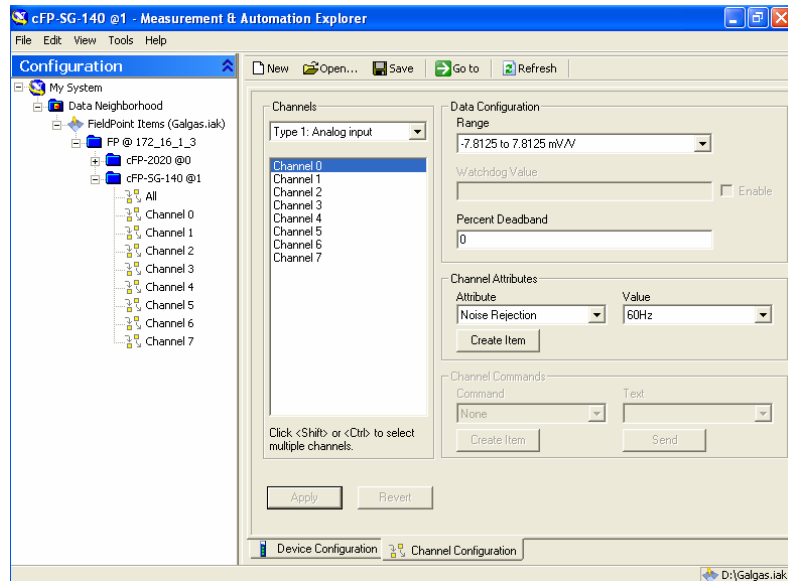


Fig. 2.22: Ventana de configuración de los canales

Para la configuración de los canales se selecciona primero el número de canal de la lista que aparece a la izquierda de la caja de diálogo, se puede seleccionar y configurar múltiples canales al mismo tiempo oprimiendo las teclas <Shift> o <ctrl>.

Cambie el rango del canal 0 donde se a conectado el medidor de fuerza (celda de carga) seleccionando **Range** del cuadro de **Data configuration**, el mismo que va desde -3.90625 a 3.90625 mV/V, y seleccionado del cuadro de **Channel Attributes** el voltaje de excitación que es de 5 V, como se muestra en la figura 2.23.

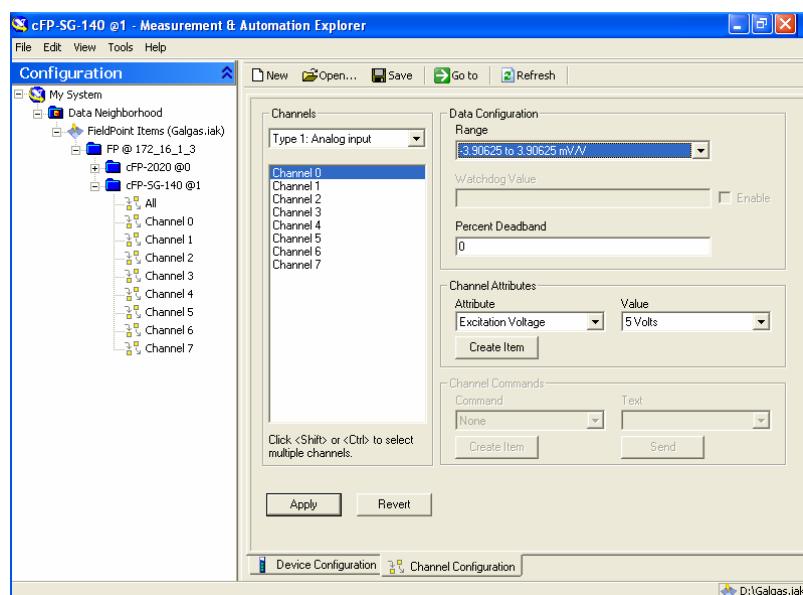


Fig. 2.23: Ventana de configuración del canal 0

Siguiendo el procedimiento anterior se configura el canal 1 en el que se ha conectado el medidor de deformación (Strain Gage), seleccionando un rango de -3.90625 a 3.90625 mV/V, y un voltaje de excitación de 2.5 V, como se muestra en la figura 2.24.

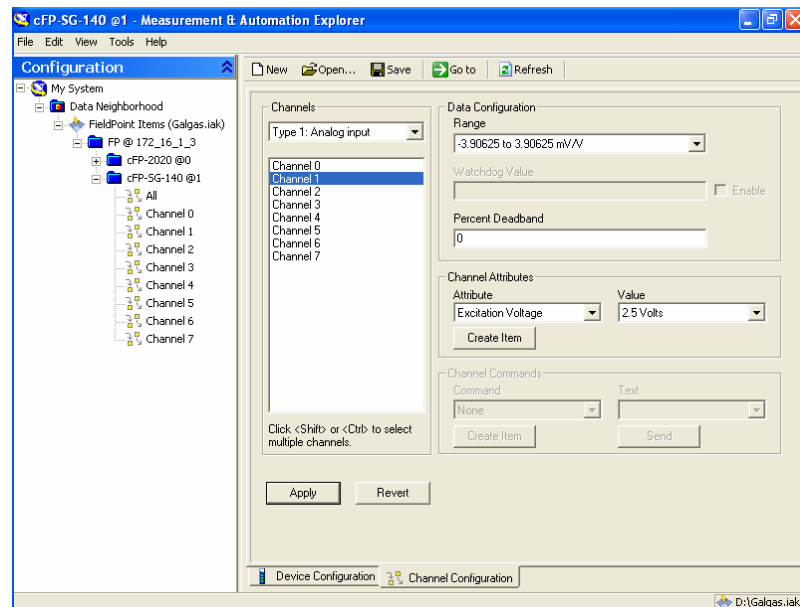


Fig. 2.24: Ventana de configuración del canal 1

Una vez terminada la configuración de los canales del modulo cFP-SG-140, haga clic en el botón **Go to**, y aparecerá la pantalla que se muestra en la figura 2.25

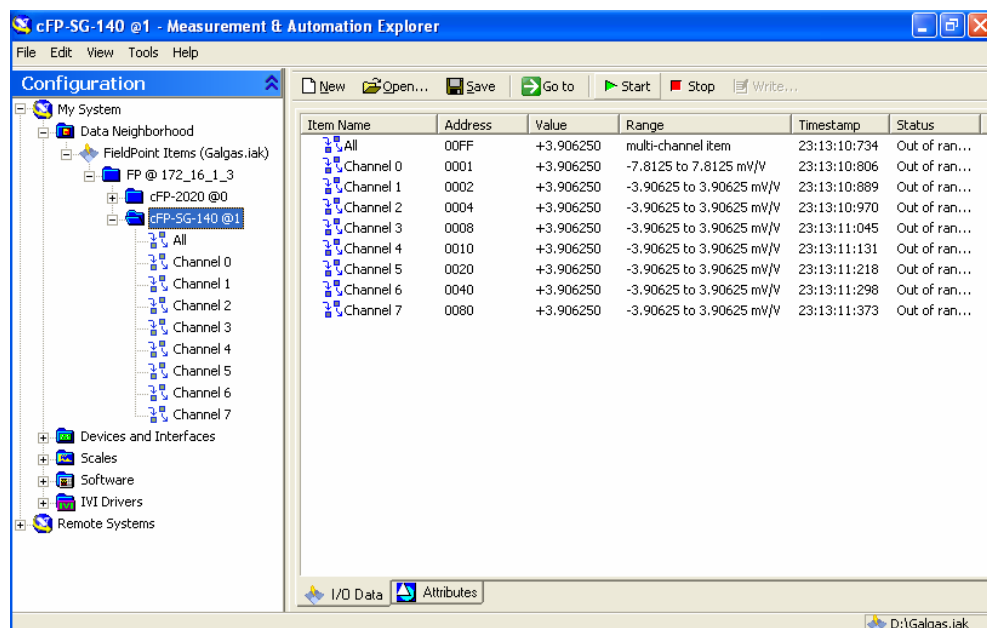


Fig. 2.25: Ventana de presentación de los canales de entradas

CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA MÁQUINA DE ENSAYOS A LA TRACCIÓN

3.1. Introducción

Un sistema de adquisición de datos (SAD) es un conjunto de subsistemas electrónicos cuya finalidad es captar información del mundo real, información que viene representada mediante señales analógicas o digitales que corresponden normalmente con magnitudes físicas o químicas obtenidas desde un transductor o sensor con estados perfectamente diferenciables.

Los sistemas de adquisición de datos surgen ante la necesidad, cada vez mayor y más frecuente de medir, registrar, almacenar, visualizar y procesar digitalmente señales del mundo físico de acuerdo a las necesidades del sistema de medición o controles más complejos.

Con el acelerado desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, las computadoras personales (PC) se han convertido en una poderosa herramienta de trabajo e investigación que nos permite automatizar sistemas así como simular procesos con un intervalo de error muy pequeño. Es fácil comprender la gran ventaja que ofrece la computadora cuando se acopla a un sistema de adquisición de datos, por cuanto permite el análisis, procesamiento y control de los datos en un sin número de variantes solamente modificando el programa (software) que se utilice.

Hoy en día existe una gran cantidad y variedad de sistemas de adquisición de datos, tanto para experimentación como vinculados directamente a la producción, en los que la información se procesa en la computadora. Su principal importancia y aplicación se centra en el campo de la automatización, la medición y el procesamiento digital de señales.

Por esta razón se introduce LabVIEW (Laboratory Virtual Engineering workbench) de National Instruments, debido a su ambiente de programación gráfica que permite desarrollar aplicaciones de adquisición, instrumentación y control.

El objetivo de este capítulo es mostrar las diferentes etapas del Sistema de Adquisición de datos del programa desarrollado, para ello se iniciará con algunas generalidades del software, lo que permitirá un mejor entendimiento del mismo, luego se continuará explicando el programa desarrollado para la adquisición de datos.

3.2. Lenguaje de Programación LabVIEW

LabVIEW de National Instruments, es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. Permite diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con el Compact FieldPoint, tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos. La versión de LabVIEW utilizada para este proyecto es la 8.2.

Al ser LabVIEW 8.2. un lenguaje de programación gráfico, es muy simple de manejar, debido a que está basado en un nuevo sistema de programación gráfica, llamado lenguaje G, y basado en un sistema de ventanas, muchas veces es más sencillo de utilizar que otros lenguajes más típicos.

Este tipo de lenguaje se desarrolló a partir de la aparición de la instrumentación virtual, es decir, con el uso de los ordenadores para realizar mediciones (temperatura, presión, caudal, fuerza, deformación, etc.), aprovechando las características de éstos últimos, potencia de cálculo, productividad, capacidad de visualización gráfica y capacidad de conexión con otros dispositivos, para optimizar los resultados

En definitiva, se puede concluir diciendo que con un ordenador personal, un hardware adecuado unos “drivers” y un software como LabVIEW 8.2, se pueden obtener datos muy provechosos y mejores que si se utilizan instrumentos tradicionales tales como osciloscopios, generadores de señal, analizadores de espectros, analizadores vectoriales, etc.

Al ingresar a LabVIEW 8.2 aparece la ventana principal mostrada en la Figura 3.1

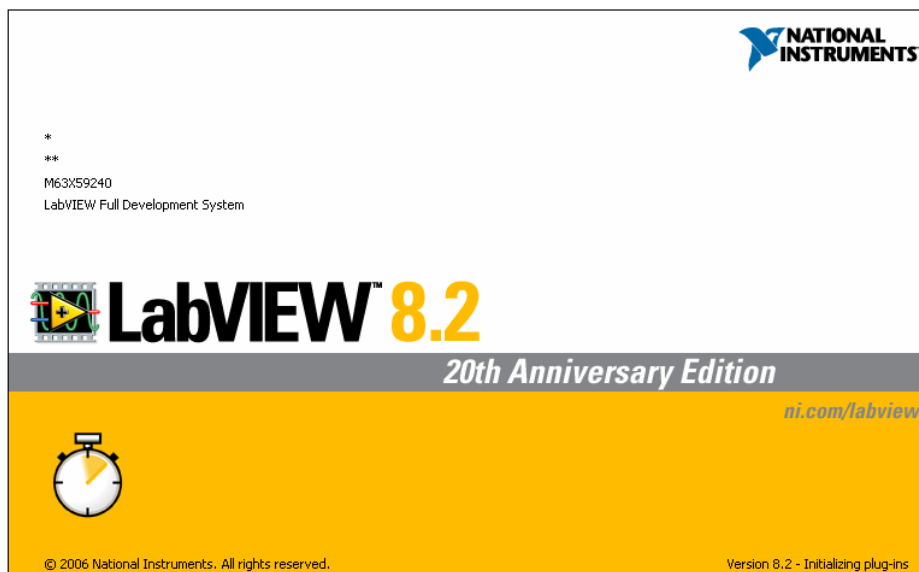


Fig. 3.1: Pantalla de inicio de LabVIEW 8.2

3.2.1. Sistema de Trabajo

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan instrumentos virtuales (VIs Virtual Instruments), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tiene una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otro VIs. Todos los VIs tiene un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs.

3.2.1.1. Panel Frontal

El panel frontal es la interfaz del VI con el usuario. Esta internamente recoge las entradas procedentes del usuario y presenta las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal se puede construir con controles e indicadores, los cuales son los terminales de entrada y salida interactivos del VI, respectivamente. Los controles son perillas, botones, diales y otros dispositivos de entrada, simulan dispositivos de entrada al instrumento y entregan los datos al diagrama de bloques del VI, los indicadores simulan los dispositivos de salida del instrumento y presentan los datos que el diagrama de bloques adquiere o entrega. El Panel Frontal de trabajo se muestra en la Figura 3.2

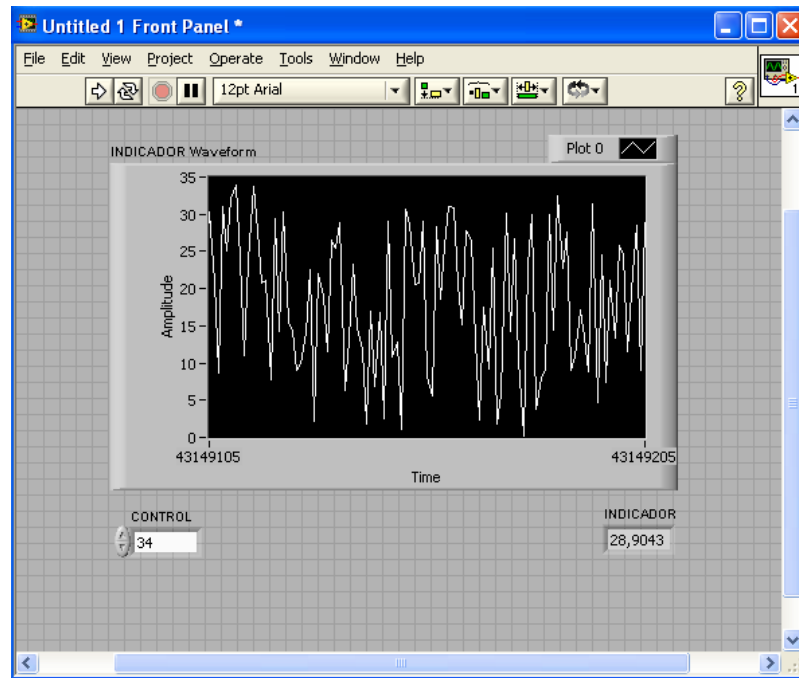


Fig. 3.2: Panel frontal

3.2.1.2. Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre si, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetivos correspondientes, y por ello fluyen los datos.

LabVIEW posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc. Las estructuras similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales ejecutan el código que contiene de forma condicional o repetitiva (bucle for, while, case). Los cables son la trayectoria que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente. El Diagrama de bloques se muestra en la Figura 3.3

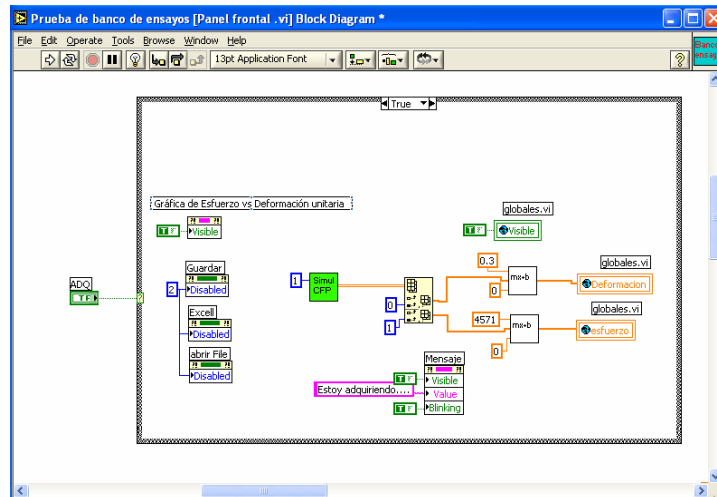


Fig. 3.3: Diagramas de Bloques

3.2.1.3. Paletas de Trabajo

Las paletas de trabajo de LabVIEW proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques.

- **Paletas de Herramientas (tools palette)**

Se puede crear, modificar y depurar VIs utilizando las herramientas localizadas en la paleta flotante Tools. Esta paleta está disponible en el panel frontal y el diagrama de bloques. Cuando se selecciona una herramienta, el icono del cursor cambia al icono de la herramienta. Utilice las herramientas para operar y modificar objetos del panel frontal y del diagrama de bloques. La paleta de herramientas (tools palette) se muestra en la figura 3.4



Fig. 3.4: Paleta de herramientas (tools palette)

- **Paletas de Control (controls palette)**

La paleta Controls permite colocar controles e indicadores en el panel frontal. La paleta Controls está disponible únicamente en el panel frontal. Para acceder a ella debe de ir a Windows»Show Controls Palette o haga click con el botón derecho del mouse en el área de trabajo del panel frontal para desplegar la paleta Controls. Convierta la paleta Controls en una paleta flotante presionando la tachuela que se encuentra en la esquina superior izquierda de la paleta. La paleta de controles es como se muestra en la figura 3.5.

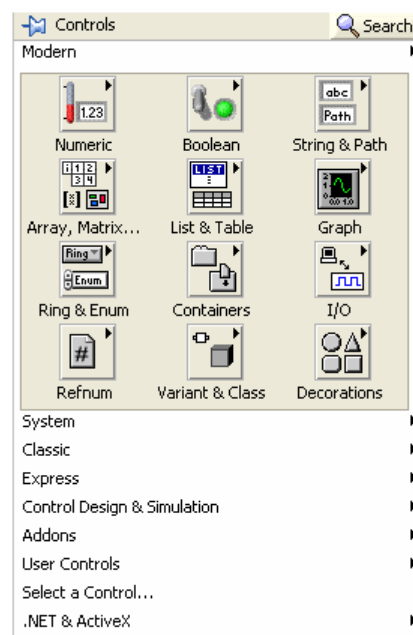


Fig. 3.5: Paleta de controles

- **Paleta de Funciones (functions palette)**

La paleta Functions permite construir el diagrama de bloques, y se encuentra disponible únicamente en el mismo. Para acceder a ella debe seleccionarse Windows»Show Functions Palette o hacer click con el botón derecho del mouse en el área de trabajo del diagrama de bloques para desplegar la paleta Functions. Convierta la paleta Functions en una paleta flotante presionando la tachuela que se encuentra en la esquina superior izquierda de la paleta. La paleta de funciones se muestra en la figura 3.6.

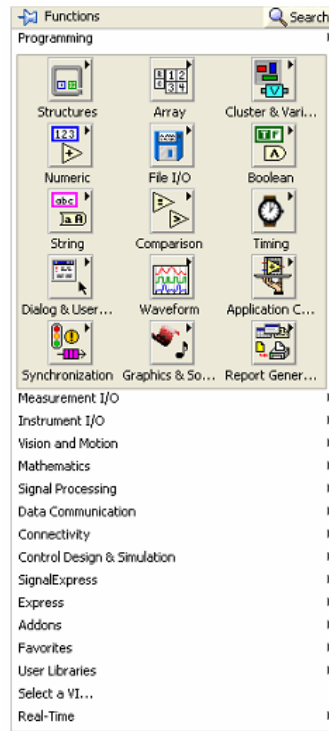


Fig. 3.6: Paleta de funciones

3.3. Desarrollo del Programa para la Adquisición de Datos

El programa desarrollado lleva por nombre **Software de Ensayos a la Tracción**, en el se encuentra el ensayo de tracción, a más de este se podrá implementar el ensayos de compresión, se pensó en hacer este software con la finalidad de utilizarlo en tareas asociadas a la lectura de variables físicas provenientes de la máquina de ensayos de tracción.

El programa consta básicamente de una ventana de presentación, una ventana de menú principal, la misma que lleva a varias ventanas según la opción que se elija.

En la figura 3.7 se muestra la ventana de apertura del programa en donde se encuentra, el nombre del programa, institución, los autores, director y asesores.

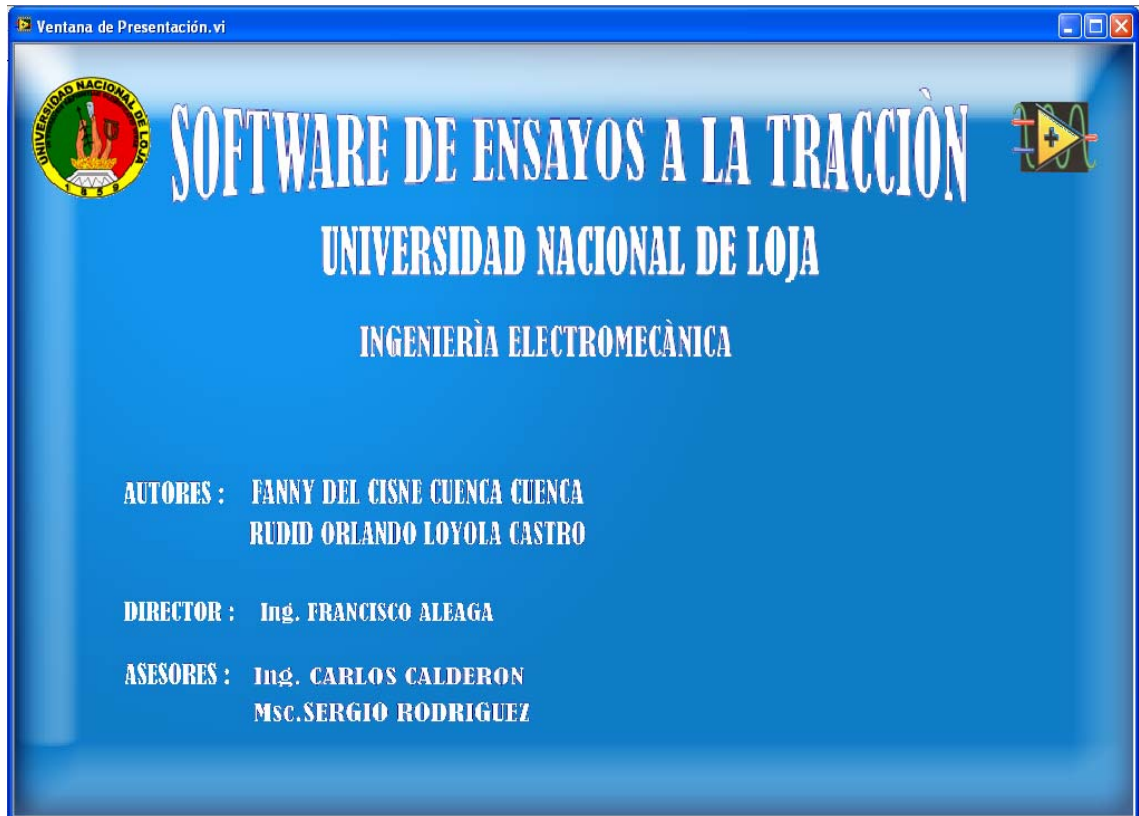


Fig. 3.7: Ventana de Presentación

Inmediatamente después de abrirse esta ventana de presentación se abre una segunda ventana llamada menú principal, en la cual se selecciona la opción de autenticación la misma que permitirá el acceso a las demás opciones. Para un mejor entendimiento en el transcurso de este capítulo se irá explicando cada una de las ventanas y el funcionamiento de las diferentes opciones que en ella se establecen.

3.3.1. Diagrama de Flujo General del Programa

En esta sección se muestra un diagrama esquemático del programa, el cual consta de dos partes, la primera es la ventana de presentación, la segunda es la ventana de menú principal, la cual tiene diversas funciones como las que se observa en la figura 3.8.

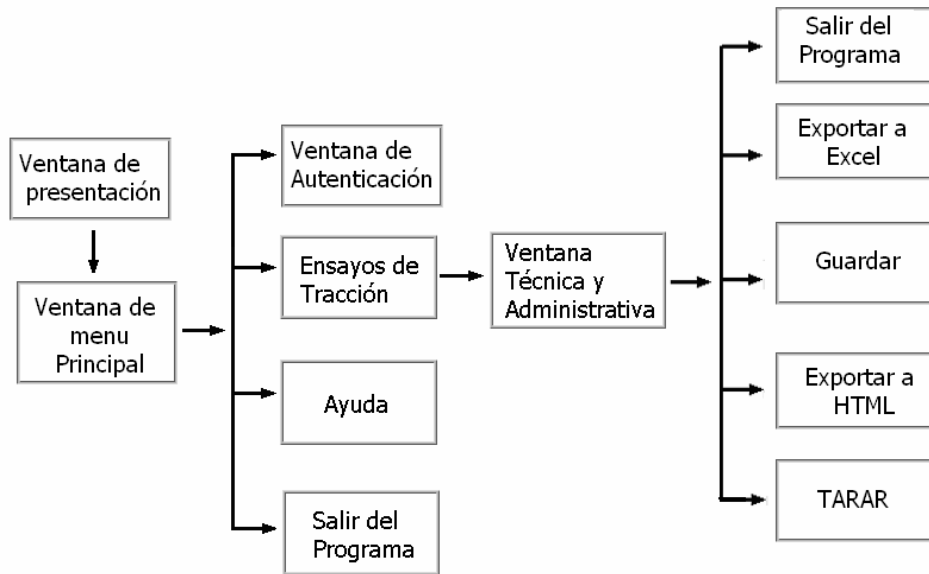


Fig. 3.8: Diagrama de Flujo General del programa

3.3.2. Ventana Principal

Una vez mostrada la ventana de apertura seguidamente se activa la ventana de menú principal que se observa en la figura 3.9.



Fig. 3.9: Ventana Principal

La Ventana de Principal muestra en su parte izquierda las siguientes opciones:

- **Autenticación**

Esta función permite el acceso a las demás opciones la misma que será descrita en la en la sección 3.3.2.1

- **Ensayos de tracción**

Esta opción permite ingresar a la siguiente ventana técnica y administrativa que será descrita en la sección 3.3.2.2.

- **Ayuda**

La ayuda permite conocer sobre como trabaja el programa “*Software de Ensayos de Tracción*”, así como de los conceptos básicos que se están utilizando en el mismo, conocer las ventanas de trabajo que fueron creadas para la adquisición de datos y recomendaciones sobre como realizar las pruebas.

- **Salir**

Opción que permitirá salir del programa en caso de que se produzca algún altercado.

3.3.2.1. Ventana de Autenticación

La ventana de autenticación muestra dos opciones una para administrador el mismo que será una sola persona y la otra para usuarios los mismos que podrán ser los diferentes estudiantes que realicen las pruebas, en el caso del administrador se deberá ingresar únicamente su respectiva contraseña ver figura 3.10.

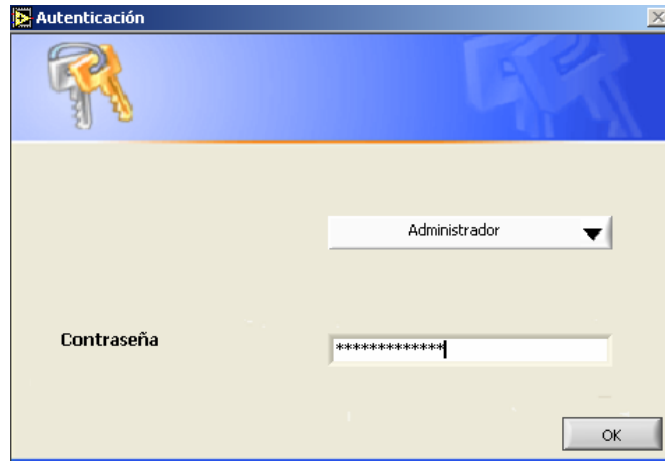


Fig. 3.10: Autenticación para Administrador

Una vez que el administrador ha ingresado su contraseña correctamente accederá inmediatamente a la ventana de **Administración de cuenta de usuario**, mostrada en la figura 3.11, y podrá modificar los diferentes usuarios así como sus contraseñas e ingresar su nueva contraseña de administrador.

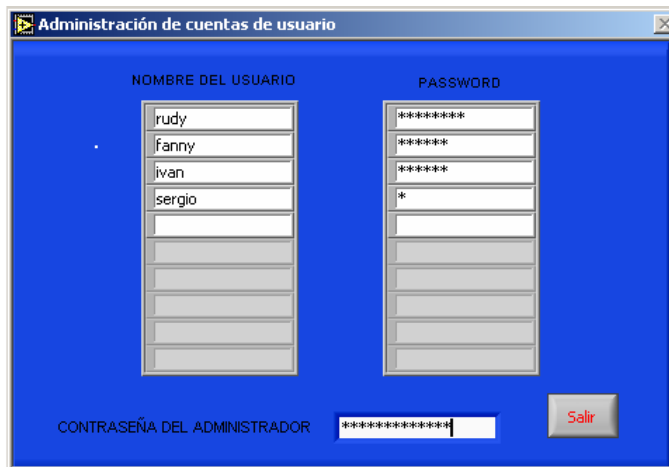


Fig. 3.11: Administración de Cuenta de Usuario

En el caso de los usuarios deberán ingresar su respectivo nombre y contraseña con la que fueron registrados con anterioridad por el administrador, la misma que le permite ingresar a realizar los ensayos de tracción. En la figura 3.12, se muestra la autenticación para usuario. Cuando la autenticación no es exitosa el programa emite un mensaje informándolo.

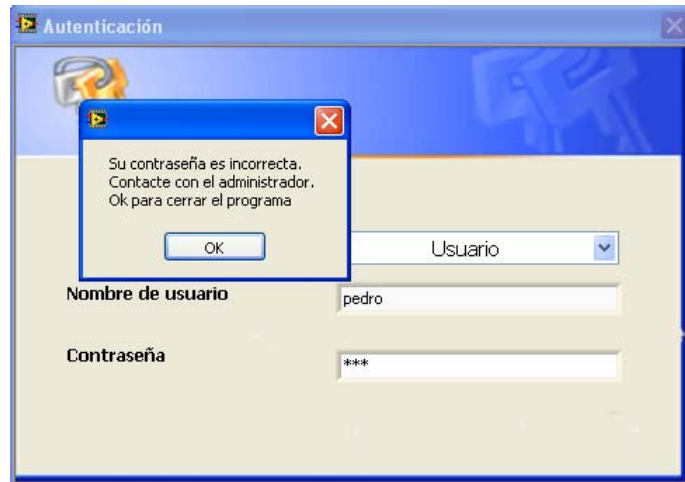


Fig. 3.12: Autenticación para Usuario

3.3.2.2. Ventana de Administración Técnica Administrativa

Una vez que se presiona el botón correspondiente al **Ensayo de Tracción** se abre la ventana de información técnica y administrativa mostrada en la figura 3.13

Datos de la probeta		Descripción del Ensayo	
Tipo de materia	<input type="text"/>	Cliente	<input type="text"/>
Peso	<input type="text" value="0"/> (lb)	Lugar de la prueba	<input type="text"/>
Longitud Inicial	<input type="text" value="0"/> (mm)	Muestra No	<input type="text" value="0"/>
Diámetro Inicial	<input type="text" value="0"/> (mm)	Fecha del Ensayo	<input type="text" value="22/02/2007"/>
Responsabilidad y Nota			
Nombre	<input type="text"/>		
Nota	<input type="text"/>		

Fig. 3.13: Ventana de Información Técnica y Administrativa

Esta ventana tiene las siguientes opciones.

- **Datos de la Probeta**

En esta sección se tendrá que digitar el tipo de material con el cual se está trabajando en el momento de realizar la prueba que puede ser acero o cualquier otro material, en esta ventana también se hará referencia al peso del espécimen, a la longitud inicial y al diámetro inicial, el diámetro final se tendrá que digitar posterior a realizar la prueba ya que este dato se tendrá que tomar luego de romperse la probeta y juntar sus partes y medir el diámetro final.

- **Descripción del Ensayo**

En esta sección se describen las siguientes opciones:

Ciente: En ella se anotará el nombre de la persona, institución o empresa para la cual se está realizando la prueba.

Lugar de la Prueba: Será el lugar donde se realicen los Ensayos de Tracción.

Número de Muestra: En este casillero se deberá ingresar un código para identificar el número de prueba realizado.

Fecha del Ensayo: En ella se describe la fecha con que fue emitida la prueba realizada

- **Responsabilidad y Nota**

En esta sección se describirá lo siguiente:

Responsabilidad: Se deberá ingresar el nombre de la persona responsable en realizar los Ensayos de Tracción.

Nota: La persona responsable en realizar el ensayo deberá ingresar en esta casilla algún comentario sobre el ensayo realizado, o alguna recomendación sobre la misma.

3.3.2.3. Ventana de Adquisición de Datos

Posterior al llenar las casillas de la ventana de información técnica y administrativa, aparece una nueva ventana llamada Ventana de Adquisición de Datos mostrada en la figura 3.14.

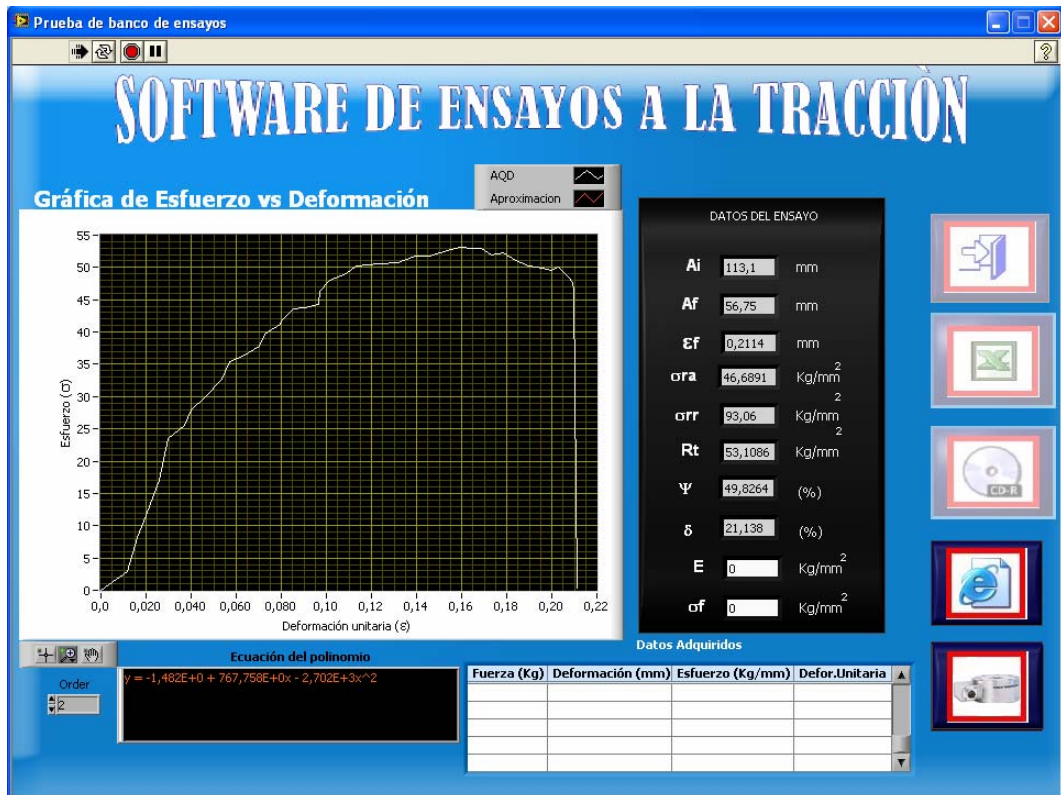


Fig. 3.14: Ventana de Adquisición de Datos

En esta ventana se muestra las siguientes opciones de trabajo:

- **Salir**

Este botón permitirá salir del ensayo y regresar nuevamente al menú principal para así poder realizar un nuevo ensayo.

- **Guardar:**

Al seleccionar este botón permitirá guardar las pruebas realizadas en una carpeta pre establecida por el programa o cualquier carpeta dentro del disco duro de la máquina que el operador crea conveniente.

- **Exportar a Excel:**

Esta opción permitirá que los datos tomados de la prueba realizada puedan ser exportados a una hoja de cálculo de Excel.

- **Exportar a pagina Web**

Este botón permite que retornemos nuevamente a la ventana técnica y administrativa explicada en la sección 3.3.2.2, una vez que se ingresados los datos requeridos y oprimido el botón OK el programa realizara un reporte de toda la información obtenida en una hoja de Internet tipo HTML. Para que en lo posterior se pueda imprimir el informe.

- **Tarar**

Este botón permitirá enserar los respectivos sensores antes de comenzar a realizar los ensayos.

3.3.3. Rutinas Creadas

Para el desarrollo del programa “Software Ensayos a la Tracción” se crearon diferentes rutinas, enceramiento de las variables la que permitirá encerar los instrumentos cada vez que se comienza una prueba, adquisición de datos la cual permite acceder a realizar los ensayos de los diferentes materiales, y en ella se han creado subrutinas las cuales servirán para realizar operaciones matemáticas, también se creo una rutina para el almacenamiento de los datos de los ensayos realizados, luego de almacenado los datos también pueden ser llamados o recuperados por la runita creada para este.

3.3.3.1. Adquisición de Datos

En esta parte del programa primeramente se taran los sensores, ya que debido a la sensibilidad de los mismos puede ser alterados por la inestabilidad del sistema como variaciones de voltaje, cambios de temperatura, o por alguna precarga provocada al momento de colocar la probeta. En el momento en que se comienza a leer el valor de voltaje proveniente del Compact FieldPoint 2020.tanto como el sensor de fuerza (celda de carga) como de deformación (extensometro), al presionar la tecla de tarar, el

programa restara el valor actual del anterior, y la lectura tanto de fuerza como de deformación, será cero y todas las lecturas posteriores se harán con respecto a ese valor.

Luego de que se realiza el enceramamiento de los sensores inmediatamente se procede a la adquisición de datos, el diagrama de bloques de la adquisición de datos se muestra en la figura 3.15

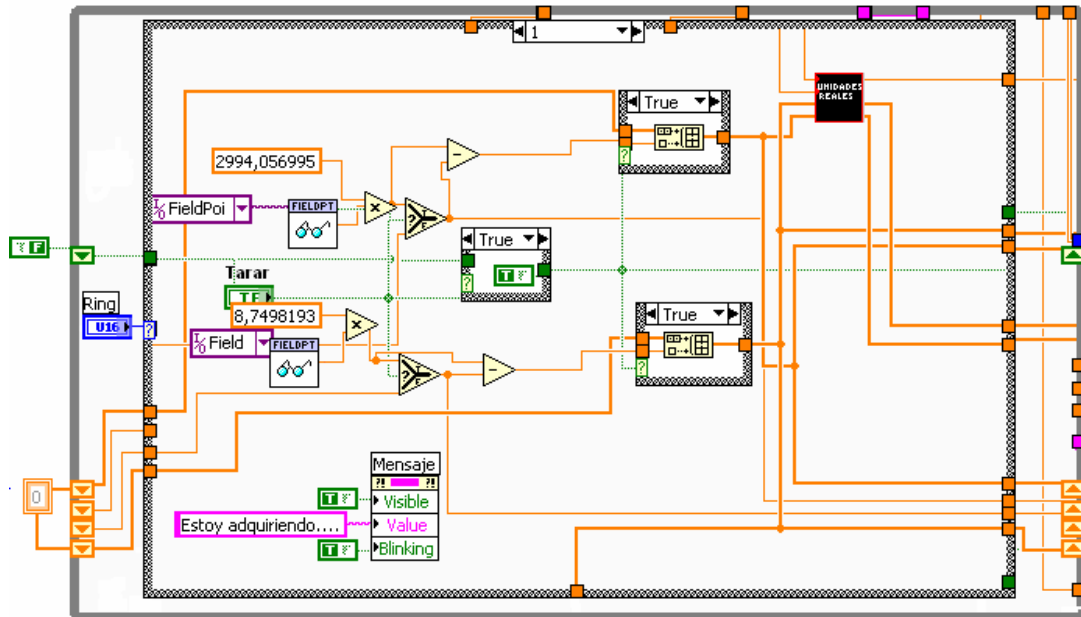


Fig. 3.15: Diagrama de bloques de Adquisición de Datos

3.3.3.2. Almacenamiento de los Datos

Esta rutina permite almacenar todos los datos obtenidos durante el ensayo como, tipo de material, información de la probeta (peso, diámetro inicial, longitud inicial, etc), cliente, lugar de la prueba, número de muestra, resultados de la prueba, etc. La misma que puede ser recuperada para el análisis de la prueba. Ver figura 3.16

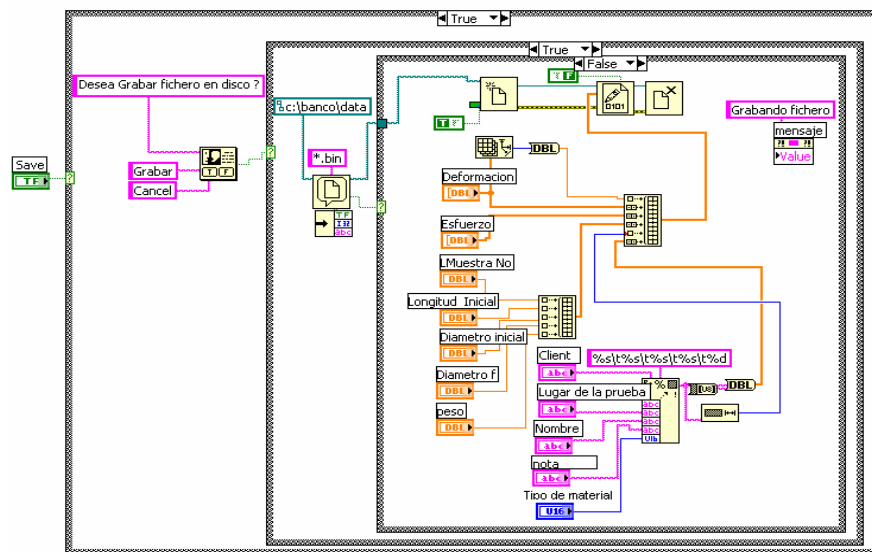


Fig. 3.16: Almacenamiento de Datos

3.3.3.3. Operaciones Matemáticas

Esta rutina se muestra en la figura 3.17, la misma que permite hacer cálculos matemáticos como son: la conversión de unidades, esfuerzo de rotura aparente, deformación unitaria, área final, longitud final, esfuerzo de rotura real, resistencia a la tracción, elongación, estricción, % de reducción del área, etc,

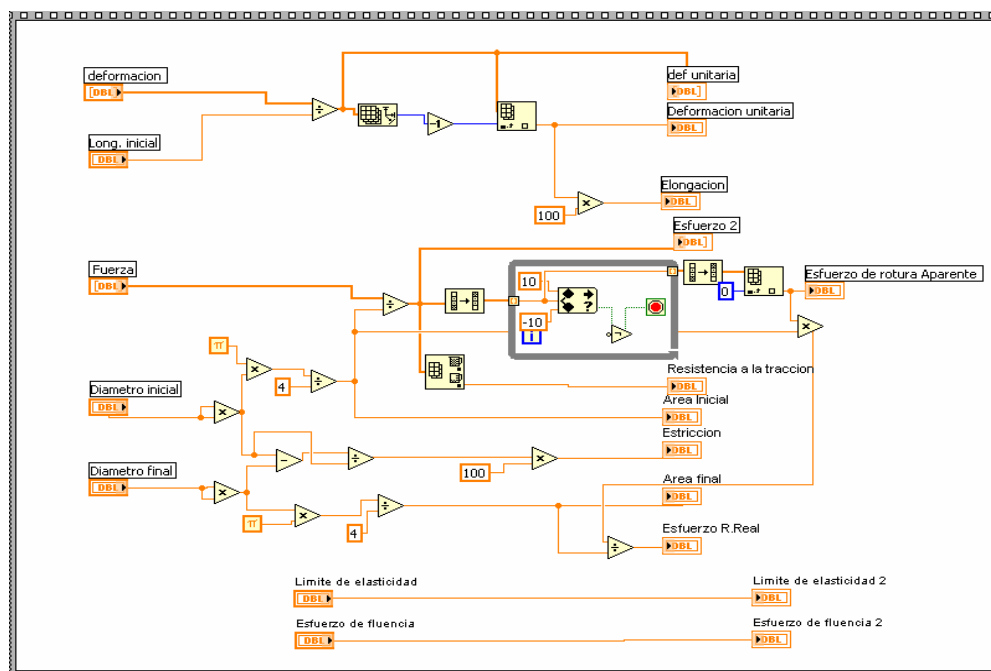


Fig. 3.17: Rutina de Operaciones Matemáticas

3.3.3.4. Llamar Archivos Guardados

Los archivos que fueron almacenados en la PC como son: tipo de material, información de la probeta (peso, diámetro inicial, longitud inicial), cliente, lugar de la prueba, número de muestra, resultados de la prueba, etc. Pueden ser recuperados o llamados a través de la siguiente rutina, que se muestra en la figura 3.18

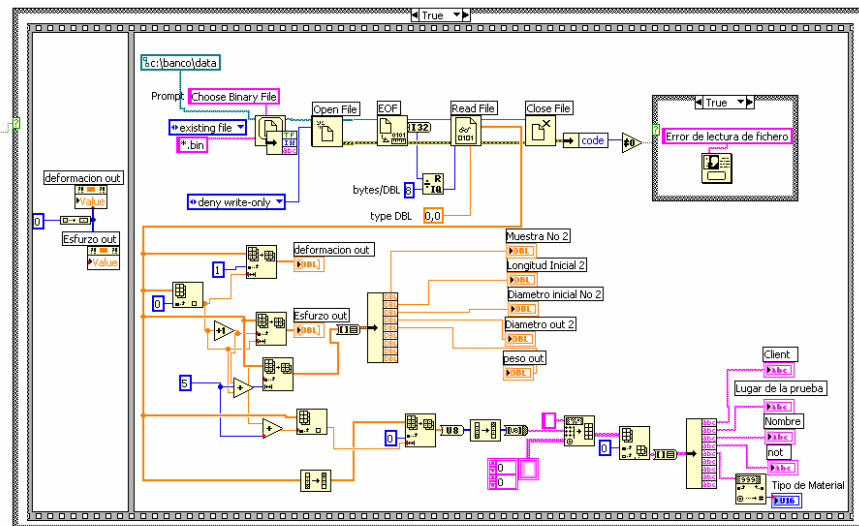


Fig. 3.18: Archivos Guardados

3.3.3.5. Exportar a Excel

Luego de haber adquirido los datos correspondientes al ensayo estos pueden ser exportados a una hoja de Excel figura 3.19, en donde el operador puede lograr ajustar la curva obtenida en el programa, realizar interpolaciones y otras funciones.

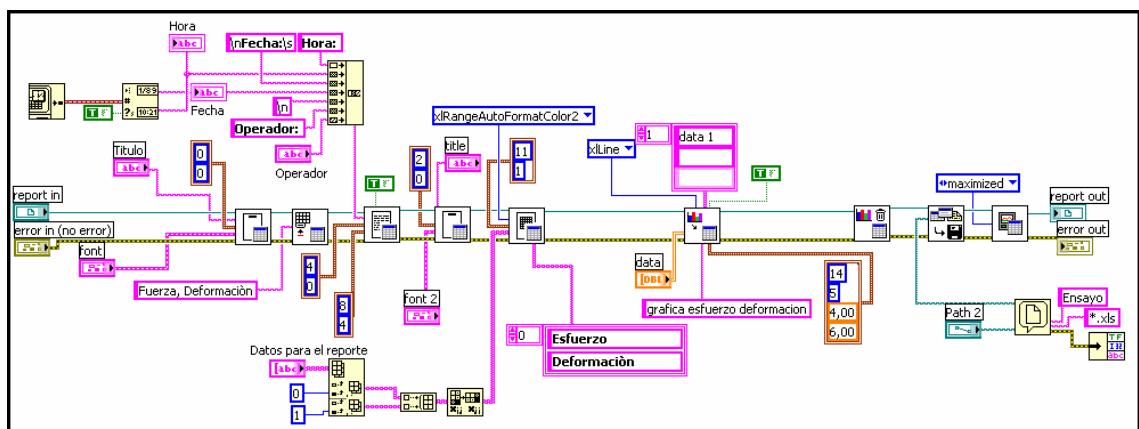


Fig. 3.19: Rutina de Exportación a Excel

3.3.3.6. Rutina de Ayuda

Esta rutina Figura 3.20 permitirá conocer a breves rasgos el programa con el cual se esta trabajando.

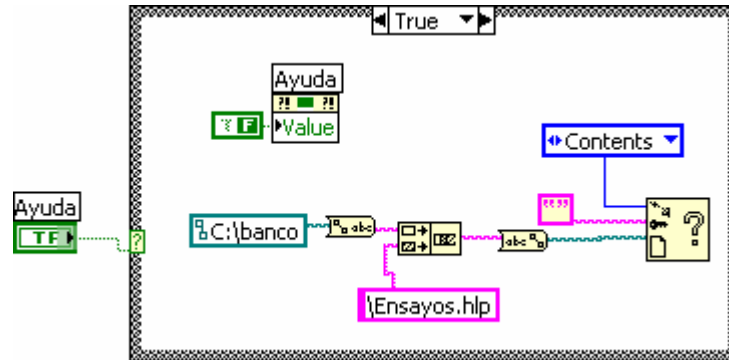


Fig. 3.20: Rutina de Ayuda

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPITULO IV ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA PRÁCTICA PARA EL LABORATORIO

4.1. Ensayos de tracción

El término ensayo de tensión se usa normalmente a la hora de hablar de ensayos en los cuales una probeta preparada es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente (estática) hasta que ocurre la falla. En un ensayo de tensión simple, la operación se realiza sujetando los extremos opuestos de la pieza de material y separándolos en una dirección paralela a la carga aplicada a la probeta, generalmente hasta la rotura, mientras se observa el incremento de su elongación, con el fin de determinar una o más propiedades mecánicas del material ensayado.

4.1.1. Objetivos de los Ensayos de Tracción

- Realizar ensayos de tracción en diferentes materiales, determinando las principales propiedades mecánicas que resultan de los mismos:
 - Punto de fluencia.
 - Resistencia a la tracción
 - Esfuerzo de rotura real
 - Esfuerzo de rotura aparente.
 - Alargamiento
 - Estricción
- Representar gráficamente la curva esfuerzo-deformación unitaria
- Analizar y contrastar los resultados reales con los teóricos de los fabricantes.

4.2. Materiales a Ensayar

Para los ensayos de tracción se han escogido 4 tipos de materiales los mismos que tienen diferente dureza y contenido de carbono (máximo del 50%) de esta manera demostrar la confiabilidad y la exactitud de los resultados. Los materiales elegidos se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Materiales a ensayar

MATERIAL.	NÚMERO DE MUESTRAS.
Hierro dúctil	5
Acero de construcción (corrugado).	5
Acero SAE 1018 (eje de transmisión).	5
Acero 705: SAE 4340 (acero bonificado para maquinaria)	5

Fuente: Tabla de aceros a ensayar realizadas por los Autores

4.2.1. Dimensión de las Probetas

Aunque existen ciertos requerimientos fundamentales pueden establecerse y ciertas formas de probetas que se acostumbran usar para tipos particulares de ensayos. Las probetas para ensayos de tracción se hacen en una gran variedad de formas. La sección transversal de la probeta es redonda, cuadrada o rectangular, las dimensiones que debe poseer cada probeta al momento del ensayo de tracción, se basa en la norma DIN 50125 cuya sección transversal es circular que se muestra en la tabla. 4.2 y Figura 4.1.

Tabla 4.2: Dimensiones de la probeta estándar de sección circular.

PARÁMETRO.	VALOR.	UNIDAD.
1Diámetro inicial.	12 ± 0,1	mm.
Longitud de calibración	60	mm.
Longitud de probeta.	200	mm.
Peso.	0,198	Kg.

Fuente: Dimensiones de probetas basadas en la Norma DIN 50125

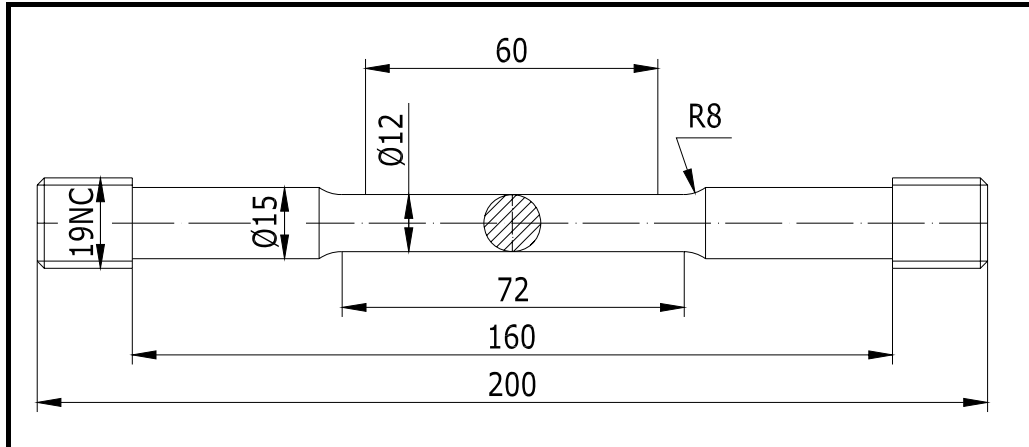


Fig. 4.1: Dimensiones de probeta normalizada

La parte central de la probeta es usualmente de sección menor que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los dispositivos de sujeción.

La forma de los extremos debe ser adecuada al material, de tal manera, que se ajuste debidamente en el dispositivo de sujeción a emplear. Los extremos de las probetas redondas pueden ser simples, cabeceados, o roscados. La relación entre el diámetro o ancho del extremo y el diámetro o ancho de la sección reducida, es determinada en gran parte por la costumbre, aunque para los materiales quebradizos es importante tener los extremos suficientemente grandes para evitar la falla debida a la combinación del esfuerzo axial y los esfuerzos debidos a la acción de las mordazas. Una probeta debe ser simétrica con respecto a su eje longitudinal, para evitar la flexión durante la aplicación de la carga.

4.2.2. Ecuaciones que rigen las Propiedades del Material Ensayado

- “Diámetro de probeta ideal” D_{pc} (mm.) siendo ideal no es un valor de campo ni se utiliza ecuación para encontrarlo, es más bien una constante (12 mm.).
- “Área de probeta ideal” A_{pc} (mm.²) viene dado por la ecuación.

$$A_{pc} = \frac{\pi \times D_{pc}^2}{4}$$

Donde:

D_{pc} = Diámetro de probeta ideal (mm.)

- “Longitud final” L_f (mm.) está dado por la ecuación.

$$L_f = L_c + L_o$$

Donde:

L_c = Lectura del extensometro (mm.)

L_o = Longitud de calibración (mm.)=60mm

- “Esfuerzo de ingeniería” σ_c (Kg./mm.²) este valor en cambio se utiliza para graficar la curva ideal de esfuerzo-deformación; y viene dado por la ecuación

$$\sigma_c = \frac{F_t}{A_{pc}}$$

Donde:

F_t = Carga (Kg.)

A_{pc} = Área de probeta ideal (mm.²)

- Deformación L_c (mm.) este es un dato de campo y su lectura se la toma del extensometro adherido a la probeta.
- “Deformación unitaria” ε (mm / mm) este valor es utilizado para graficar las dos curvas tanto ideal como real de esfuerzo-deformación, y se lo obtiene mediante la ecuación.

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$$

Donde:

L_f = Longitud final

L_o = Longitud inicial

- “Deformación porcentual” δ (%) este valor es simplemente el porcentaje de deformación y se obtiene de la ecuación.

$$\delta = \varepsilon \times 100\%$$

Donde:

ε = Deformación (mm / mm).

- Límite de fluencia σ_e (Kg./mm.²) se obtiene de la ecuación.

$$\sigma_e = \frac{F_t}{A_p}$$

Donde:

F_t = Carga (Kg.)

A_p = Área de probeta (mm.²)

Nota: El Límite de fluencia se lo puede visualizar en la gráfica ya que es donde los puntos se mantienen en línea recta paralela a la deformación, pudiendo ser corta o pronunciada, esto es, que el material fluye sin carga alguna. Tomando en cuenta que el límite de fluencia es el límite que precede al de proporcionalidad.

- Resistencia a la tracción σ_t (Kg./mm.²) es el máximo valor que soporta el material antes de la rotura; puede ser tomado de las tablas o curvas.

Nota: Para determinarlo con mayor exactitud es conveniente analizarlo de la curva ideal (de Ingeniería) en su pico más alto antes de decaer la curva hacia abajo.

- Punto de rotura σ_r (Kg./mm.²). Existen dos puntos de ruptura: el real o práctico σ_{rr} y el ideal o aparente σ_{rap} ; y estos datos son tomados de la tabla o de la curva de esfuerzo-deformación.
- Zona de estricción ψ (teoría) y se obtiene de la ecuación.

$$\psi = \frac{D_{po}^2 - D_{pf}^2}{D_{po}^2} \times 100\%$$

Donde:

D_{po} = Diámetro de la probeta inicial.

D_{pf} = Diámetro de la probeta final.

Debido a la gran reducción del área producida por el proceso de estrangulación, el esfuerzo real a la fractura muchas veces resulta mayor que el valor anterior. Sin embargo, debido a que el interés de los diseñadores se concentra en las cargas máximas que puede resistir la sección transversal completa de un elemento, el esfuerzo a la

fractura rara vez tiene algún valor práctico, la Figura 4.2 muestra la forma de la probeta al inicio, al momento de llegar a la carga máxima y luego de la ruptura.

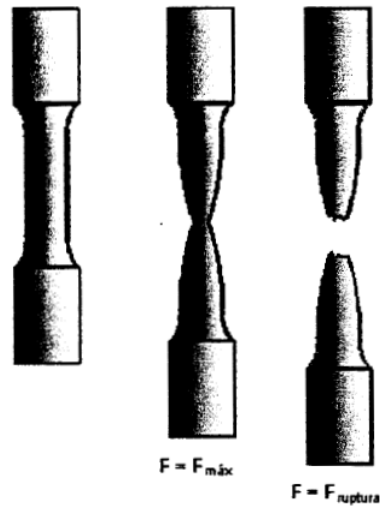


Fig 4.2. Ruptura de una probeta.

En el estudio experimental de las propiedades mecánicas de los materiales se acostumbra construir gráficas de la relación entre esfuerzo y deformación unitaria en una prueba en particular, como se muestra en la Figura 4.3 el gráfico del ensayo de tracción.

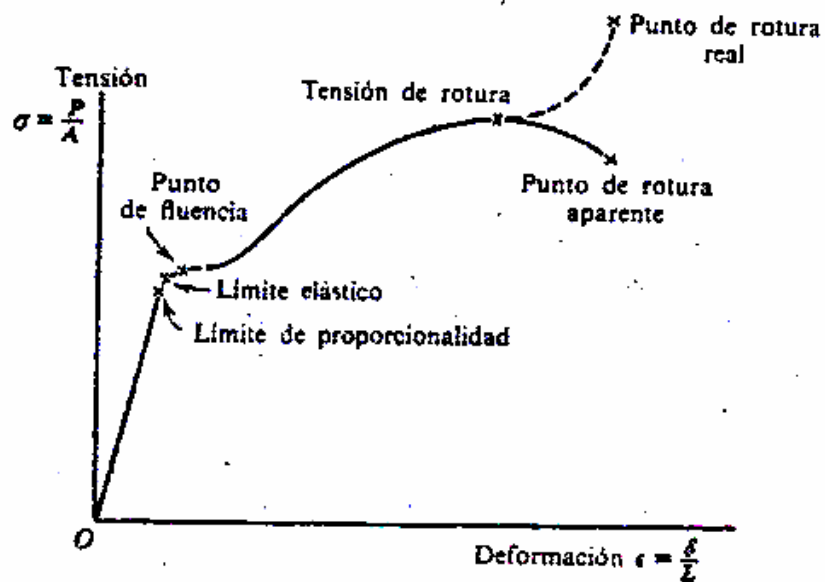


Fig 4.3. Gráfica del ensayo de tracción

4.3. Materiales y Equipos utilizados

Los materiales utilizados para los ensayos de tracción son los siguientes:

- Máquina manual para ensayos a la tracción construida en el taller mecánico de AEIRNNR.
- Una PC
- Compac FieldPoint 2020
- Modulo SG-140
- Software LabVIEW versión 8.2
- Celda de carga LCHD- 30K (capacidad máxima de 30000 libras)
- Straing Gages tipo KFG-30-120-C1-11L1M2R
- Probetas Standarizadas
- Caja que contiene el circuito de Puente de Wheatstone

4.3.1. Procedimiento Experimental

1. Fabricar las probetas basadas en un dibujo estándar tal como se mostró en la fig 4.1, la misma que esta regida en a norma DIN 50125
2. Instalar la Celda de carga entre el plato y la mordaza fija de la máquina de ensayos a la tracción.
3. Se coloca primero la probeta en la mordaza fija y luego en la móvil y se mide todos los parámetros iniciales de la misma como referencia de partida.
4. Pegar el extensometro a la probeta a ensayar y su respectivo conector a la caja que contiene el puente de Wheatstone.
5. Seguir los pasos indicados en las secciones 2.4.3.1, para la configuración y cableado de Compact FieldPoint 2020.

6. Seguir los pasos indicados en las secciones, 2.4.3.2, para la configuración y cableado del modulo SG – 140.
7. Conectar el cable de la celda de carga al canal 1 de del conector de de bloques cFP-CB-x del modulo SG – 140.
8. Conectar el cable del Straing Gages en el canal 2 de del conector de de bloques cFP-CB-x del modulo SG – 140.
9. Encender el computador y correr el programa FieldPoint Explorer para verificar que el módulo de adquisición de datos SG – 140 este configurado.
10. Correr el programa Software de ensayos a la tracción.
11. Seleccionar la opción AUTENTICACION e ingresar la contraseña.
12. Se selecciona la opción de Ensayos de tracción inmediatamente se abre una ventana Técnica administrativa, en la misma que se deberá ingresar todo los datos del material a ensayar.
13. Encerar la celda de carga y el extensometro seleccionando estas opciones en el programa.
14. Poner a trabajar la bomba de pistón para comenzar aplicar la carga.
15. Comenzar la adquisición de datos de la celda de carga y el extensometro mediante la ventana de ensayos.
16. Al romperse la probeta se procede a retirarla de la máquina para unirla y poder medir el diámetro final.
17. Imprimir los resultados obtenidos.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

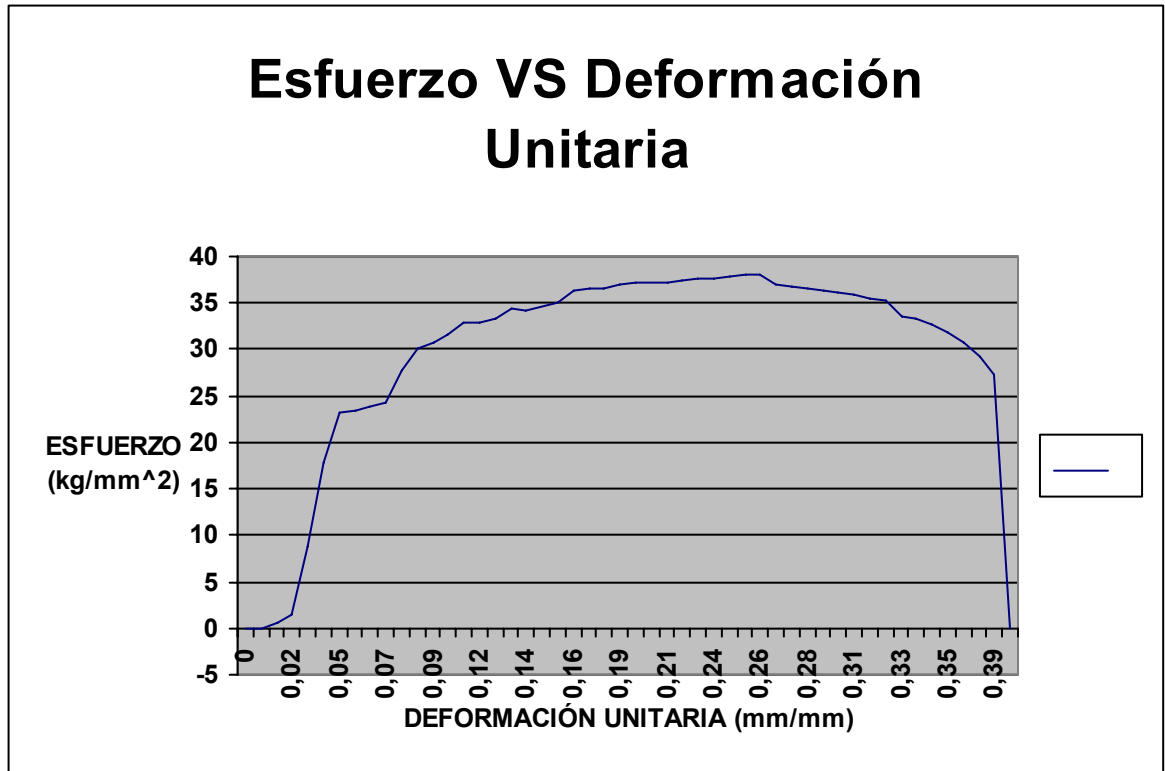
Resultados del ensayo
A la tracción del
Hierro dúctil

PRUEBA # 1 HIERRO DÚCTIL

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma_c = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	0,41733	12	113,097	0,00369	0,4704	60,4704	0,00784	1%
3	60,50039	12	113,097	0,53494	0,9408	60,9408	0,01568	2%
4	162,7225	12	113,097	1,43878	1,4106	61,4106	0,02351	2%
5	990,9436	12	113,097	8,76185	1,8822	61,8822	0,03137	3%
6	2009,009	12	113,097	17,76351	2,3514	62,3514	0,03919	4%
7	2621,1	12	113,097	23,17557	2,8218	62,8218	0,04703	5%
8	2651,558	12	113,097	23,44488	3,2922	63,2922	0,05487	5%
9	2707,885	12	113,097	23,94292	3,7626	63,7626	0,06271	6%
10	2755,868	12	113,097	24,36718	4,233	64,233	0,07055	7%
11	3144,735	12	113,097	27,80551	4,7028	64,7028	0,07838	8%
12	3398	12	113,097	30,04486	5,1732	65,1732	0,08622	9%
13	3476,536	12	113,097	30,73927	5,6436	65,6436	0,09406	9%
14	3574,151	12	113,097	31,60238	6,1146	66,1146	0,10191	10%
15	3713,433	12	113,097	32,8339	6,5844	66,5844	0,10974	11%
16	3730,382	12	113,097	32,98376	7,0542	67,0542	0,11757	12%
17	3757,533	12	113,097	33,22383	7,5246	67,5246	0,12541	13%
18	3891,593	12	113,097	34,40918	7,9956	67,9956	0,13326	13%
19	3868,799	12	113,097	34,20763	8,4654	68,4654	0,14109	14%
20	3923,623	12	113,097	34,69238	8,9358	68,9358	0,14893	15%
21	3962,524	12	113,097	35,03634	9,4062	69,4062	0,15677	16%
22	4108,141	12	113,097	36,32388	9,8766	69,8766	0,16461	16%
23	4130,744	12	113,097	36,52373	10,3464	70,3464	0,17244	17%
24	4145,301	12	113,097	36,65244	10,8168	70,8168	0,18028	18%
25	4188,218	12	113,097	37,03191	11,2872	71,2872	0,18812	19%
26	4199,009	12	113,097	37,12733	11,7576	71,7576	0,19596	20%
27	4206,323	12	113,097	37,192	12,2286	72,2286	0,20381	20%
28	4209,941	12	113,097	37,22399	12,6978	72,6978	0,21163	21%
29	4228,03	12	113,097	37,38393	13,1682	73,1682	0,21947	22%
30	4251,077	12	113,097	37,58771	13,6386	73,6386	0,22731	23%
31	4258,441	12	113,097	37,65282	14,1096	74,1096	0,23516	24%
32	4277,786	12	113,097	37,82387	14,5794	74,5794	0,24299	24%
33	4293,12	12	113,097	37,95945	15,0498	75,0498	0,25083	25%
34	4295,777	12	113,097	37,98294	15,5196	75,5196	0,25866	26%
35	4180,904	12	113,097	36,96724	15,9942	75,9942	0,26657	27%
36	4159,965	12	113,097	36,7821	16,4604	76,4604	0,27434	27%
37	4135,443	12	113,097	36,56528	16,9308	76,9308	0,28218	28%
38	4106,552	12	113,097	36,30983	17,4012	77,4012	0,29002	29%
39	4077,658	12	113,097	36,05435	17,8716	77,8716	0,29786	30%
40	4059,185	12	113,097	35,89101	18,3414	78,3414	0,30569	31%
41	4006,901	12	113,097	35,42872	18,8118	78,8118	0,31353	31%
42	3990,782	12	113,097	35,2862	19,2822	79,2822	0,32137	32%
43	3795,527	12	113,097	33,55977	19,7526	79,7526	0,32921	33%
44	3757,522	12	113,097	33,22373	20,22	80,22	0,337	34%
45	3695,194	12	113,097	32,67263	20,6934	80,6934	0,34489	34%
46	3589,276	12	113,097	31,73611	21,1638	81,1638	0,35273	35%
47	3478,326	12	113,097	30,7551	21,6336	81,6336	0,36056	36%
48	3310,655	12	113,097	29,27257	22,5198	82,5198	0,37533	38%
49	3089,665	12	113,097	27,31859	23,4	83,4	0,39	39%
50	-17,5245	12	113,097	-0,15495	24,4998	84,4998	0,40833	41%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores
DIAGRAMAS DE HIERRO DÚCTIL

DIAGRAMA # 1



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	84,50001	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	41,85387	mm ²
Deformación unitaria final	0,40833	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	27,31859	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	73,82017	Kg/mm ²
Extracción	62,99305	%
Elongación	40,83335	%
Resistencia a la Tracción	37,98294	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	23,17557	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	23,44488	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

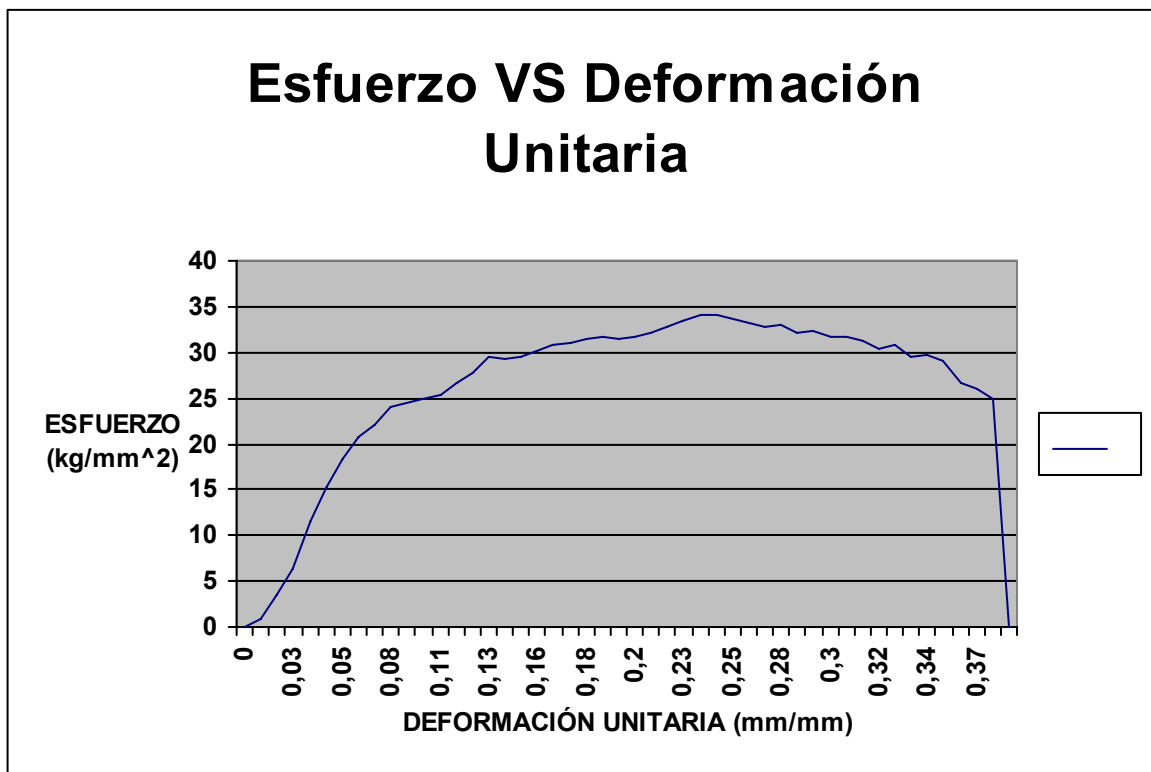
PRUEBA # 2 HIERRO DÚCTIL

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_0)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_0)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	104,77	12	113,097	0,92635	0,4698	60,4698	0,00783	1%
3	404,03	12	113,097	3,57236	1,3242	61,3242	0,02207	2%
4	709,42	12	113,097	6,27263	1,5972	61,5972	0,02662	3%
5	1300,4	12	113,097	11,49822	2,0922	62,0922	0,03487	3%
6	1718,6	12	113,097	15,19577	2,6838	62,6838	0,04473	4%
7	2077,9	12	113,097	18,37293	2,8218	62,8218	0,04703	5%
8	2351,3	12	113,097	20,7898	3,2592	63,2592	0,05432	5%
9	2504,3	12	113,097	22,14324	3,9252	63,9252	0,06542	7%
10	2718,8	12	113,097	24,03933	4,5732	64,5732	0,07622	8%
11	2774	12	113,097	24,52734	5,3574	65,3574	0,08929	9%
12	2807,5	12	113,097	24,82356	5,9538	65,9538	0,09923	10%
13	2869,9	12	113,097	25,37547	6,5838	66,5838	0,10973	11%
14	3007	12	113,097	26,58748	7,0542	67,0542	0,11757	12%
15	3142,7	12	113,097	27,7879	7,5246	67,5246	0,12541	13%
16	3325,1	12	113,097	29,40006	8,0538	68,0538	0,13423	13%
17	3305,5	12	113,097	29,22679	8,4654	68,4654	0,14109	14%
18	3329,6	12	113,097	29,43993	8,9352	68,9352	0,14892	15%
19	3402,4	12	113,097	30,0838	9,4338	69,4338	0,15723	16%
20	3487,3	12	113,097	30,83481	9,8778	69,8778	0,16463	16%
21	3502,9	12	113,097	30,97259	10,3464	70,3464	0,17244	17%
22	3566,5	12	113,097	31,53517	10,9038	70,9038	0,18173	18%
23	3592,4	12	113,097	31,76369	11,4276	71,4276	0,19046	19%
24	3559,6	12	113,097	31,4736	11,8992	71,8992	0,19832	20%
25	3576,1	12	113,097	31,61934	12,2274	72,2274	0,20379	20%
26	3634,9	12	113,097	32,13939	12,6978	72,6978	0,21163	21%
27	3706,6	12	113,097	32,77346	13,1682	73,1682	0,21947	22%
28	3788,4	12	113,097	33,49654	13,6386	73,6386	0,22731	23%
29	3853,7	12	113,097	34,0737	14,1096	74,1096	0,23516	24%
30	3863,7	12	113,097	34,16258	14,5788	74,5788	0,24298	24%
31	3818,5	12	113,097	33,76257	15,0492	75,0492	0,25082	25%
32	3759	12	113,097	33,23652	15,5196	75,5196	0,25866	26%
33	3701,4	12	113,097	32,72742	15,9912	75,9912	0,26652	27%
34	3723,8	12	113,097	32,9254	16,5318	76,5318	0,27553	28%
35	3639,3	12	113,097	32,1784	16,9308	76,9308	0,28218	28%
36	3662,4	12	113,097	32,38279	17,4006	77,4006	0,29001	29%
37	3585	12	113,097	31,6981	17,8716	77,8716	0,29786	30%
38	3595,1	12	113,097	31,78739	18,3414	78,3414	0,30569	31%
39	3526,8	12	113,097	31,18368	18,8118	78,8118	0,31353	31%
40	3436,7	12	113,097	30,38738	19,4574	79,4574	0,32429	32%
41	3483,1	12	113,097	30,79743	19,7526	79,7526	0,32921	33%
42	3326,2	12	113,097	29,40989	20,2224	80,2224	0,33704	34%
43	3359,8	12	113,097	29,70671	20,6928	80,6928	0,34488	34%
44	3288	12	113,097	29,07237	21,1632	81,1632	0,35272	35%
45	3024,6	12	113,097	26,74329	21,6336	81,6336	0,36056	36%
46	2939,1	12	113,097	25,98728	22,1046	82,1046	0,36841	37%
47	2806,4	12	113,097	24,81436	22,5744	82,5744	0,37624	38%
48	11,03	12	113,097	0,09753	22,0002	82,0002	0,36667	37%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMAS DE HIERRO DÚCTIL

DIAGRAMA # 2



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	82,00002	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	40,71504	mm ²
Deformación unitaria final	0,36667	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	24,81436	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	68,92879	Kg/mm ²
Extracción	64	%
Elongación	36,6667	%
Resistencia a la Tracción	34,16258	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	24,03933	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	24,52734	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

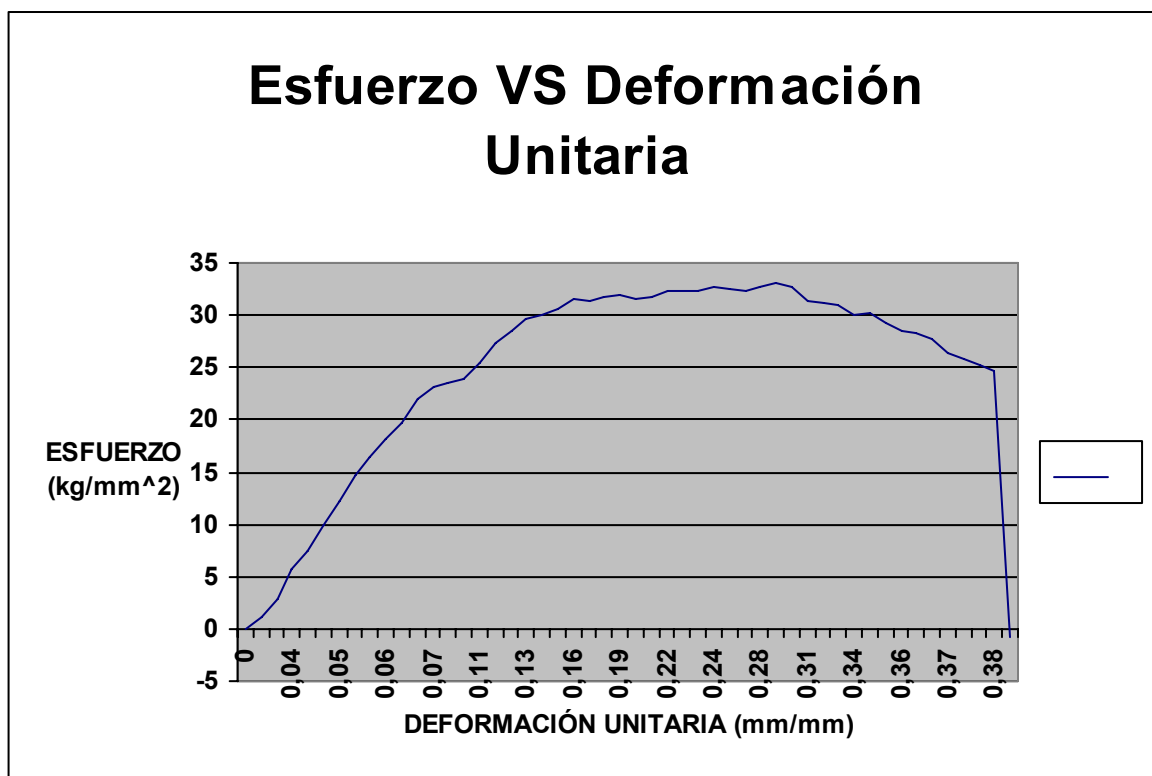
**PRUEBA # 3
HIERRO DÚCTIL**

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \varepsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	127,36	12	113,097	1,12611	0,9984	60,9984	0,01664	2%
3	324,789	12	113,097	2,87176	1,7832	61,7832	0,02972	3%
4	648,647	12	113,097	5,73529	2,4456	62,4456	0,04076	4%
5	832,634	12	113,097	7,36209	2,5656	62,5656	0,04276	4%
6	1113,27	12	113,097	9,84349	2,9256	62,9256	0,04876	5%
7	1376,4	12	113,097	12,16999	3,1122	63,1122	0,05187	5%
8	1653,65	12	113,097	14,62147	3,147	63,147	0,05245	5%
9	1867,16	12	113,097	16,50933	3,285	63,285	0,05475	5%
10	2052,81	12	113,097	18,15079	3,531	63,531	0,05885	6%
11	2229,31	12	113,097	19,7114	3,7038	63,7038	0,06173	6%
12	2483,28	12	113,097	21,95694	4,1784	64,1784	0,06964	7%
13	2620,23	12	113,097	23,16785	4,4778	64,4778	0,07463	7%
14	2655,39	12	113,097	23,47877	5,3424	65,3424	0,08904	9%
15	2699,52	12	113,097	23,86896	5,9988	65,9988	0,09998	10%
16	2872,94	12	113,097	25,40229	6,4068	66,4068	0,10678	11%
17	3089,08	12	113,097	27,31345	6,8526	66,8526	0,11421	11%
18	3232,52	12	113,097	28,58167	7,8486	67,8486	0,13081	13%
19	3346,89	12	113,097	29,59296	8,0322	68,0322	0,13387	13%
20	3393,38	12	113,097	30,00398	8,6508	68,6508	0,14418	14%
21	3462,26	12	113,097	30,61301	9,3438	69,3438	0,15573	16%
22	3562,1	12	113,097	31,49579	9,8022	69,8022	0,16337	16%
23	3541,32	12	113,097	31,31212	10,4322	70,4322	0,17387	17%
24	3595,55	12	113,097	31,79163	10,9158	70,9158	0,18193	18%
25	3618,2	12	113,097	31,99189	11,5038	71,5038	0,19173	19%
26	3572,02	12	113,097	31,58357	11,9232	71,9232	0,19872	20%
27	3594,37	12	113,097	31,78114	12,3906	72,3906	0,20651	21%
28	3655,66	12	113,097	32,32309	13,0476	73,0476	0,21746	22%
29	3645,45	12	113,097	32,23276	13,5978	73,5978	0,22663	23%
30	3649,38	12	113,097	32,26754	14,1432	74,1432	0,23572	24%
31	3695,84	12	113,097	32,67838	14,5632	74,5632	0,24272	24%
32	3673,51	12	113,097	32,48091	15,3102	75,3102	0,25517	26%
33	3652,14	12	113,097	32,29195	15,8838	75,8838	0,26473	26%
34	3703,04	12	113,097	32,742	16,5762	76,5762	0,27627	28%
35	3739,67	12	113,097	33,06589	17,2584	77,2584	0,28764	29%
36	3707,01	12	113,097	32,77714	17,9778	77,9778	0,29963	30%
37	3547,58	12	113,097	31,36744	18,5778	78,5778	0,30963	31%
38	3532,31	12	113,097	31,23239	19,1838	79,1838	0,31973	32%
39	3509,81	12	113,097	31,03344	20,0838	80,0838	0,33473	33%
40	3396,5	12	113,097	30,03162	20,46	80,46	0,341	34%
41	3424,35	12	113,097	30,27786	21,1872	81,1872	0,35312	35%
42	3298,83	12	113,097	29,16797	20,8566	80,8566	0,34761	35%
43	3218,72	12	113,097	28,45967	21,3918	81,3918	0,35653	36%
44	3198,04	12	113,097	28,27682	21,4716	81,4716	0,35786	36%
45	3130,97	12	113,097	27,68384	21,9924	81,9924	0,36654	37%
46	2983,98	12	113,097	26,3841	22,1922	82,1922	0,36987	37%
47	2920,03	12	113,097	25,81871	22,1928	82,1928	0,36988	37%
48	2850,06	12	113,097	25,2	22,563	82,563	0,37605	38%
49	2791,82	12	113,097	24,68507	22,923	82,923	0,38205	38%
50	-79,152	12	113,097	-0,69986	22,9998	82,9998	0,38333	38%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMAS DE HIERRO DÚCTIL

DIAGRAMA # 3



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	83	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	43,0084	mm ²
Deformación unitaria final	0,38333	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	24,68507	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	64,91325	Kg/mm ²
Extracción	61,97222	%
Elongación	38,33333	%
Resistencia a la Tracción	33,06589	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	23,16785	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	23,47877	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

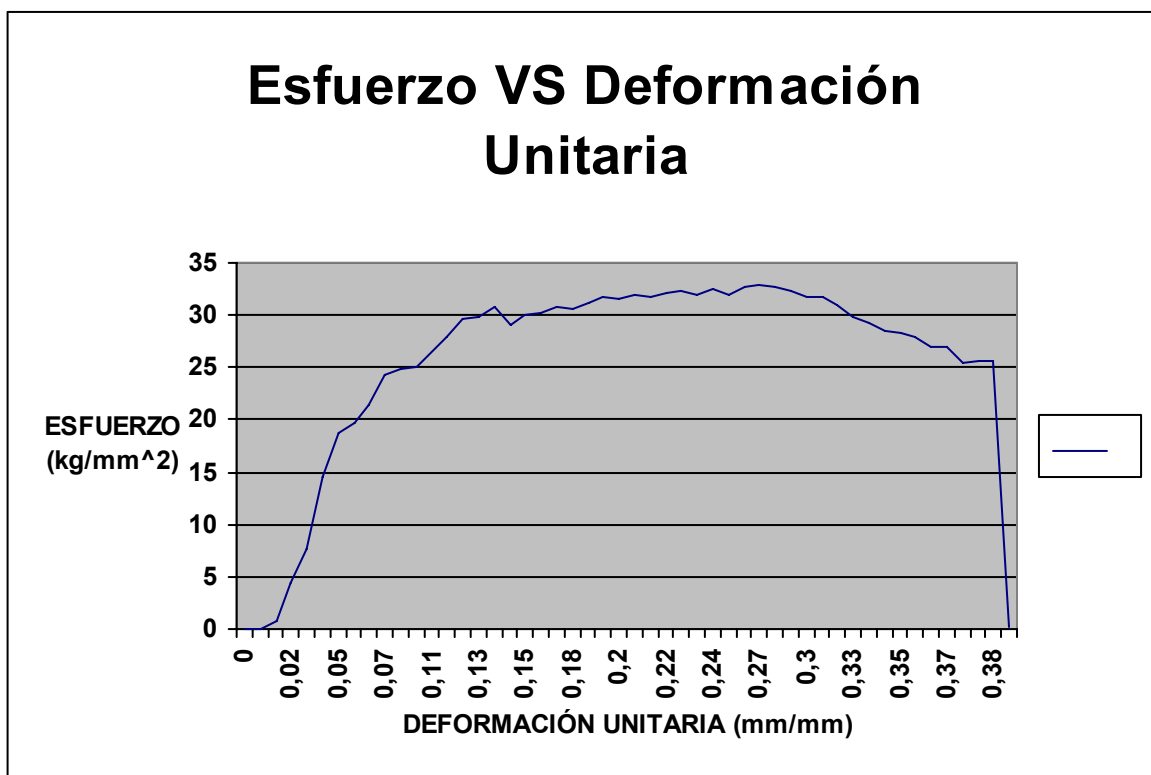
PRUEBA # 4 HIERRO DÚCTIL

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma_c = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \varepsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	0,488581	12	113,097	0,00432	0,5022	60,5022	0,00837	1%
3	83,29068	12	113,097	0,73645	1,0338	61,0338	0,01723	2%
4	501,2856	12	113,097	4,43233	1,3656	61,3656	0,02276	2%
5	865,5874	12	113,097	7,65346	1,9602	61,9602	0,03267	3%
6	1643,806	12	113,097	14,53441	2,4582	62,4582	0,04097	4%
7	2118,838	12	113,097	18,73461	2,9022	62,9022	0,04837	5%
8	2220,724	12	113,097	19,63548	3,1254	63,1254	0,05209	5%
9	2420,743	12	113,097	21,40403	3,4824	63,4824	0,05804	6%
10	2755,383	12	113,097	24,36289	4,1688	64,1688	0,06948	7%
11	2804,639	12	113,097	24,79841	4,8282	64,8282	0,08047	8%
12	2827,305	12	113,097	24,99882	5,763	65,763	0,09605	10%
13	3008,218	12	113,097	26,59844	6,5436	66,5436	0,10906	11%
14	3155,255	12	113,097	27,89853	6,6636	66,6636	0,11106	11%
15	3345,824	12	113,097	29,58353	7,0938	67,0938	0,11823	12%
16	3381,45	12	113,097	29,89853	7,6584	67,6584	0,12764	13%
17	3481,64	12	113,097	30,7844	8,1918	68,1918	0,13653	14%
18	3297,294	12	113,097	29,15443	8,7204	68,7204	0,14534	15%
19	3389,153	12	113,097	29,96664	9,0912	69,0912	0,15152	15%
20	3425,028	12	113,097	30,28384	9,4938	69,4938	0,15823	16%
21	3491,72	12	113,097	30,87353	10,0026	70,0026	0,16671	17%
22	3453,359	12	113,097	30,53434	10,6056	70,6056	0,17676	18%
23	3525,991	12	113,097	31,17655	10,9872	70,9872	0,18312	18%
24	3592,668	12	113,097	31,7661	11,6316	71,6316	0,19386	19%
25	3566,478	12	113,097	31,53453	12,0324	72,0324	0,20054	20%
26	3612,175	12	113,097	31,93858	12,2274	72,2274	0,20379	20%
27	3585,357	12	113,097	31,70146	12,6978	72,6978	0,21163	21%
28	3641,047	12	113,097	32,19387	13,1682	73,1682	0,21947	22%
29	3648,93	12	113,097	32,26357	13,6386	73,6386	0,22731	23%
30	3609,448	12	113,097	31,91447	14,1096	74,1096	0,23516	24%
31	3667,967	12	113,097	32,43189	14,6196	74,6196	0,24366	24%
32	3607,969	12	113,097	31,90139	15,0972	75,0972	0,25162	25%
33	3708,919	12	113,097	32,79399	15,5898	75,5898	0,25983	26%
34	3730,191	12	113,097	32,98207	15,9204	75,9204	0,26534	27%
35	3688,105	12	113,097	32,60995	16,6836	76,6836	0,27806	28%
36	3651,292	12	113,097	32,28445	17,3436	77,3436	0,28906	29%
37	3595,308	12	113,097	31,78945	17,7636	77,7636	0,29606	30%
38	3594,686	12	113,097	31,78395	18,4416	78,4416	0,30736	31%
39	3504,606	12	113,097	30,98747	19,2348	79,2348	0,32058	32%
40	3368,891	12	113,097	29,78748	19,5246	79,5246	0,32541	33%
41	3302,275	12	113,097	29,19847	19,7922	79,7922	0,32987	33%
42	3233,171	12	113,097	28,58746	20,2596	80,2596	0,33766	34%
43	3193,747	12	113,097	28,23887	20,8596	80,8596	0,34766	35%
44	3164,895	12	113,097	27,98377	21,1458	81,1458	0,35243	35%
45	3043,961	12	113,097	26,91448	21,5436	81,5436	0,35906	36%
46	3043,2	12	113,097	26,90775	22,3236	82,3236	0,37206	37%
47	2868,584	12	113,097	25,36381	22,383	82,383	0,37305	37%
48	2895,338	12	113,097	25,60036	22,5126	82,5126	0,37521	38%
49	2895,597	12	113,097	25,60265	22,9788	82,9788	0,38298	38%
50	11,0304	12	113,097	0,09753	22,9998	82,9998	0,38333	38%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMAS DE HIERRO DÚCTIL

DIAGRAMA # 4



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	83	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	41,28249	mm ²
Deformación unitaria final	0,38333	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	25,60265	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	70,14092	Kg/mm ²
Extracción	63,49826	%
Elongación	38,33333	%
Resistencia a la Tracción	32,98207	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	24,36289	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	24,79841	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

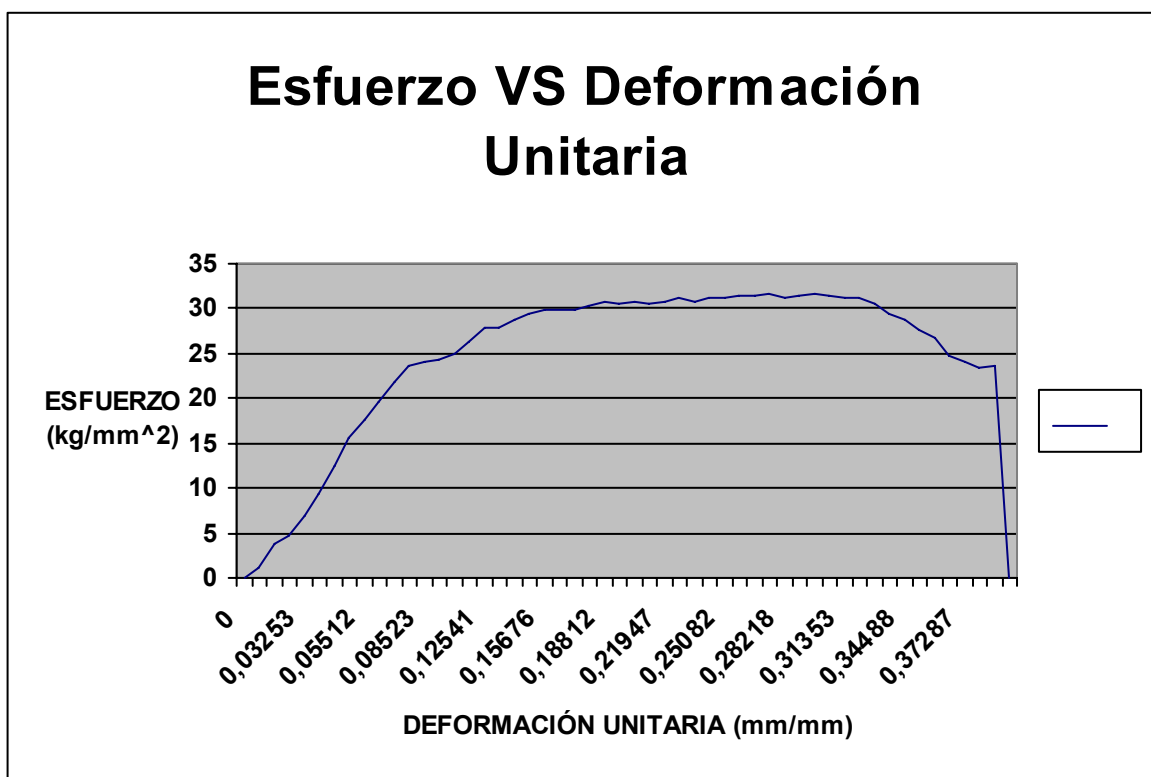
PRUEBA # 5 HIERRO DÚCTIL

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_i)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_i)}{2,205}$	$\sigma_e = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	138,382	12	113,097	1,22356	0,4698	60,4698	0,00783	1%
3	422,596	12	113,097	3,73656	0,9402	60,9402	0,01567	2%
4	528,557	12	113,097	4,67346	1,4106	61,4106	0,02351	2%
5	777,393	12	113,097	6,87365	1,9518	61,9518	0,03253	3%
6	1047,69	12	113,097	9,26356	2,109	62,109	0,03515	4%
7	1400,29	12	113,097	12,38125	2,2872	62,2872	0,03812	4%
8	1773,91	12	113,097	15,68479	2,8962	62,8962	0,04827	5%
9	1999,99	12	113,097	17,68377	3,3072	63,3072	0,05512	6%
10	2207,37	12	113,097	19,51739	3,741	63,741	0,06235	6%
11	2461,29	12	113,097	21,76257	3,8844	63,8844	0,06474	6%
12	2671,77	12	113,097	23,62358	4,3512	64,3512	0,07252	7%
13	2735,52	12	113,097	24,18726	5,1138	65,1138	0,08523	9%
14	2749,27	12	113,097	24,3088	5,829	65,829	0,09715	10%
15	2829,01	12	113,097	25,01388	6,336	66,336	0,1056	11%
16	2985,99	12	113,097	26,40194	6,8568	66,8568	0,11428	11%
17	3142,74	12	113,097	27,7879	7,5246	67,5246	0,12541	13%
18	3164,06	12	113,097	27,9764	7,9956	67,9956	0,13326	13%
19	3244,01	12	113,097	28,68327	8,4654	68,4654	0,14109	14%
20	3334,51	12	113,097	29,48347	8,9352	68,9352	0,14892	15%
21	3378,95	12	113,097	29,8764	9,4056	69,4056	0,15676	16%
22	3378,95	12	113,097	29,8764	9,8772	69,8772	0,16462	16%
23	3379,79	12	113,097	29,88388	10,3464	70,3464	0,17244	17%
24	3423,86	12	113,097	30,27351	10,8168	70,8168	0,18028	18%
25	3467,84	12	113,097	30,6624	11,2872	71,2872	0,18812	19%
26	3441,85	12	113,097	30,43256	11,7576	71,7576	0,19596	20%
27	3487,53	12	113,097	30,83652	12,2274	72,2274	0,20379	20%
28	3466,48	12	113,097	30,65032	12,6978	72,6978	0,21163	21%
29	3475,25	12	113,097	30,72791	13,1682	73,1682	0,21947	22%
30	3525,99	12	113,097	31,1765	13,6386	73,6386	0,22731	23%
31	3474,25	12	113,097	30,71902	14,1096	74,1096	0,23516	24%
32	3532,86	12	113,097	31,23732	14,5788	74,5788	0,24298	24%
33	3518,2	12	113,097	31,10768	15,0492	75,0492	0,25082	25%
34	3558,45	12	113,097	31,46359	15,5196	75,5196	0,25866	26%
35	3543,57	12	113,097	31,332	15,9906	75,9906	0,26651	27%
36	3578,91	12	113,097	31,64444	16,4604	76,4604	0,27434	27%
37	3524,53	12	113,097	31,16359	16,9308	76,9308	0,28218	28%
38	3550	12	113,097	31,3888	17,4006	77,4006	0,29001	29%
39	3584,98	12	113,097	31,6981	17,8716	77,8716	0,29786	30%
40	3566,47	12	113,097	31,53447	18,3414	78,3414	0,30569	31%
41	3526,8	12	113,097	31,18367	18,8118	78,8118	0,31353	31%
42	3530,01	12	113,097	31,21207	19,2822	79,2822	0,32137	32%
43	3450,43	12	113,097	30,50848	19,7526	79,7526	0,32921	33%
44	3325,18	12	113,097	29,401	20,2224	80,2224	0,33704	34%
45	3246,66	12	113,097	28,7067	20,6928	80,6928	0,34488	34%
46	3118,37	12	113,097	27,57236	21,1632	81,1632	0,35272	35%
47	3024,6	12	113,097	26,74329	21,6336	81,6336	0,36056	36%
48	2809,24	12	113,097	24,83908	21,9186	81,9186	0,36531	37%
49	2729,78	12	113,097	24,13649	22,3722	82,3722	0,37287	37%
50	2640,34	12	113,097	23,34565	22,4592	82,4592	0,37432	37%
51	2660,55	12	113,097	23,52439	22,5744	82,5744	0,37624	38%
52	11,0304	12	113,097	0,09753	22,6998	82,6998	0,37833	38%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMAS DE HIERRO DÚCTIL

DIAGRAMA # 5



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	82,7	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	40,15152	mm ²
Deformación unitaria final	0,37833	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	23,52439	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	66,26264	Kg/mm ²
Extracción	64,49826	%
Elongación	37,83333	%
Resistencia a la Tracción	31,6981	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	24,18726	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	24,3088	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPARATIVO DEL HIERRO DÚCTIL

El análisis estadístico se lo realizara basado en las resistencias de rotura real de las pruebas; por medio de la media y la desviación estándar, con la cual se determina la variación o error de la muestra del material. La misma que permitirá evaluar los datos tomados con los sensores implementados contra los datos tomados manualmente y con los respectivos datos de los fabricantes.

HIERRO DÚCTIL		
PRUEBA #	ESFUERZO DE ROTURA REAL σ_{rr} (Kg / mm²)	
	X	X²
1	73,82017	5449,4175
2	68,92879	4751,1781
3	64,91325	4213,73
4	70,14092	4919,7487
5	66,26264	4390,7375
Σ	344,06577	23724,812

Fuente: Cuadro de análisis estadístico de Esfuerzo de rotura real; Autores

El promedio de estos valores (x) es:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^5 x_i = \frac{1}{5} (344,06577 \text{ Kg} / \text{mm}^2)$$

$$\bar{x} = 68,8131 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

Y la desviación estándar viene dada por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N-1}} = \sqrt{\frac{23724,812 - \frac{(344,06577)^2}{5}}{5-1}}$$

$$s = 3,4842 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

De esto se deduce que:

$$\sigma_{rr} = 68,8131 \text{ Kg/mm}^2 \pm 3,4842$$

Por lo tanto el error del ensayo con este material es:

$$U = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{3,4842 \text{ Kg / mm}^2}{68,8131 \text{ Kg / mm}} \times 100\%$$

$$U = 5,06\%$$

La confiabilidad del ensayo con este material es del 94,94%.

Los resultados obtenidos en los ensayos serán comparados y analizados con los datos proporcionados por los fabricantes y por los datos tomados manualmente para cada tipo de material obteniendo un promedio para cada propiedad.

De los 5 ensayos del hierro Dúctil tenemos el siguiente cuadro:

# de prueba	Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Esfuerzo de rotura real (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción (%)	Elongación (%)
1	23,4488	73,82017	37,98294	62,99305	40,83335
2	24,52734	68,92879	34,16258	64	36,6667
3	23,47877	64,91325	33,06589	61,97222	38,33333
4	24,79841	70,14092	32,98207	63,49826	38,33333
5	24,3088	66,26264	31,6981	64,49826	37,83333
PROMEDIO	24,112424	68,813154	33,978316	63,392358	38,400008

Fuente: Cuadro Comparativo de Ensayos de Tracción del Hierro dúctil; Autores

Como observación en este ensayo podemos mencionar que el tipo de fractura es del tipo Cónico, cráter y sedoso.

Según el catalogo de la Empresa DIPAC Loja, para este material tenemos los siguientes valores teóricos:

HIERRO DÚCTIL O MODULAR (SAE 1010)				
Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Esfuerzo de rotura mínimo (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción mínima (%)	Elongación mínima (%)
25	60	39	55	35

Fuente: Catalogo de la Empresa DIPAC Loja

Según los datos tomados del hierro dúctil se pudo evidenciar que se aproximan a los valores proporcionados por el fabricante.

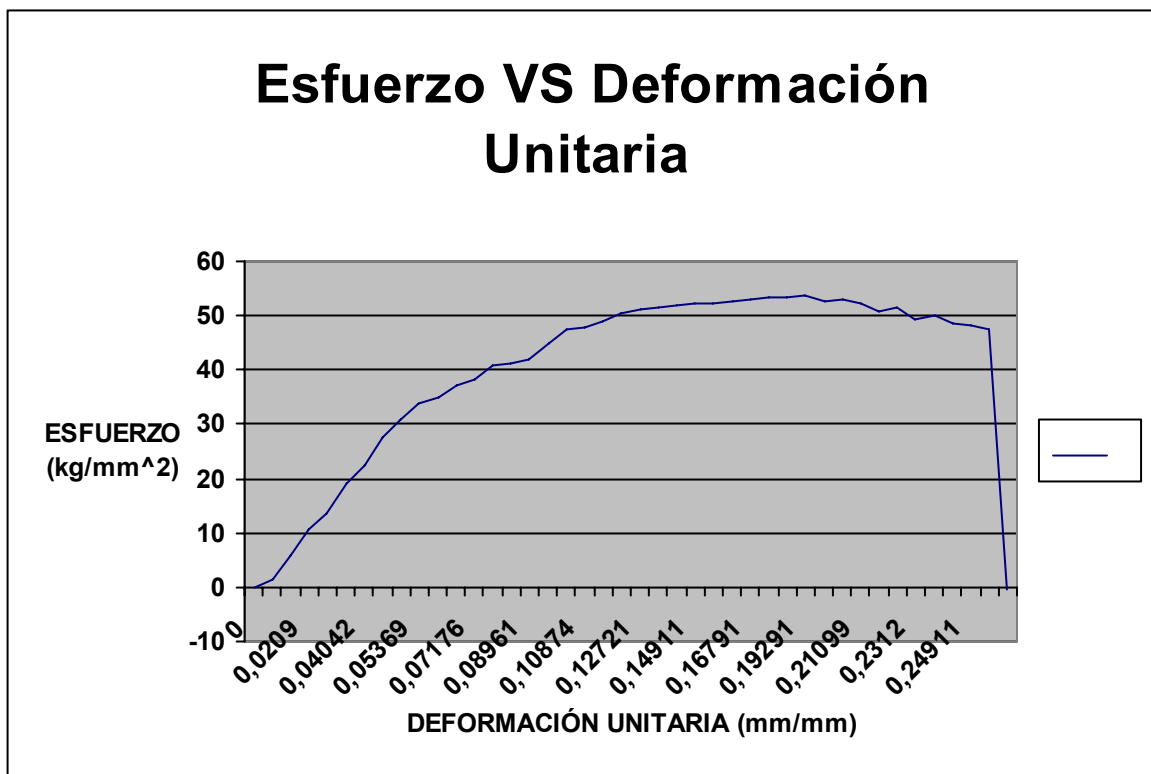
Resultados del ensayo
A la tracción del
Acero de construcción

PRUEBA # 1 ACERO DE CONSTRUCCIÓN.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	AREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULA R (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN N (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	155,648219	12	113,097	1,37623	0,414	60,414	0,0069	1%
3	680,57798	12	113,097	6,01762	0,9546	60,9546	0,01591	2%
4	1220,01589	12	113,097	10,78729	1,254	61,254	0,0209	2%
5	1537,30424	12	113,097	13,59273	1,5918	61,5918	0,02653	3%
6	2146,96102	12	113,097	18,98327	1,944	61,944	0,0324	3%
7	2541,56849	12	113,097	22,47236	2,4252	62,4252	0,04042	4%
8	3109,08173	12	113,097	27,49027	2,5056	62,5056	0,04176	4%
9	3489,82119	12	113,097	30,85674	2,8722	62,8722	0,04787	5%
10	3841,28082	12	113,097	33,96432	3,2214	63,2214	0,05369	5%
11	3973,10278	12	113,097	35,12988	3,5982	63,5982	0,05997	6%
12	4191,94651	12	113,097	37,06488	3,9372	63,9372	0,06562	7%
13	4326,82097	12	113,097	38,25743	4,3056	64,3056	0,07176	7%
14	4637,76455	12	113,097	41,00677	4,6536	64,6536	0,07756	8%
15	4642,12219	12	113,097	41,0453	4,9926	64,9926	0,08321	8%
16	4724,79875	12	113,097	41,77632	5,3766	65,3766	0,08961	9%
17	5087,98886	12	113,097	44,98762	5,6946	65,6946	0,09491	9%
18	5357,42564	12	113,097	47,36996	6,0846	66,0846	0,10141	10%
19	5397,38978	12	113,097	47,72332	6,5244	66,5244	0,10874	11%
20	5530,78946	12	113,097	48,90283	6,8826	66,8826	0,11471	11%
21	5697,44207	12	113,097	50,37636	7,2354	67,2354	0,12059	12%
22	5800,06451	12	113,097	51,28374	7,6326	67,6326	0,12721	13%
23	5832,77005	12	113,097	51,57292	7,9926	67,9926	0,13321	13%
24	5857,5271	12	113,097	51,79182	8,4588	68,4588	0,14098	14%
25	5912,05821	12	113,097	52,27398	8,9466	68,9466	0,14911	15%
26	5928,33407	12	113,097	52,41789	9,3246	69,3246	0,15541	16%
27	5934,02062	12	113,097	52,46817	9,6426	69,6426	0,16071	16%
28	5984,31057	12	113,097	52,91283	10,0746	70,0746	0,16791	17%
29	6036,20537	12	113,097	53,37168	10,5606	70,5606	0,17601	18%
30	6052,83975	12	113,097	53,51876	11,0886	71,0886	0,18481	18%
31	6071,27126	12	113,097	53,68173	11,5746	71,5746	0,19291	19%
32	5962,4703	12	113,097	52,71972	11,7366	71,7366	0,19561	20%
33	5992,73746	12	113,097	52,98734	12,1626	72,1626	0,20271	20%
34	5924,8665	12	113,097	52,38723	12,6594	72,6594	0,21099	21%
35	5724,90893	12	113,097	50,61922	12,9126	72,9126	0,21521	22%
36	5844,86018	12	113,097	51,67982	13,3386	73,3386	0,22231	22%
37	5594,0664	12	113,097	49,46232	13,872	73,872	0,2312	23%
38	5642,12154	12	113,097	49,88722	14,2554	74,2554	0,23759	24%
39	5494,12211	12	113,097	48,57862	14,6286	74,6286	0,24381	24%
40	5472,47637	12	113,097	48,38723	14,9466	74,9466	0,24911	25%
41	5351,55927	12	113,097	47,31809	15,162	75,162	0,2527	25%
42	-61,987627	12	113,097	-0,54809	15,534	75,534	0,2589	26%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores
DIAGRAMA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN

DIAGRAMA # 1



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	75,534	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	59,44678	mm ²
Deformación unitaria final	0,2589	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	47,31809	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	90,02253	Kg/mm ²
Extracción	47,4375	%
Elongación	25,89	%
Resistencia a la Tracción	53,68173	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	41,0453	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

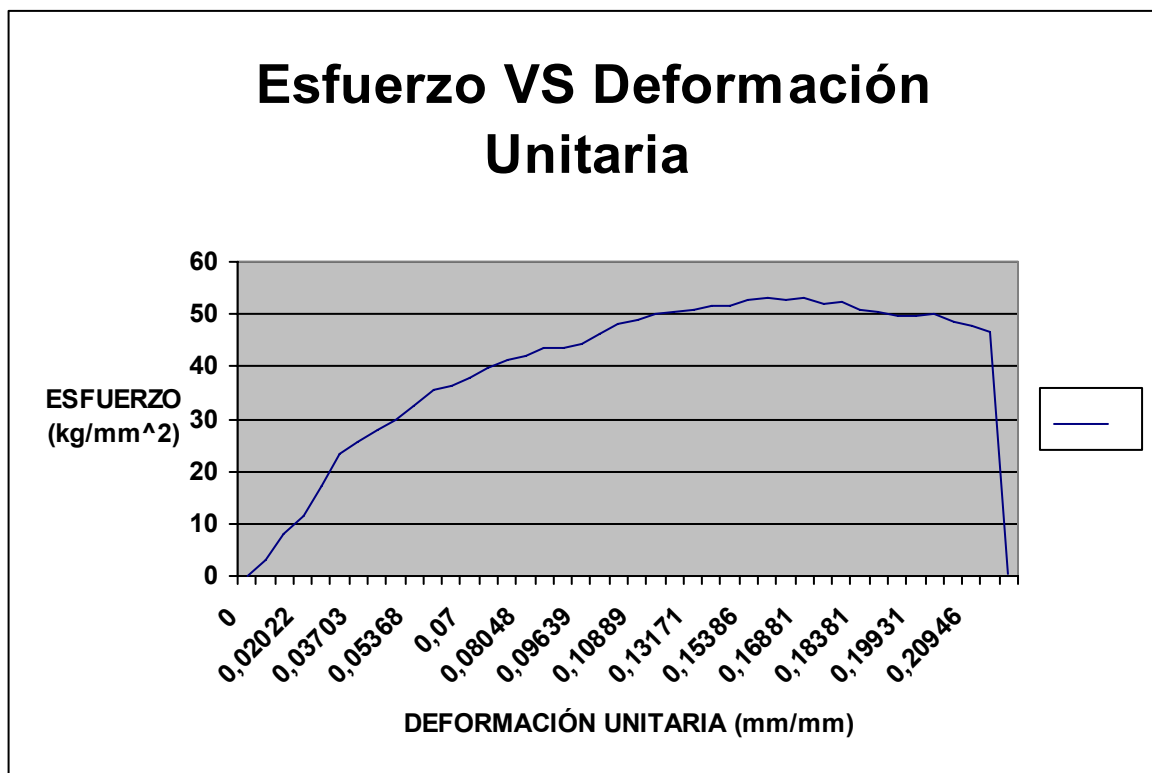
PRUEBA # 2
ACERO DE CONSTRUCCIÓN.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	335,7594337	12	113,097	2,96876	0,7074	60,7074	0,01179	1%
3	925,6750377	12	113,097	8,18475	0,9522	60,9522	0,01587	2%
4	1309,310919	12	113,097	11,57683	1,2132	61,2132	0,02022	2%
5	1931,652717	12	113,097	17,07953	1,5444	61,5444	0,02574	3%
6	2651,195059	12	113,097	23,44167	1,7898	61,7898	0,02983	3%
7	2882,886667	12	113,097	25,49027	2,2218	62,2218	0,03703	4%
8	3160,914333	12	113,097	27,94857	2,3988	62,3988	0,03998	4%
9	3361,62174	12	113,097	29,72321	2,7522	62,7522	0,04587	5%
10	3690,958365	12	113,097	32,63518	3,2208	63,2208	0,05368	5%
11	4003,452505	12	113,097	35,39823	3,4326	63,4326	0,05721	6%
12	4095,219844	12	113,097	36,20963	3,7764	63,7764	0,06294	6%
13	4281,561602	12	113,097	37,85725	4,2	64,2	0,07	7%
14	4495,200581	12	113,097	39,74623	4,3578	64,3578	0,07263	7%
15	4657,275001	12	113,097	41,17928	4,7628	64,7628	0,07938	8%
16	4743,137518	12	113,097	41,93847	4,8288	64,8288	0,08048	8%
17	4936,280962	12	113,097	43,64623	5,1276	65,1276	0,08546	9%
18	4941,377137	12	113,097	43,69129	5,4222	65,4222	0,09037	9%
19	5000,362024	12	113,097	44,21283	5,7834	65,7834	0,09639	10%
20	5245,8504	12	113,097	46,38342	5,8332	65,8332	0,09722	10%
21	5436,740941	12	113,097	48,07126	6,0924	66,0924	0,10154	10%
22	5550,630157	12	113,097	49,07826	6,5334	66,5334	0,10889	11%
23	5681,744128	12	113,097	50,23756	6,7974	66,7974	0,11329	11%
24	5716,693527	12	113,097	50,54658	7,4148	67,4148	0,12358	12%
25	5733,900186	12	113,097	50,69872	7,9026	67,9026	0,13171	13%
26	5854,931512	12	113,097	51,76887	8,3694	68,3694	0,13949	14%
27	5846,828073	12	113,097	51,69722	8,7408	68,7408	0,14568	15%
28	5947,038143	12	113,097	52,58327	9,2316	69,2316	0,15386	15%
29	6006,453932	12	113,097	53,10862	9,5316	69,5316	0,15886	16%
30	5984,31509	12	113,097	52,91287	9,8856	69,8856	0,16476	16%
31	5993,119733	12	113,097	52,99072	10,1286	70,1286	0,16881	17%
32	5866,510437	12	113,097	51,87125	10,3866	70,3866	0,17311	17%
33	5913,838362	12	113,097	52,28972	10,7046	70,7046	0,17841	18%
34	5768,276181	12	113,097	51,00267	11,0286	71,0286	0,18381	18%
35	5685,824687	12	113,097	50,27364	11,3766	71,3766	0,18961	19%
36	5638,596288	12	113,097	49,85605	11,7564	71,7564	0,19594	20%
37	5597,289675	12	113,097	49,49082	11,9586	71,9586	0,19931	20%
38	5653,431291	12	113,097	49,98722	12,1854	72,1854	0,20309	20%
39	5484,983825	12	113,097	48,49782	12,4386	72,4386	0,20731	21%
40	5391,66705	12	113,097	47,67272	12,5676	72,5676	0,20946	21%
41	5280,424316	12	113,097	46,68912	12,5958	72,5958	0,20993	21%
42	28,97785005	12	113,097	0,25622	12,6828	72,6828	0,21138	21%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN

DIAGRAMA # 2



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	72,68283	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	56,74502	mm ²
Deformación unitaria final	0,21138	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	46,68912	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	93,05513	Kg/mm ²
Extracción	49,82639	%
Elongación	21,13805	%
Resistencia a la Tracción	53,10862	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	43,69129	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

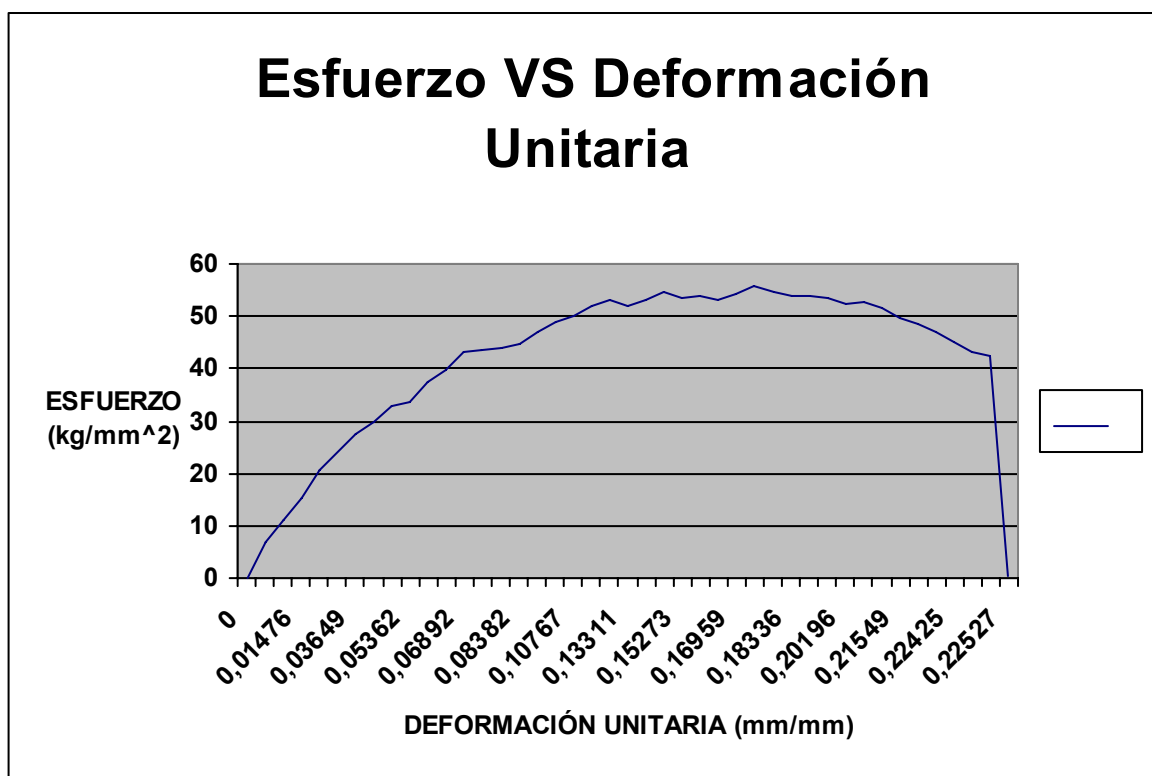
PRUEBA # 3 ACERO DE CONSTRUCCIÓN.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	764,1310	12	113,097	6,75639	0,4482	60,4482	0,00747	1%
3	1261,312	12	113,097	11,15243	0,5814	60,5814	0,00969	1%
4	1738,834	12	113,097	15,37465	0,8856	60,8856	0,01476	1%
5	2335,854	12	113,097	20,65345	1,2786	61,2786	0,02131	2%
6	2740,83	12	113,097	24,23422	1,7898	61,7898	0,02983	3%
7	3109,081	12	113,097	27,49027	2,1894	62,1894	0,03649	4%
8	3363,24	12	113,097	29,73756	2,631	62,631	0,04385	4%
9	3701,268	12	113,097	32,72634	3,0204	63,0204	0,05034	5%
10	3807,253	12	113,097	33,66345	3,2172	63,2172	0,05362	5%
11	4218,870	12	113,097	37,30294	3,6918	63,6918	0,06153	6%
12	4511,894	12	113,097	39,89384	3,9306	63,9306	0,06551	7%
13	4865,842	12	113,097	43,02342	4,1352	64,1352	0,06892	7%
14	4911,182	12	113,097	43,42431	4,4226	64,4226	0,07371	7%
15	4956,662	12	113,097	43,82644	4,6782	64,6782	0,07797	8%
16	5049,275	12	113,097	44,64532	5,0292	65,0292	0,08382	8%
17	5305,345	12	113,097	46,90947	5,3316	65,3316	0,08886	9%
18	5528,4781	12	113,097	48,88237	5,8668	65,8668	0,09778	10%
19	5675,6042	12	113,097	50,18327	6,4602	66,4602	0,10767	11%
20	5856,684	12	113,097	51,78437	6,7002	66,7002	0,11167	11%
21	6008,119	12	113,097	53,12335	7,6404	67,6404	0,12734	13%
22	5861,134	12	113,097	51,82372	7,9866	67,9866	0,13311	13%
23	6022,051	12	113,097	53,24653	8,5554	68,5554	0,14259	14%
24	6167,024	12	113,097	54,52837	8,9916	68,9916	0,14986	15%
25	6068,544	12	113,097	53,65762	9,1638	69,1638	0,15273	15%
26	6081,126	12	113,097	53,76887	9,5232	69,5232	0,15872	16%
27	5987,095	12	113,097	52,93745	9,8136	69,8136	0,16356	16%
28	6140,613	12	113,097	54,29485	10,1754	70,1754	0,16959	17%
29	6296,662	12	113,097	55,67462	10,4796	70,4796	0,17466	17%
30	6196,0201	12	113,097	54,78475	10,7022	70,7022	0,17837	18%
31	6101,449	12	113,097	53,94856	11,0016	71,0016	0,18336	18%
32	6078,8298	12	113,097	53,74856	11,5356	71,5356	0,19226	19%
33	6040,557	12	113,097	53,41013	11,8518	71,8518	0,19753	20%
34	5912,129	12	113,097	52,27461	12,1176	72,1176	0,20196	20%
35	5955,415	12	113,097	52,65734	12,3354	72,3354	0,20559	21%
36	5852,404	12	113,097	51,74653	12,6288	72,6288	0,21048	21%
37	5625,069	12	113,097	49,73645	12,9294	72,9294	0,21549	22%
38	5500,775	12	113,097	48,63745	13,2228	73,2228	0,22038	22%
39	5305,725	12	113,097	46,91283	13,3104	73,3104	0,22184	22%
40	5110,169	12	113,097	45,18374	13,455	73,455	0,22425	22%
41	4889,935	12	113,097	43,23645	13,4736	73,4736	0,22456	22%
42	4799,572	12	113,097	42,43746	13,5162	73,5162	0,22527	23%
43	49,4756	12	113,097	0,43746	13,5162	73,5162	0,22527	23%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN

DIAGRAMA # 3



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	73,51625	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	55,41769	mm ²
Deformación unitaria final	0,22527	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	42,43746	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	86,60707	Kg/mm ²
Extracción	51	%
Elongación	22,52708	%
Resistencia a la Tracción	55,67462	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	43,02342	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	43,42431	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

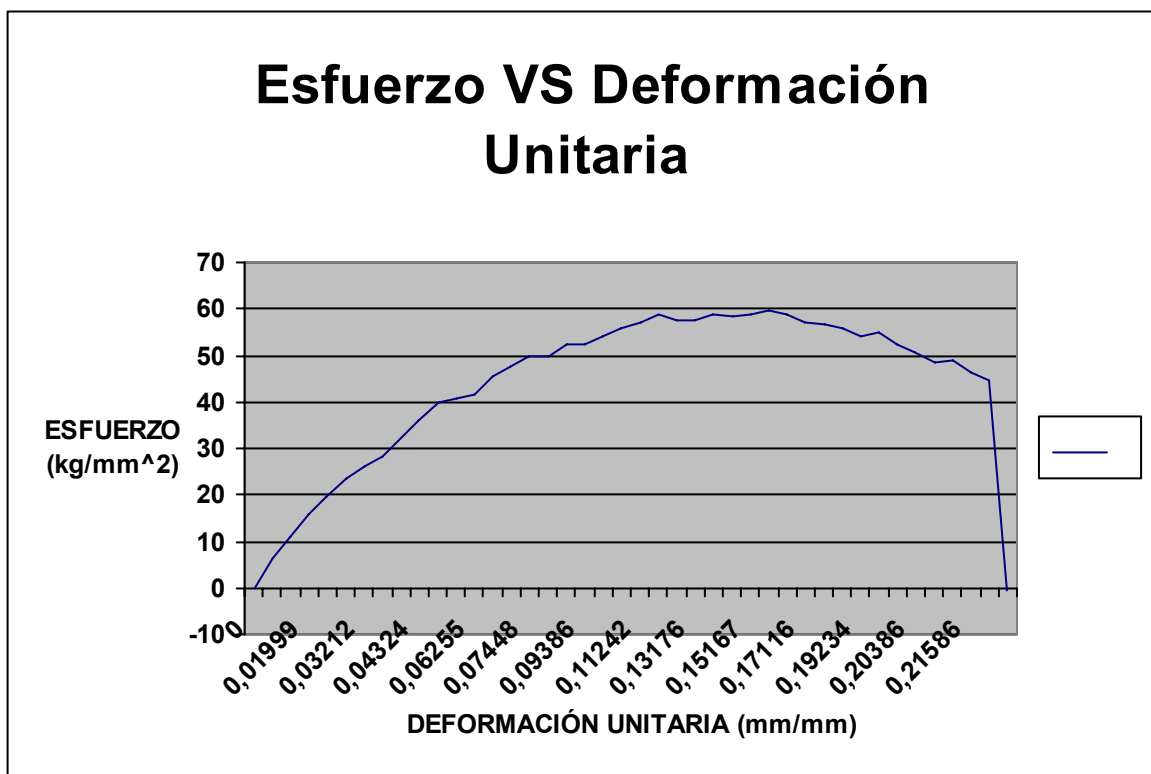
PRUEBA # 4 ACERO DE CONSTRUCCIÓN.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	719,949	12	113,097	6,36574	0,4278	60,4278	0,00713	1%
3	1265,87	12	113,097	11,19274	0,8316	60,8316	0,01386	1%
4	1769,4	12	113,097	15,64532	1,1994	61,1994	0,01999	2%
5	2244,71	12	113,097	19,84756	1,4802	61,4802	0,02467	2%
6	2674,21	12	113,097	23,64522	1,7844	61,7844	0,02974	3%
7	2973,04	12	113,097	26,28747	1,9272	61,9272	0,03212	3%
8	3218,01	12	113,097	28,45346	2,1138	62,1138	0,03523	4%
9	3620,51	12	113,097	32,01234	2,3676	62,3676	0,03946	4%
10	4050,3427	12	113,097	35,81283	2,5944	62,5944	0,04324	4%
11	4526,541	12	113,097	40,02334	2,7696	62,7696	0,04616	5%
12	4600,202	12	113,097	40,67465	3,2166	63,2166	0,05361	5%
13	4713,512	12	113,097	41,67653	3,753	63,753	0,06255	6%
14	5154,582	12	113,097	45,57644	4,1136	64,1136	0,06856	7%
15	5405,910	12	113,097	47,79866	4,3326	64,3326	0,07221	7%
16	5624,03	12	113,097	49,72734	4,4688	64,4688	0,07448	7%
17	5635,961	12	113,097	49,83275	4,8696	64,8696	0,08116	8%
18	5918,704	12	113,097	52,33275	5,1792	65,1792	0,08632	9%
19	5934,595	12	113,097	52,47325	5,6316	65,6316	0,09386	9%
20	6138,214	12	113,097	54,27364	5,8974	65,8974	0,09829	10%
21	6319,170	12	113,097	55,87364	6,3462	66,3462	0,10577	11%
22	6433,412	12	113,097	56,88376	6,7452	66,7452	0,11242	11%
23	6642,947	12	113,097	58,73645	7,3764	67,3764	0,12294	12%
24	6507,956	12	113,097	57,54287	7,6332	67,6332	0,12722	13%
25	6505,20	12	113,097	57,51857	7,9056	67,9056	0,13176	13%
26	6670,916	12	113,097	58,98375	8,3478	68,3478	0,13913	14%
27	6585,993	12	113,097	58,23287	8,7504	68,7504	0,14584	15%
28	6638,242	12	113,097	58,69485	9,1002	69,1002	0,15167	15%
29	6762,53	12	113,097	59,79383	9,3312	69,3312	0,15552	16%
30	6653,834	12	113,097	58,83271	9,7344	69,7344	0,16224	16%
31	6462,115	12	113,097	57,13755	10,2696	70,2696	0,17116	17%
32	6387,11	12	113,097	56,47436	10,7202	70,7202	0,17867	18%
33	6299,333	12	113,097	55,69824	11,0286	71,0286	0,18381	18%
34	6117,724	12	113,097	54,09247	11,5404	71,5404	0,19234	19%
35	6218,380	12	113,097	54,98246	11,9076	71,9076	0,19846	20%
36	5918,218	12	113,097	52,32845	12,1128	72,1128	0,20188	20%
37	5741,280	12	113,097	50,76398	12,2316	72,2316	0,20386	20%
38	5504,755	12	113,097	48,67264	12,5004	72,5004	0,20834	21%
39	5539,907	12	113,097	48,98345	12,7302	72,7302	0,21217	21%
40	5255,908	12	113,097	46,47235	12,9516	72,9516	0,21586	22%
41	5041,056	12	113,097	44,57265	13,1184	73,1184	0,21864	22%
42	-61,9876	12	113,097	-0,54809	13,1184	73,1184	0,21864	22%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN

DIAGRAMA # 4



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	73,1184	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	58,08805	mm ²
Deformación unitaria final	0,21864	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	44,57265	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	86,78287	Kg/mm ²
Extracción	48,63888	%
Elongación	21,864	%
Resistencia a la Tracción	59,79383	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	40,02334	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	40,67465	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

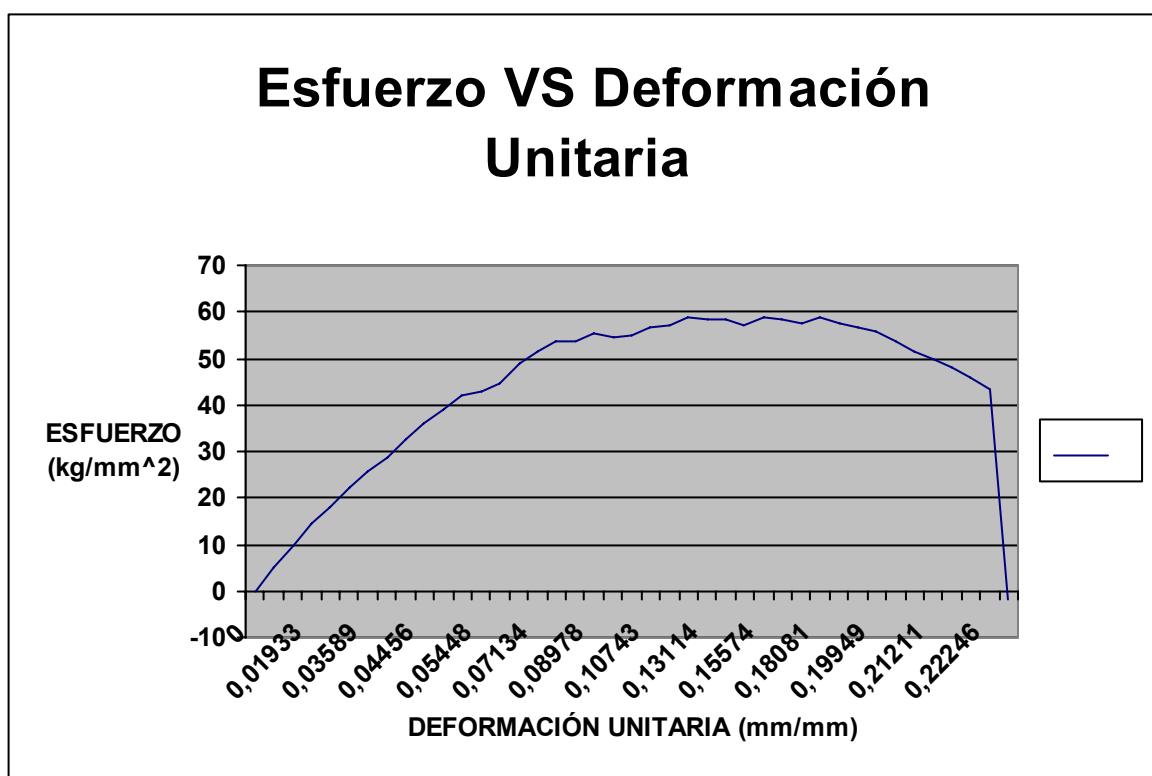
PRUEBA # 5 ACERO DE CONSTRUCCIÓN.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULA R (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	550,0543	12	113,097	4,86354	0,4926	60,4926	0,00821	1%
3	1094,951	12	113,097	9,68148	0,8472	60,8472	0,01412	1%
4	1643,132	12	113,097	14,52846	1,1598	61,1598	0,01933	2%
5	2036,08	12	113,097	18,00293	1,5618	61,5618	0,02603	3%
6	2538,097	12	113,097	22,44167	1,9224	61,9224	0,03204	3%
7	2882,886	12	113,097	25,49027	2,1534	62,1534	0,03589	4%
8	3260,550	12	113,097	28,82955	2,3004	62,3004	0,03834	4%
9	3696,451	12	113,097	32,68375	2,4396	62,4396	0,04066	4%
10	4055,083	12	113,097	35,85475	2,6736	62,6736	0,04456	4%
11	4408,945	12	113,097	38,98357	2,8002	62,8002	0,04667	5%
12	4760,554	12	113,097	42,09247	2,9022	62,9022	0,04837	5%
13	4853,251	12	113,097	42,91209	3,2688	63,2688	0,05448	5%
14	5067,10	12	113,097	44,80294	3,8274	63,8274	0,06379	6%
15	5517,175	12	113,097	48,78246	3,9738	63,9738	0,06623	7%
16	5812,351	12	113,097	51,39238	4,2804	64,2804	0,07134	7%
17	6061,176	12	113,097	53,59247	4,6032	64,6032	0,07672	8%
18	6076,875	12	113,097	53,73128	5,0676	65,0676	0,08446	8%
19	6283,350	12	113,097	55,55692	5,3868	65,3868	0,08978	9%
20	6186,565	12	113,097	54,70115	5,6616	65,6616	0,09436	9%
21	6231,892	12	113,097	55,10193	6,0348	66,0348	0,10058	10%
22	6431,236	12	113,097	56,86452	6,4458	66,4458	0,10743	11%
23	6479,60	12	113,097	57,29218	6,9888	66,9888	0,11648	12%
24	6642,728	12	113,097	58,73451	7,4556	67,4556	0,12426	12%
25	6605,361	12	113,097	58,40412	7,8684	67,8684	0,13114	13%
26	6614,798	12	113,097	58,48756	8,3778	68,3778	0,13963	14%
27	6458,015	12	113,097	57,10129	8,9256	68,9256	0,14876	15%
28	6645,998	12	113,097	58,76343	9,3444	69,3444	0,15574	16%
29	6591,601	12	113,097	58,28245	9,9588	69,9588	0,16598	17%
30	6512,580	12	113,097	57,58375	10,3566	70,3566	0,17261	17%
31	6667,675	12	113,097	58,95509	10,8486	70,8486	0,18081	18%
32	6505,760	12	113,097	57,52345	11,1696	71,1696	0,18616	19%
33	6423,739	12	113,097	56,79823	11,6538	71,6538	0,19423	19%
34	6296,856	12	113,097	55,67634	11,9694	71,9694	0,19949	20%
35	6092,045	12	113,097	53,86541	12,2916	72,2916	0,20486	20%
36	5837,068	12	113,097	51,61093	12,4302	72,4302	0,20717	21%
37	5621,278	12	113,097	49,70293	12,7266	72,7266	0,21211	21%
38	5458,487	12	113,097	48,26354	13,0692	73,0692	0,21782	22%
39	5169,21	12	113,097	45,70653	13,2738	73,2738	0,22123	22%
40	4883,150	12	113,097	43,17645	13,3476	73,3476	0,22246	22%
41	-224,159	12	113,097	-1,982	13,5276	73,5276	0,22546	23%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN

DIAGRAMA # 5



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	73,5276	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	55,41769	mm ²
Deformación unitaria final	0,22546	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	43,17645	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	88,11521	Kg/mm ²
Extracción	51	%
Elongación	22,546	%
Resistencia a la Tracción	58,95509	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	42,09247	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	42,91209	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPARATIVO DEL ACERO DE CONSTRUCCIÓN

El análisis estadístico se lo realizara basado en las resistencias de rotura real de las pruebas; por medio de la media y la desviación estándar, con la cual se determina la variación o error de la muestra del material. La misma que permitirá evaluar los datos tomados con los sensores implementados contra los datos tomados manualmente y con los respectivos datos de los fabricantes.

<i>ACERO DE CONSTRUCCIÓN</i>		
<i>PRUEBA #</i>	<i>ESFUERZO DE ROTURA REAL σ_{rr} (Kg / mm²)</i>	
	X	X²
1	90,02253	8104,05591
2	93,05513	8659,25722
3	86,60707	7500,78457
4	86,78287	7531,26653
5	88,11521	7764,29023
Σ	444,58281	39559,6545

Fuente: Cuadro de análisis estadístico de
Esfuerzo de rotura real; Autores

El promedio de estos valores (x) es:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^5 x_i = \frac{1}{5} (444,58281 \text{ Kg / mm}^2)$$

$$\bar{x} = 88,9165 \text{ Kg / mm}^2$$

Y la desviación estándar viene dada por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N-1}} = \sqrt{\frac{39559,6545 - \frac{(444,58281)^2}{5}}{5-1}}$$

$$s = 2,6869 \text{ Kg / mm}^2$$

De esto se deduce que:

$$\sigma_{rr} = 88,9165 \text{ Kg/mm}^2 \pm 2,6869$$

Por lo tanto el error del ensayo con este material es:

$$U = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{2,6869 \text{ Kg / mm}^2}{88,9165 \text{ Kg / mm}^2} \times 100\%$$

$$U = 3,0219\%$$

Entonces la confiabilidad del ensayo con este material es del 96,9781%.

Para el Acero de Construcción en los cinco ensayos tenemos los siguientes resultados:

# de prueba	Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Esfuerzo de rotura real (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción (%)	Elongación (%)
1	41,0453	90,02253	53,68173	47,4375	25,89
2	43,69129	93,05513	53,10862	49,82639	21,13805
3	43,42431	86,60707	55,67462	51	22,52708
4	40,67465	86,78287	59,79383	48,63888	21,864
5	42,91209	88,11521	58,95509	51	22,546
PROMEDIO	42,349528	88,916562	56,242778	49,580554	22,793026

Fuente: Cuadro Comparativo de Ensayos de Tracción del Acero de construcción; Autores

Como observación en este ensayo podemos mencionar que el tipo de fractura es del tipo Parcial cónico, cráter y sedoso.

Según norma INEN 102, para este material tenemos los siguientes valores teóricos:

ACERO DE CONSTRUCCIÓN				
Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Esfuerzo de rotura mínimo (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción mínima (%)	Elongación mínima (%)
42	70	56	41	15

Fuente: Larbuo Nicolás, Prontuario: Técnicas – Máquinas – Herramientas, Pág.188

Los resultados de la tracción de la probeta de acero de construcción bordean a los valores proporcionados por los fabricantes, mencionaremos además que el cuerpo de prueba no consta con los resaltes de la varilla comercial.

Resultados del ensayo
A la tracción del
Acero de transmisión

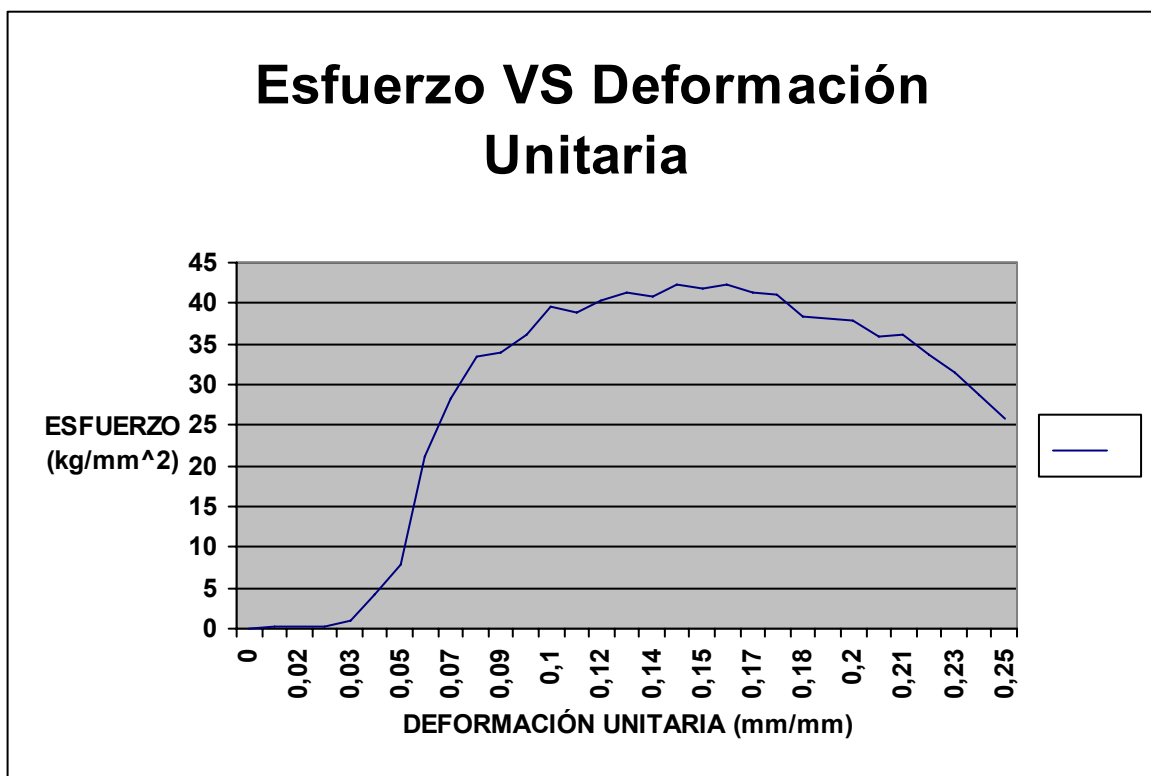
PRUEBA # 1 ACERO DE TRANSMISIÓN

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	27,84	12	113,097	0,24616	0,4812	60,4812	0,00802	1%
3	27,84	12	113,097	0,24616	0,963	60,963	0,01605	2%
4	27,84	12	113,097	0,24616	1,5396	61,5396	0,02566	3%
5	106,01	12	113,097	0,9373	2,0712	62,0712	0,03452	3%
6	473,64	12	113,097	4,18789	2,6052	62,6052	0,04342	4%
7	877,32	12	113,097	7,75722	3,1302	63,1302	0,05217	5%
8	2403,5	12	113,097	21,25189	3,7068	63,7068	0,06178	6%
9	3209,1	12	113,097	28,37477	4,2408	64,2408	0,07068	7%
10	3784,5	12	113,097	33,46235	4,7262	64,7262	0,07877	8%
11	3829,7	12	113,097	33,86234	5,2008	65,2008	0,08668	9%
12	4080	12	113,097	36,07519	5,6328	65,6328	0,09388	9%
13	4481,4	12	113,097	39,62441	6,0642	66,0642	0,10107	10%
14	4394,5	12	113,097	38,85555	6,5016	66,5016	0,10836	11%
15	4556	12	113,097	40,28364	7,0302	67,0302	0,11717	12%
16	4675,1	12	113,097	41,33726	7,6122	67,6122	0,12687	13%
17	4611,3	12	113,097	40,77236	8,1378	68,1378	0,13563	14%
18	4787,2	12	113,097	42,32764	8,676	68,676	0,1446	14%
19	4728,9	12	113,097	41,81274	9,0942	69,0942	0,15157	15%
20	4787,2	12	113,097	42,32764	9,5286	69,5286	0,15881	16%
21	4679,1	12	113,097	41,37243	10,026	70,026	0,1671	17%
22	4651,5	12	113,097	41,12837	10,4058	70,4058	0,17343	17%
23	4343,8	12	113,097	38,40741	10,8828	70,8828	0,18138	18%
24	4312,4	12	113,097	38,12969	11,3652	71,3652	0,18942	19%
25	4279,9	12	113,097	37,84255	11,7504	71,7504	0,19584	20%
26	4066,5	12	113,097	35,95527	12,2316	72,2316	0,20386	20%
27	4081,8	12	113,097	36,09097	12,7074	72,7074	0,21179	21%
28	3797	12	113,097	33,57256	13,1406	73,1406	0,21901	22%
29	3560,7	12	113,097	31,48335	13,623	73,623	0,22705	23%
30	3258,7	12	113,097	28,81345	14,2074	74,2074	0,23679	24%
31	2925	12	113,097	25,86267	14,7282	74,7282	0,24547	25%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE TRANSMISIÓN

DIAGRAMA # 1



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	74,72823	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	44,17865	mm ²
Deformación unitaria final	0,24547	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	25,86267	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	66,20844	Kg/mm ²
Extracción	60,9375	%
Elongación	24,54705	%
Resistencia a la Tracción	42,32764	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	33,46235	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	33,86234	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

PRUEBA # 2

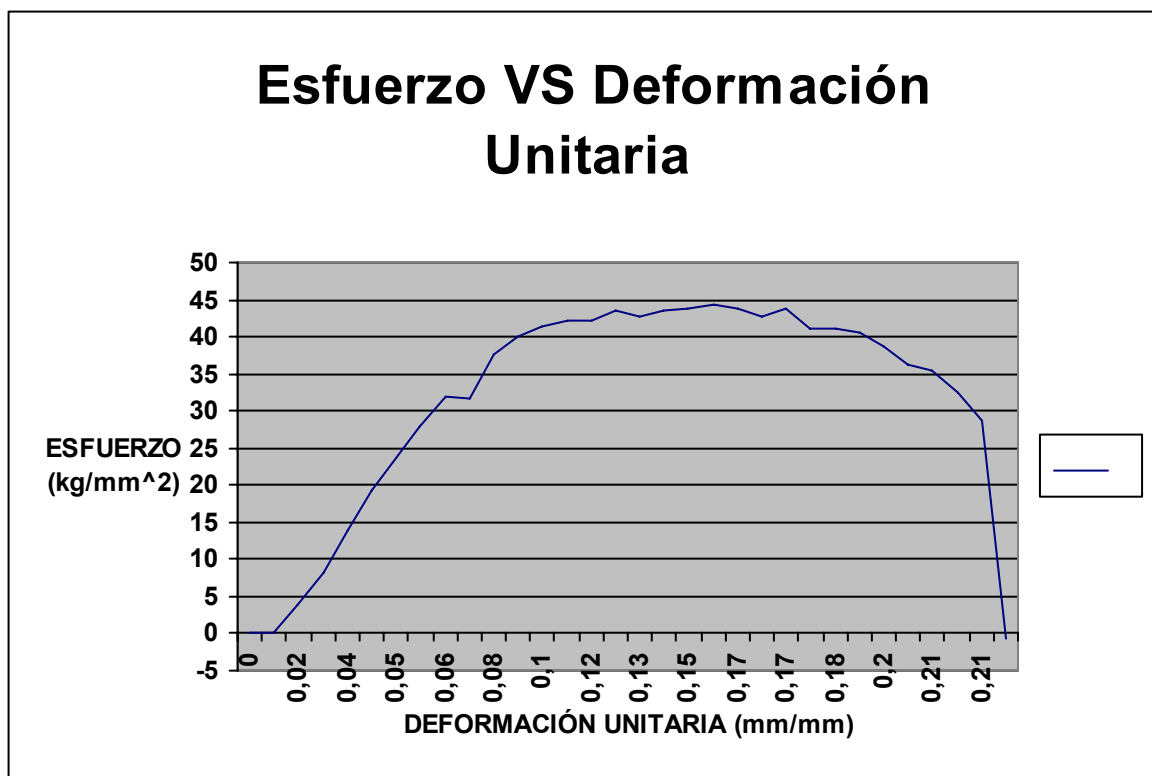
ACERO DE TRANSMISIÓN

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \varepsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	27,84	12	113,097	0,24616	0,4404	60,4404	0,00734	1%
3	455,72	12	113,097	4,02947	1,4304	61,4304	0,02384	2%
4	918,88	12	113,097	8,12465	2,0064	62,0064	0,03344	3%
5	1562,1	12	113,097	13,81237	2,4912	62,4912	0,04152	4%
6	2178,5	12	113,097	19,26232	2,9118	62,9118	0,04853	5%
7	2666,1	12	113,097	23,57324	3,1302	63,1302	0,05217	5%
8	3160,3	12	113,097	27,94325	3,4458	63,4458	0,05743	6%
9	3599	12	113,097	31,82234	3,6576	63,6576	0,06096	6%
10	3569,5	12	113,097	31,56128	4,3428	64,3428	0,07238	7%
11	4260,8	12	113,097	37,67353	5,0088	65,0088	0,08348	8%
12	4520,1	12	113,097	39,96654	5,6046	65,6046	0,09341	9%
13	4685,2	12	113,097	41,42645	6,0228	66,0228	0,10038	10%
14	4768,4	12	113,097	42,16212	6,4338	66,4338	0,10723	11%
15	4765,5	12	113,097	42,13645	6,9816	66,9816	0,11636	12%
16	4935,3	12	113,097	43,63725	7,5792	67,5792	0,12632	13%
17	4832	12	113,097	42,72454	8,0856	68,0856	0,13476	13%
18	4910,4	12	113,097	43,41726	8,5146	68,5146	0,14191	14%
19	4957,4	12	113,097	43,83275	9,0222	69,0222	0,15037	15%
20	5007	12	113,097	44,27126	9,5604	69,5604	0,15934	16%
21	4950,7	12	113,097	43,77364	9,9246	69,9246	0,16541	17%
22	4822,2	12	113,097	42,63754	10,1538	70,1538	0,16923	17%
23	4945,2	12	113,097	43,72465	10,3104	70,3104	0,17184	17%
24	4656,5	12	113,097	41,17246	10,7784	70,7784	0,17964	18%
25	4656,6	12	113,097	41,17325	11,0796	71,0796	0,18466	18%
26	4600	12	113,097	40,67245	11,3778	71,3778	0,18963	19%
27	4379,6	12	113,097	38,72451	11,8272	71,8272	0,19712	20%
28	4108,4	12	113,097	36,32653	12,2238	72,2238	0,20373	20%
29	3994,8	12	113,097	35,32176	12,6138	72,6138	0,21023	21%
30	3661,2	12	113,097	32,37244	12,7524	72,7524	0,21254	21%
31	3237,5	12	113,097	28,62544	12,7878	72,7878	0,21313	21%
32	71,991	12	113,097	-0,63654	12,7878	72,7878	0,21313	21%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE TRANSMISIÓN

DIAGRAMA # 2



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	72,7878	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	46,56625	mm ²
Deformación unitaria final	0,21313	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	28,62544	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	69,52376	Kg/mm ²
Extracción	58,82639	%
Elongación	21,313	%
Resistencia a la Tracción	44,27126	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	31,82234	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	31,56128	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

PRUEBA # 3

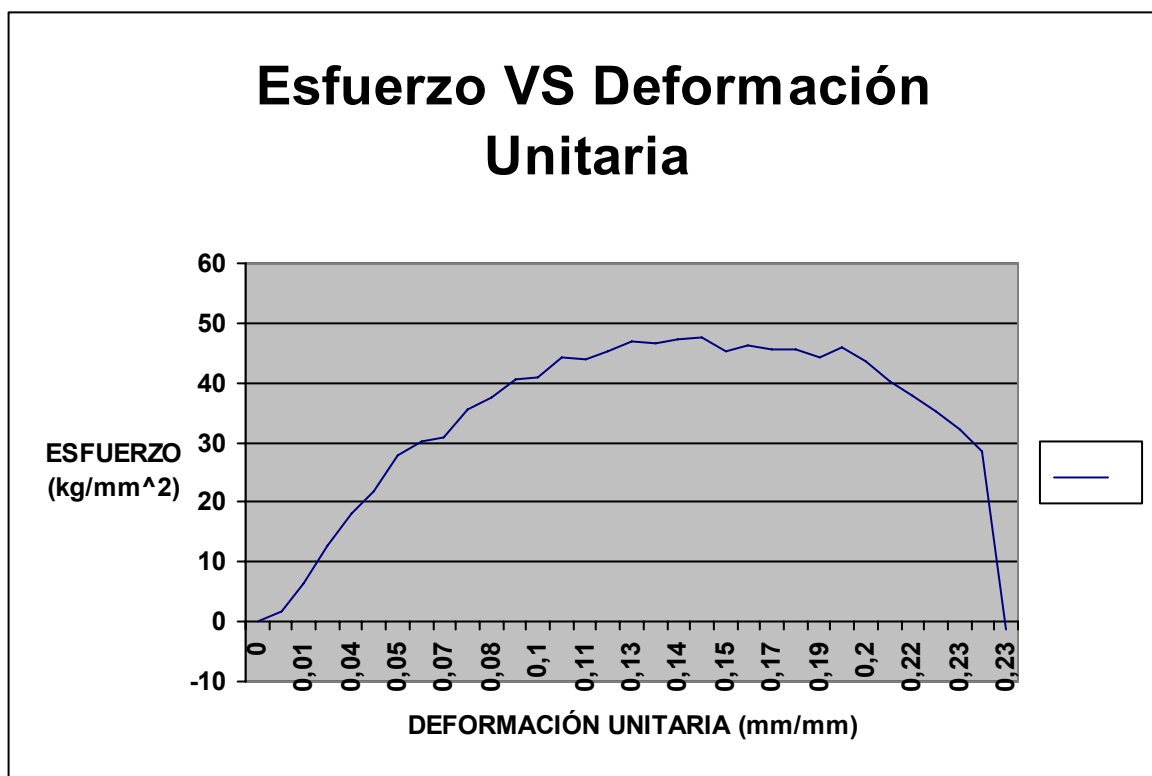
ACERO DE TRANSMISIÓN

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULA R (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	188,3209	12	113,097	1,66512	0,3498	60,3498	0,00583	1%
3	736,3689	12	113,097	6,51092	0,8538	60,8538	0,01423	1%
4	1427,552	12	113,097	12,62231	1,6086	61,6086	0,02681	3%
5	2038,167	12	113,097	18,02133	2,1432	62,1432	0,03572	4%
6	2463,574	12	113,097	21,78274	2,5722	62,5722	0,04287	4%
7	3157,902	12	113,097	27,92194	3,1188	63,1188	0,05198	5%
8	3418,648	12	113,097	30,22744	3,6072	63,6072	0,06012	6%
9	3487,1057	12	113,097	30,83273	4,3086	64,3086	0,07181	7%
10	4002,232	12	113,097	35,38744	4,5738	64,5738	0,07623	8%
11	4229,252	12	113,097	37,39474	5,0538	65,0538	0,08423	8%
12	4577,76	12	113,097	40,47623	5,5506	65,5506	0,09251	9%
13	4611,253	12	113,097	40,77236	6,0138	66,0138	0,10023	10%
14	5022,891	12	113,097	44,41203	6,5538	66,5538	0,10923	11%
15	4966,215	12	113,097	43,91091	6,7404	66,7404	0,11234	11%
16	5113,244	12	113,097	45,21093	7,4526	67,4526	0,12421	12%
17	5327,034	12	113,097	47,10124	7,7844	67,7844	0,12974	13%
18	5284,132	12	113,097	46,72191	8,1912	68,1912	0,13652	14%
19	5363,68	12	113,097	47,42532	8,5392	68,5392	0,14232	14%
20	5397,422	12	113,097	47,72361	8,9922	68,9922	0,14987	15%
21	5122,558	12	113,097	45,29328	9,1944	69,1944	0,15324	15%
22	5234,971	12	113,097	46,28723	9,6138	69,6138	0,16023	16%
23	5145,177	12	113,097	45,49328	10,1346	70,1346	0,16891	17%
24	5148,802	12	113,097	45,52533	10,7166	70,7166	0,17861	18%
25	5004,918	12	113,097	44,25312	11,2086	71,2086	0,18681	19%
26	5180,006	12	113,097	45,80123	11,6946	71,6946	0,19491	19%
27	4921,138	12	113,097	43,51234	12,1446	72,1446	0,20241	20%
28	4538,843	12	113,097	40,13212	12,5922	72,5922	0,20987	21%
29	4267,333	12	113,097	37,73145	13,0344	73,0344	0,21724	22%
30	3982,431	12	113,097	35,21236	13,3026	73,3026	0,22171	22%
31	3628,150	12	113,097	32,07984	13,5726	73,5726	0,22621	23%
32	3213,367	12	113,097	28,41236	13,6722	73,6722	0,22787	23%
33	150,872	12	113,097	-1,334	13,6722	73,6722	0,22787	23%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE TRANSMISIÓN

DIAGRAMA # 3



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	73,6722	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	43,0084	mm ²
Deformación unitaria final	0,22787	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	28,41236	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	74,71475	Kg/mm ²
Extracción	61,97222	%
Elongación	22,787	%
Resistencia a la Tracción	47,72361	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	30,22744	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	30,83273	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

PRUEBA # 4

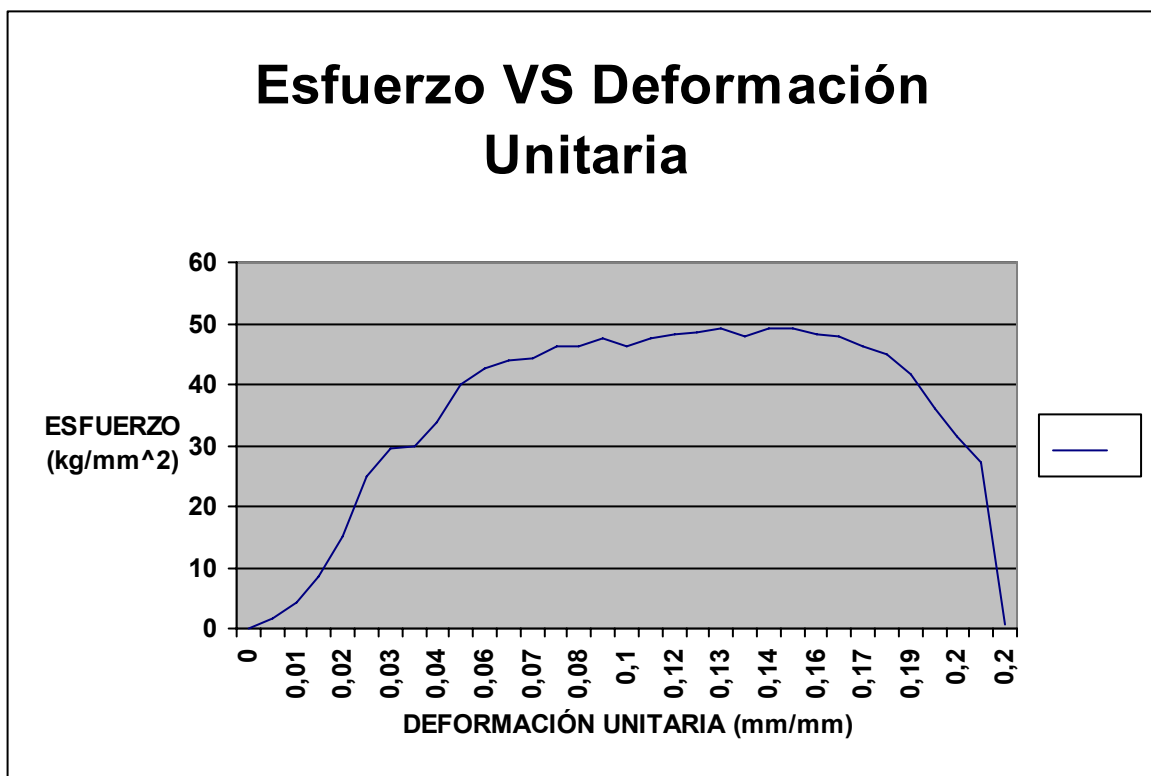
ACERO DE TRANSMISIÓN

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma_c = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	182,398	12	113,097	1,61275	0,4116	60,4116	0,00686	1%
3	487,763	12	113,097	4,31276	0,6138	60,6138	0,01023	1%
4	972,959	12	113,097	8,60283	1,1244	61,1244	0,01874	2%
5	1723,2	12	113,097	15,23644	1,359	61,359	0,02265	2%
6	2801,67	12	113,097	24,77214	1,7904	61,7904	0,02984	3%
7	3353,7	12	113,097	29,65321	2,0076	62,0076	0,03346	3%
8	3371,21	12	113,097	29,80798	2,3922	62,3922	0,03987	4%
9	3801,72	12	113,097	33,61451	2,5272	62,5272	0,04212	4%
10	4526,59	12	113,097	40,02373	3,0006	63,0006	0,05001	5%
11	4831,22	12	113,097	42,71726	3,4416	63,4416	0,05736	6%
12	4965,26	12	113,097	43,90247	3,9192	63,9192	0,06532	7%
13	5000,36	12	113,097	44,21283	4,2102	64,2102	0,07017	7%
14	5226,66	12	113,097	46,21374	4,7988	64,7988	0,07998	8%
15	5217	12	113,097	46,12836	5,0898	65,0898	0,08483	8%
16	5372,4	12	113,097	47,50237	5,4072	65,4072	0,09012	9%
17	5237,87	12	113,097	46,31283	5,9256	65,9256	0,09876	10%
18	5375,32	12	113,097	47,52817	6,5622	66,5622	0,10937	11%
19	5461,9	12	113,097	48,29375	7,0404	67,0404	0,11734	12%
20	5475,39	12	113,097	48,41297	7,3278	67,3278	0,12213	12%
21	5555,46	12	113,097	49,12093	7,7268	67,7268	0,12878	13%
22	5409,4	12	113,097	47,82948	8,1204	68,1204	0,13534	14%
23	5576,76	12	113,097	49,30934	8,4756	68,4756	0,14126	14%
24	5577,9	12	113,097	49,31938	8,9622	68,9622	0,14937	15%
25	5455,68	12	113,097	48,23876	9,3984	69,3984	0,15664	16%
26	5415,5	12	113,097	47,88347	9,8868	69,8868	0,16478	16%
27	5238,89	12	113,097	46,32187	10,3734	70,3734	0,17289	17%
28	5070,5	12	113,097	44,83298	10,8966	70,8966	0,18161	18%
29	4723,57	12	113,097	41,76545	11,2938	71,2938	0,18823	19%
30	4095,19	12	113,097	36,20937	11,6472	71,6472	0,19412	19%
31	3561,83	12	113,097	31,49348	11,8296	71,8296	0,19716	20%
32	3066,35	12	113,097	27,11243	12,0588	72,0588	0,20098	20%
33	72,9479	12	113,097	0,645	12,0588	72,0588	0,20098	20%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE TRANSMISIÓN

DIAGRAMA # 4



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	72,05887	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	47,78363	mm ²
Deformación unitaria final	0,20098	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	27,11243	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	64,17143	Kg/mm ²
Extracción	57,75	%
Elongación	20,09812	%
Resistencia a la Tracción	49,31938	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	29,65321	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	29,80798	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

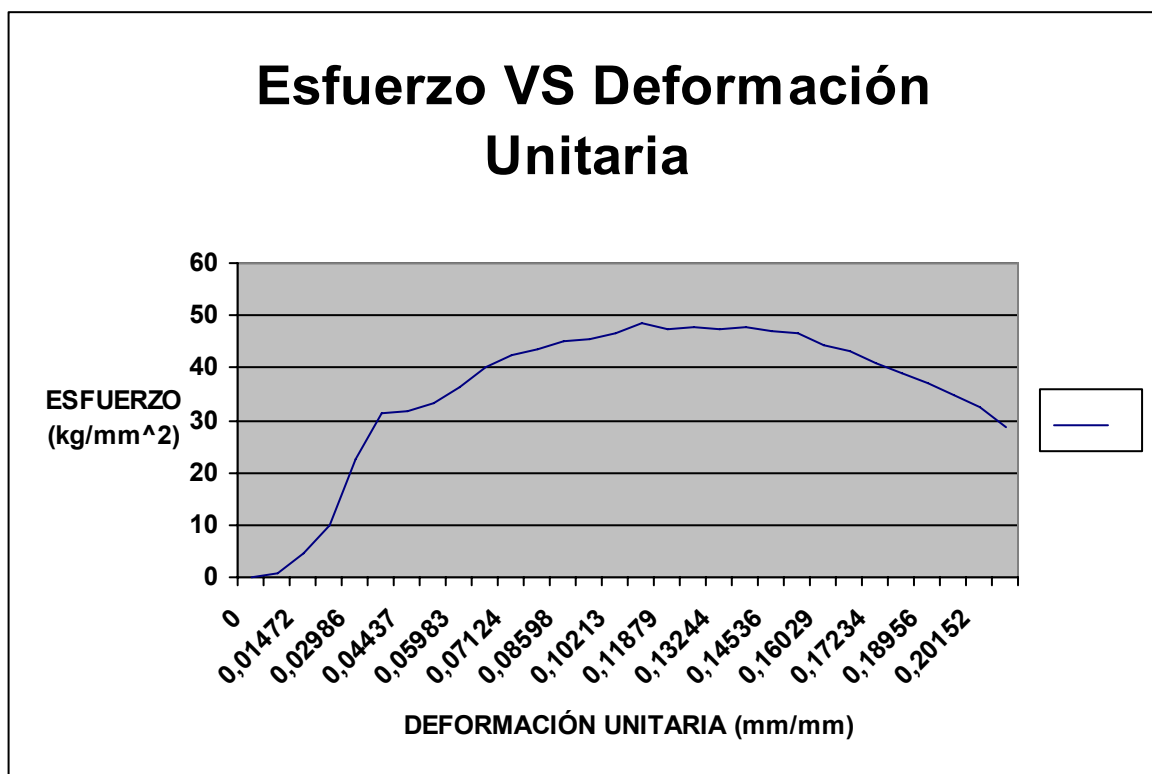
PRUEBA # 5
ACERO DE TRANSMISIÓN

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	79,314	12	113,097	0,70129	0,6126	60,6126	0,01021	1%
3	522,55	12	113,097	4,62038	0,8832	60,8832	0,01472	1%
4	1109,8	12	113,097	9,81234	1,2282	61,2282	0,02047	2%
5	2541,5	12	113,097	22,47213	1,7916	61,7916	0,02986	3%
6	3547,1	12	113,097	31,36324	2,1438	62,1438	0,03573	4%
7	3599,4	12	113,097	31,82566	2,6622	62,6622	0,04437	4%
8	3778,9	12	113,097	33,41275	3,0138	63,0138	0,05023	5%
9	4109,1	12	113,097	36,33209	3,5898	63,5898	0,05983	6%
10	4546,8	12	113,097	40,20274	3,8754	63,8754	0,06459	6%
11	4809,1	12	113,097	42,52193	4,2744	64,2744	0,07124	7%
12	4940,5	12	113,097	43,68374	4,7934	64,7934	0,07989	8%
13	5115,2	12	113,097	45,22837	5,1588	65,1588	0,08598	9%
14	5145,2	12	113,097	45,49341	5,7756	65,7756	0,09626	10%
15	5292,6	12	113,097	46,79635	6,1278	66,1278	0,10213	10%
16	5482,2	12	113,097	48,47364	6,6606	66,6606	0,11101	11%
17	5341,5	12	113,097	47,22945	7,1274	67,1274	0,11879	12%
18	5383,4	12	113,097	47,59938	7,5426	67,5426	0,12571	13%
19	5352,9	12	113,097	47,32984	7,9464	67,9464	0,13244	13%
20	5396,2	12	113,097	47,71273	8,3802	68,3802	0,13967	14%
21	5311,7	12	113,097	46,96587	8,7216	68,7216	0,14536	15%
22	5264,1	12	113,097	46,54453	9,1968	69,1968	0,15328	15%
23	4999,4	12	113,097	44,20394	9,6174	69,6174	0,16029	16%
24	4898,3	12	113,097	43,31026	10,1916	70,1916	0,16986	17%
25	4605,9	12	113,097	40,72485	10,3404	70,3404	0,17234	17%
26	4402,7	12	113,097	38,92846	10,8882	70,8882	0,18147	18%
27	4183,2	12	113,097	36,98735	11,3736	71,3736	0,18956	19%
28	3928,7	12	113,097	34,73724	11,7264	71,7264	0,19544	20%
29	3656,4	12	113,097	32,32918	12,0912	72,0912	0,20152	20%
30	3258,7	12	113,097	28,81345	12,3582	72,3582	0,20597	21%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE TRANSMISIÓN

DIAGRAMA # 5



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	72,35823	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	46,56625	mm ²
Deformación unitaria final	0,20597	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	28,81345	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	69,98038	Kg/mm ²
Extracción	58,82639	%
Elongación	20,59705	%
Resistencia a la Tracción	48,47364	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	31,36324	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	31,82566	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPARATIVO DEL ACERO DE TRANSMISIÓN

El análisis estadístico se lo realizara basado en las resistencias de rotura real de las pruebas; por medio de la media y la desviación estándar, con la cual se determina la variación o error de la muestra del material. La misma que permitirá evaluar los datos tomados con los sensores implementados contra los datos tomados manualmente y con los respectivos datos de los fabricantes.

<i>ACERO DE TRASMISIÓN</i>		
<i>PRUEBA #</i>	<i>ESFUERZO DE ROTURA REAL σ_{rr} (Kg / mm²)</i>	
	X	X²
1	66,20844	4383,5575
2	69,52376	4833,5532
3	74,71475	5582,2939
4	64,17143	4117,9724
5	69,98038	4897,2536
Σ	344,59876	23814,631

Fuente: Cuadro de análisis estadístico de
Esfuerzo de rotura real; Autores

El promedio de estos valores (x) es:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^5 x_i = \frac{1}{5} (344,59876 \text{ Kg} / \text{mm}^2)$$

$$\bar{x} = 68,9197 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

Y la desviación estándar viene dada por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N-1}} = \sqrt{\frac{23814,631 - \frac{(344,59876)^2}{5}}{5-1}}$$

$$s = 4,0301 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

De esto se deduce que:

$$\sigma_{rr} = 68,9197 \text{ Kg/mm}^2 \pm 4,0301$$

Por lo tanto el error del ensayo con este material es:

$$U = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{4,0301 \text{ Kg / mm}^2}{68,9197 \text{ Kg / mm}^2} \times 100\%$$

$$U = 5,84\%$$

Entonces la confiabilidad del ensayo con este material es del 94,16%.

Para el Acero de Transmisión en los cinco ensayos tenemos los siguientes resultados:

# de prueba	Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Esfuerzo de rotura real (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción (%)	Elongación (%)
1	33,86234	66,20844	42,32764	60,9375	24,54705
2	31,56128	69,52376	44,27126	58,82639	21,313
3	30,83273	74,71475	47,72361	61,97222	22,787
4	29,80798	64,17143	49,31938	57,75	20,09812
5	31,82566	69,98038	48,47364	58,82639	20,59705
PROMEDIO	31,577998	68,919752	46,423106	59,6625	21,868444

Fuente: Cuadro Comparativo de Ensayos de Tracción del Acero de Transmisión; Autores

Como observación en este ensayo podemos mencionar que el tipo de fractura es del tipo Parcial cónico, cráter y sedoso.

Según los Catálogos IVAN BOHMAN, para este material tenemos los siguientes valores teóricos:

ACERO DE TRANSMISIÓN			
Esfuerzo de Fluencia mínimo (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción mínima (%)	Elongación (%)
31	51	57	20

Fuente: Ivan Bohman C.A., Catalogo de Aceros – Herramientas

y Soldaduras Pág. 37

De igual manera los resultados de la tracción de la probeta de acero de transmisión bordean a los valores proporcionados por los fabricantes y se pueden considerar aceptables.

Resultados del ensayo
A la tracción del
Acero de MAQUINARÍA

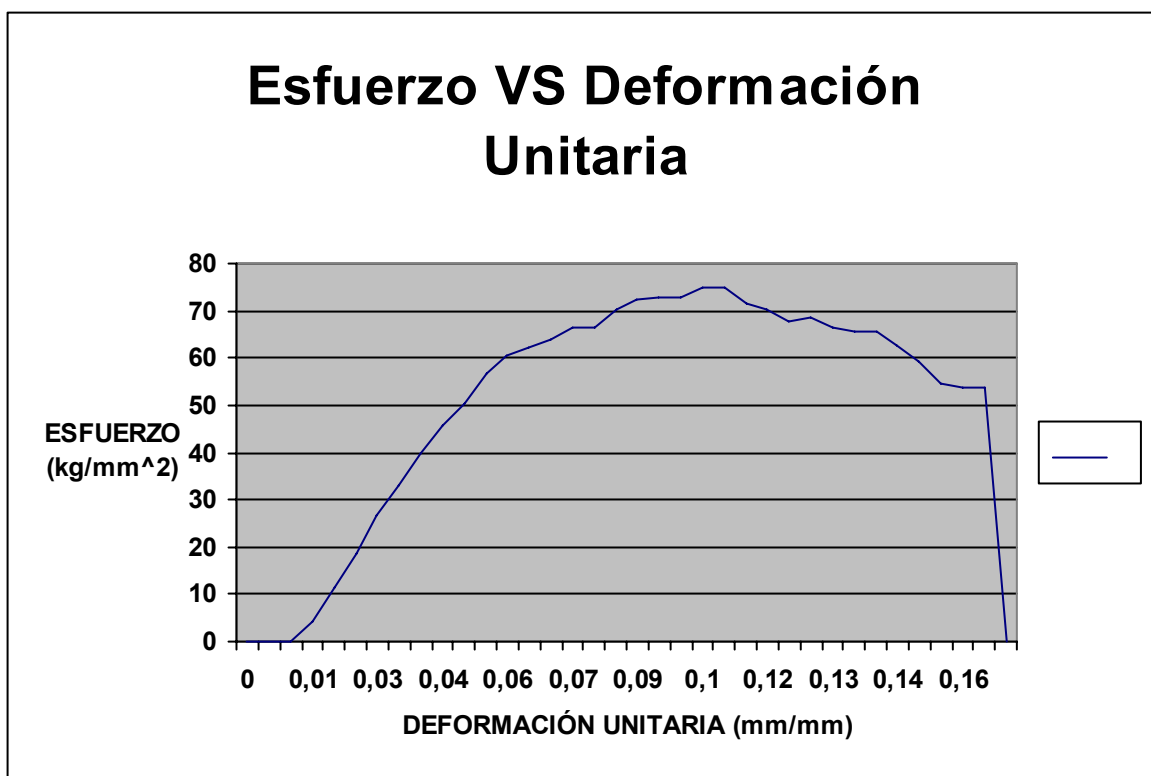
PRUEBA # 1 ACERO DE MAQUINARÍA.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	0,71365	12	113,097	0,00631	0,2892	60,2892	0,00482	0%
3	7,13872	12	113,097	0,06312	0,5784	60,5784	0,00964	1%
4	498,982	12	113,097	4,41196	0,8676	60,8676	0,01446	1%
5	1307,78	12	113,097	11,56325	1,1568	61,1568	0,01928	2%
6	2090,27	12	113,097	18,48205	1,446	61,446	0,0241	2%
7	3020,28	12	113,097	26,70513	1,7352	61,7352	0,02892	3%
8	3743,96	12	113,097	33,10381	2,1066	62,1066	0,03511	4%
9	4505,82	12	113,097	39,84016	2,3136	62,3136	0,03856	4%
10	5160,57	12	113,097	45,62937	2,6028	62,6028	0,04338	4%
11	5702,6	12	113,097	50,42195	2,892	62,892	0,0482	5%
12	6416,09	12	113,097	56,73062	3,1812	63,1812	0,05302	5%
13	6852,61	12	113,097	60,59029	3,4704	63,4704	0,05784	6%
14	7016,26	12	113,097	62,03729	3,7596	63,7596	0,06266	6%
15	7241,43	12	113,097	64,02816	4,0488	64,0488	0,06748	7%
16	7498,68	12	113,097	66,30281	4,3386	64,3386	0,07231	7%
17	7498,56	12	113,097	66,30172	4,6272	64,6272	0,07712	8%
18	7928,45	12	113,097	70,10281	4,9164	64,9164	0,08194	8%
19	8207,88	12	113,097	72,57347	5,2056	65,2056	0,08676	9%
20	8245,1	12	113,097	72,90259	5,4948	65,4948	0,09158	9%
21	8244,64	12	113,097	72,89853	5,784	65,784	0,0964	10%
22	8464,82	12	113,097	74,8453	6,0732	66,0732	0,10122	10%
23	8480,65	12	113,097	74,9853	6,3624	66,3624	0,10604	11%
24	8112,39	12	113,097	71,72917	6,6516	66,6516	0,11086	11%
25	7958,92	12	113,097	70,37219	6,9408	66,9408	0,11568	12%
26	7664,97	12	113,097	67,77314	7,2378	67,2378	0,12063	12%
27	7766,34	12	113,097	68,66941	7,5192	67,5192	0,12532	13%
28	7537,91	12	113,097	66,64964	7,8084	67,8084	0,13014	13%
29	7439,75	12	113,097	65,78176	8,0976	68,0976	0,13496	13%
30	7442,97	12	113,097	65,81017	8,3868	68,3868	0,13978	14%
31	7101,39	12	113,097	62,78996	8,6766	68,6766	0,14461	14%
32	6715,91	12	113,097	59,38158	8,9652	68,9652	0,14942	15%
33	6164,82	12	113,097	54,50885	9,1344	69,1344	0,15224	15%
34	6076,92	12	113,097	53,73165	9,3036	69,3036	0,15506	16%
35	6090,95	12	113,097	53,85573	9,5328	69,5328	0,15888	16%
36	3,36013	12	113,097	0,02971	9,552	69,552	0,1592	16%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE MAQUINARÍA.

DIAGRAMA #1



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	69,55206	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	58,08805	mm ²
Deformación unitaria final	0,1592	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	53,85573	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	104,85701	Kg/mm ²
Extracción	48,63888	%
Elongación	15,92011	%
Resistencia a la Tracción	74,9853	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	66,30281	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

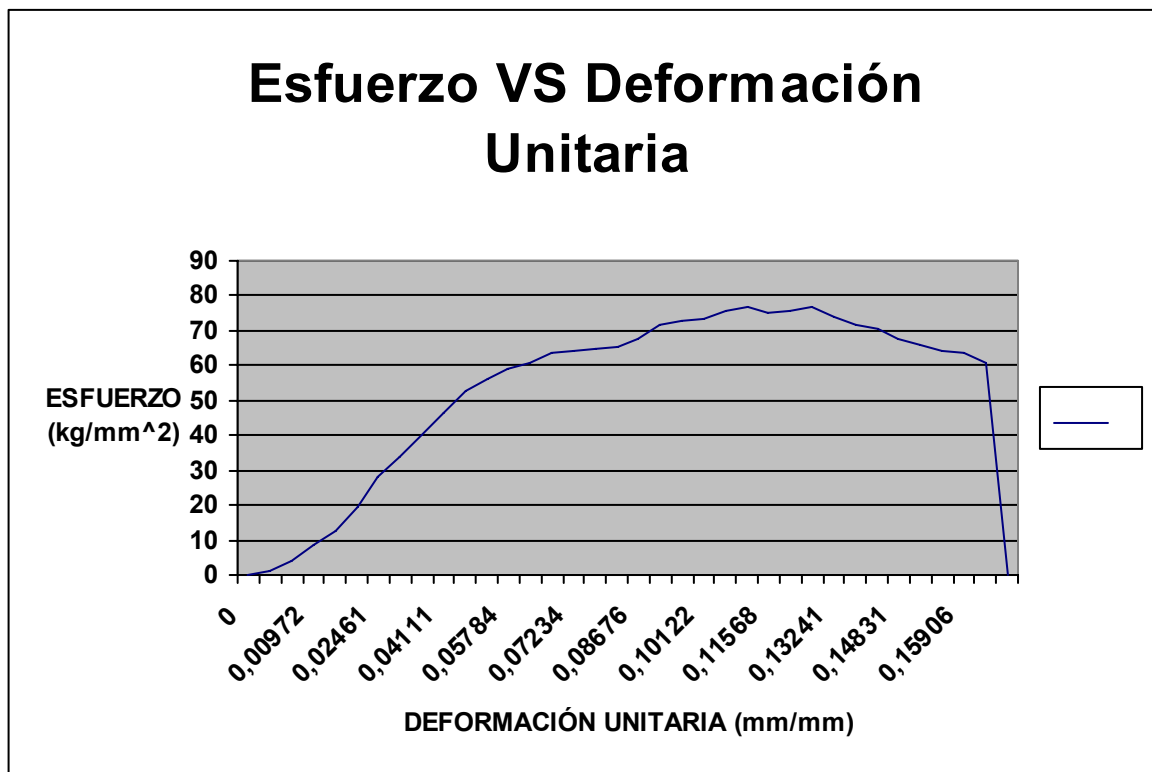
PRUEBA # 2 ACERO DE MAQUINARÍA.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \varepsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	101,71	12	113,097	0,89931	0,2892	60,2892	0,00482	0%
3	460,72	12	113,097	4,07364	0,3726	60,3726	0,00621	1%
4	984,03	12	113,097	8,70076	0,5832	60,5832	0,00972	1%
5	1400	12	113,097	12,37836	0,9468	60,9468	0,01578	2%
6	2225,1	12	113,097	19,67373	1,2792	61,2792	0,02132	2%
7	3155,3	12	113,097	27,89873	1,4766	61,4766	0,02461	2%
8	3845,2	12	113,097	33,99867	1,8246	61,8246	0,03041	3%
9	4536,5	12	113,097	40,11163	2,0586	62,0586	0,03431	3%
10	5244,7	12	113,097	46,37292	2,4666	62,4666	0,04111	4%
11	5958,8	12	113,097	52,68734	2,8944	62,8944	0,04824	5%
12	6335,6	12	113,097	56,01873	3,186	63,186	0,0531	5%
13	6660,3	12	113,097	58,88973	3,4704	63,4704	0,05784	6%
14	6852,6	12	113,097	60,59029	3,7596	63,7596	0,06266	6%
15	7220,7	12	113,097	63,84533	4,0488	64,0488	0,06748	7%
16	7283,3	12	113,097	64,39832	4,3404	64,3404	0,07234	7%
17	7323,6	12	113,097	64,75456	4,6272	64,6272	0,07712	8%
18	7391,7	12	113,097	65,35673	4,9164	64,9164	0,08194	8%
19	7641,5	12	113,097	67,56548	5,2056	65,2056	0,08676	9%
20	8083,3	12	113,097	71,47232	5,4948	65,4948	0,09158	9%
21	8231,1	12	113,097	72,77902	5,7852	65,7852	0,09642	10%
22	8301,2	12	113,097	73,39872	6,0732	66,0732	0,10122	10%
23	8554,1	12	113,097	75,63452	6,3624	66,3624	0,10604	11%
24	8686,5	12	113,097	76,80512	6,6516	66,6516	0,11086	11%
25	8460,8	12	113,097	74,80982	6,9408	66,9408	0,11568	12%
26	8549,1	12	113,097	75,59082	7,2186	67,2186	0,12031	12%
27	8685,7	12	113,097	76,79822	7,5192	67,5192	0,12532	13%
28	8369,3	12	113,097	74,00098	7,9446	67,9446	0,13241	13%
29	8130,3	12	113,097	71,88722	8,3166	68,3166	0,13861	14%
30	7976,7	12	113,097	70,52982	8,6478	68,6478	0,14413	14%
31	7657,7	12	113,097	67,70922	8,8986	68,8986	0,14831	15%
32	7464,7	12	113,097	66,00276	9,0726	69,0726	0,15121	15%
33	7239,1	12	113,097	64,00762	9,2544	69,2544	0,15424	15%
34	7178,6	12	113,097	63,47221	9,5436	69,5436	0,15906	16%
35	6868,6	12	113,097	60,73165	9,8328	69,8328	0,16388	16%
36	3,9256	12	113,097	0,03471	9,8328	69,8328	0,16388	16%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE MAQUINARÍA.

DIAGRAMA #2



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	69,83283	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	59,44678	mm ²
Deformación unitaria final	0,16388	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	60,73165	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	115,54179	Kg/mm ²
Extracción	47,4375	%
Elongación	16,38805	%
Resistencia a la Tracción	76,80512	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	64,39832	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

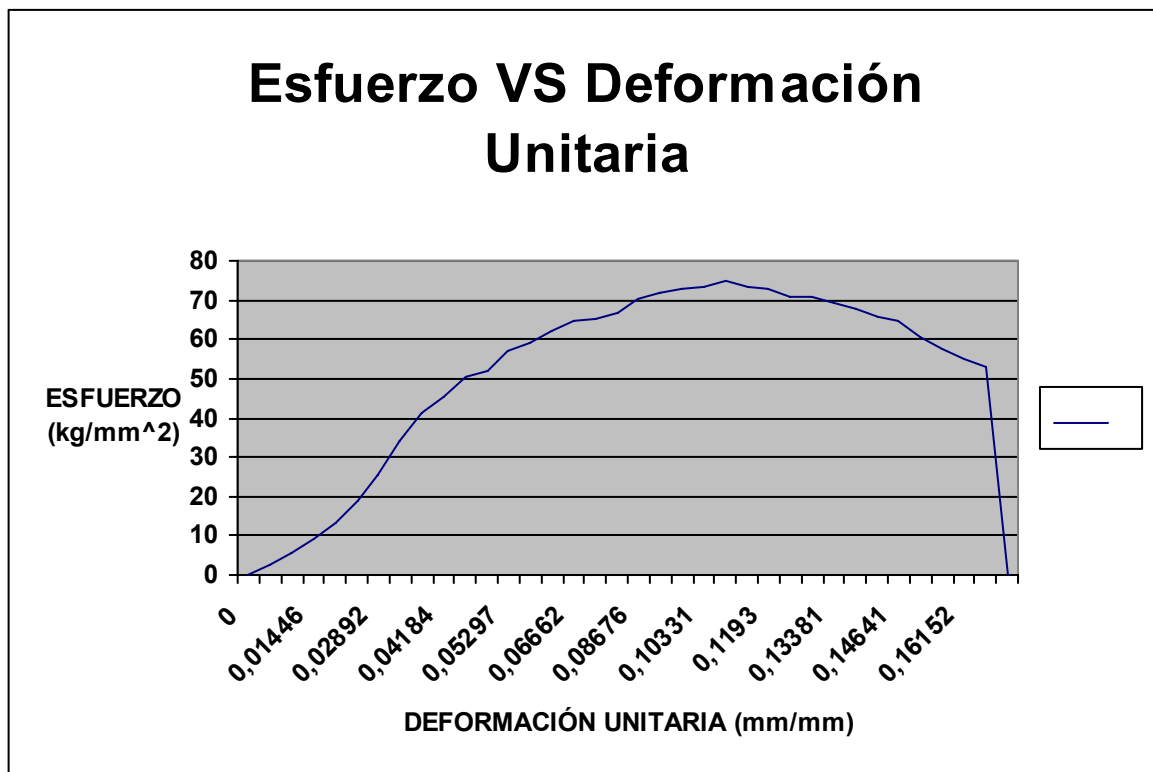
PRUEBA # 3 ACERO DE MAQUINARÍA.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_i)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma_c = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \varepsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	316,516	12	113,097	2,79861	0,3552	60,3552	0,00592	1%
3	650,778	12	113,097	5,75413	0,5316	60,5316	0,00886	1%
4	1059,87	12	113,097	9,37126	0,8676	60,8676	0,01446	1%
5	1524,15	12	113,097	13,47643	1,1568	61,1568	0,01928	2%
6	2126,06	12	113,097	18,79846	1,4604	61,4604	0,02434	2%
7	2861,21	12	113,097	25,29857	1,7352	61,7352	0,02892	3%
8	3845,16	12	113,097	33,99864	2,0118	62,0118	0,03353	3%
9	4683,34	12	113,097	41,40974	2,3136	62,3136	0,03856	4%
10	5146,39	12	113,097	45,50398	2,5104	62,5104	0,04184	4%
11	5722,45	12	113,097	50,59745	2,7204	62,7204	0,04534	5%
12	5892,24	12	113,097	52,09875	2,9304	62,9304	0,04884	5%
13	6429,04	12	113,097	56,84513	3,1782	63,1782	0,05297	5%
14	6707,07	12	113,097	59,30341	3,4566	63,4566	0,05761	6%
15	7017,5	12	113,097	62,04819	3,6294	63,6294	0,06049	6%
16	7337,15	12	113,097	64,87453	3,9972	63,9972	0,06662	7%
17	7397,77	12	113,097	65,41057	4,4826	64,4826	0,07471	7%
18	7536,73	12	113,097	66,63917	4,9254	64,9254	0,08209	8%
19	7950,91	12	113,097	70,30138	5,2056	65,2056	0,08676	9%
20	8129,03	12	113,097	71,87632	5,4948	65,4948	0,09158	9%
21	8229,24	12	113,097	72,76232	5,7864	65,7864	0,09644	10%
22	8299,91	12	113,097	73,38723	6,1986	66,1986	0,10331	10%
23	8468,33	12	113,097	74,87632	6,5664	66,5664	0,10944	11%
24	8327,36	12	113,097	73,62987	6,9126	66,9126	0,11521	12%
25	8225,51	12	113,097	72,72932	7,158	67,158	0,1193	12%
26	8021,31	12	113,097	70,92387	7,4886	67,4886	0,12481	12%
27	8028,3	12	113,097	70,98563	7,7208	67,7208	0,12868	13%
28	7849,9	12	113,097	69,40823	8,0286	68,0286	0,13381	13%
29	7648,37	12	113,097	67,62632	8,148	68,148	0,1358	14%
30	7442,97	12	113,097	65,81017	8,4846	68,4846	0,14141	14%
31	7295,13	12	113,097	64,50298	8,7846	68,7846	0,14641	15%
32	6850,95	12	113,097	60,57561	8,9652	68,9652	0,14942	15%
33	6526,79	12	113,097	57,70935	9,2544	69,2544	0,15424	15%
34	6243,42	12	113,097	55,20385	9,6912	69,6912	0,16152	16%
35	6015,04	12	113,097	53,18454	9,8328	69,8328	0,16388	16%
36	3,92562	12	113,097	0,03471	9,8328	69,8328	0,16388	16%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE MAQUINARÍA.

DIAGRAMA # 3



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	69,83283	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	56,07939	mm ²
Deformación unitaria final	0,16388	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	53,18454	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	107,25919	Kg/mm ²
Extracción	50,41493	%
Elongación	16,38805	%
Resistencia a la Tracción	74,87632	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	70,92387	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	70,98563	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

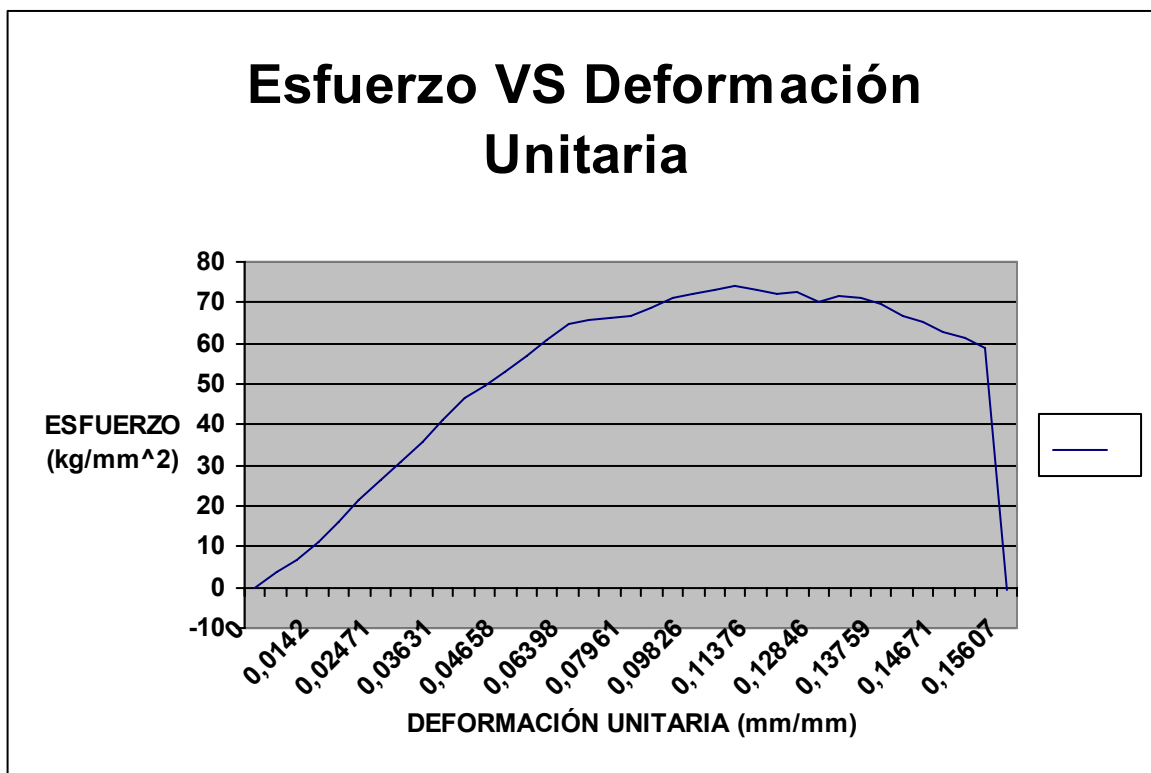
PRUEBA # 4 ACERO DE MAQUINARÍA.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_i)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_v)}{2,205}$	$\sigma_c = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \varepsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	410,84	12	113,097	3,63263	0,3216	60,3216	0,00536	1%
3	756,34	12	113,097	6,68752	0,6486	60,6486	0,01081	1%
4	1242,3	12	113,097	10,98457	0,852	60,852	0,0142	1%
5	1796,8	12	113,097	15,88732	1,128	61,128	0,0188	2%
6	2431,4	12	113,097	21,49811	1,338	61,338	0,0223	2%
7	3007,5	12	113,097	26,59182	1,4826	61,4826	0,02471	2%
8	3488,6	12	113,097	30,84572	1,8348	61,8348	0,03058	3%
9	4059,2	12	113,097	35,89081	1,9986	61,9986	0,03331	3%
10	4667,7	12	113,097	41,27121	2,1786	62,1786	0,03631	4%
11	5281,4	12	113,097	46,69811	2,5266	62,5266	0,04211	4%
12	5582,8	12	113,097	49,36293	2,6766	62,6766	0,04461	4%
13	5985,8	12	113,097	52,92644	2,7948	62,7948	0,04658	5%
14	6428,2	12	113,097	56,83765	3,0108	63,0108	0,05018	5%
15	6899,1	12	113,097	61,00162	3,4434	63,4434	0,05739	6%
16	7327,5	12	113,097	64,78912	3,8388	63,8388	0,06398	6%
17	7438,7	12	113,097	65,77236	4,1856	64,1856	0,06976	7%
18	7517,8	12	113,097	66,47197	4,5756	64,5756	0,07626	8%
19	7552,6	12	113,097	66,77981	4,7766	64,7766	0,07961	8%
20	7768,7	12	113,097	68,69071	5,0778	65,0778	0,08463	8%
21	8026,9	12	113,097	70,97345	5,3466	65,3466	0,08911	9%
22	8184,4	12	113,097	72,36547	5,8956	65,8956	0,09826	10%
23	8286,9	12	113,097	73,27189	6,2604	66,2604	0,10434	10%
24	8404,4	12	113,097	74,31098	6,5094	66,5094	0,10849	11%
25	8279,9	12	113,097	73,20982	6,8256	66,8256	0,11376	11%
26	8135	12	113,097	71,92877	7,1736	67,1736	0,11956	12%
27	8213,5	12	113,097	72,62352	7,5822	67,5822	0,12637	13%
28	7963,1	12	113,097	70,40921	7,7076	67,7076	0,12846	13%
29	8087,4	12	113,097	71,50812	7,9056	67,9056	0,13176	13%
30	8028,8	12	113,097	70,99018	8,1456	68,1456	0,13576	14%
31	7861,5	12	113,097	69,51082	8,2554	68,2554	0,13759	14%
32	7553,8	12	113,097	66,79018	8,526	68,526	0,1421	14%
33	7351,5	12	113,097	65,00182	8,6286	68,6286	0,14381	14%
34	7079,7	12	113,097	62,59821	8,8026	68,8026	0,14671	15%
35	6920,5	12	113,097	61,19082	8,9196	68,9196	0,14866	15%
36	6641	12	113,097	58,71938	9,1242	69,1242	0,15207	15%
37	71,862	12	113,097	-0,6354	9,3642	69,3642	0,15607	16%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE MAQUINARÍA.

DIAGRAMA # 4



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	69,3642	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	54,10608	mm ²
Deformación unitaria final	0,15607	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	58,71938	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	122,74046	Kg/mm ²
Extracción	52,15972	%
Elongación	15,607	%
Resistencia a la Tracción	74,31098	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	66,47197	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

PRUEBA # 5

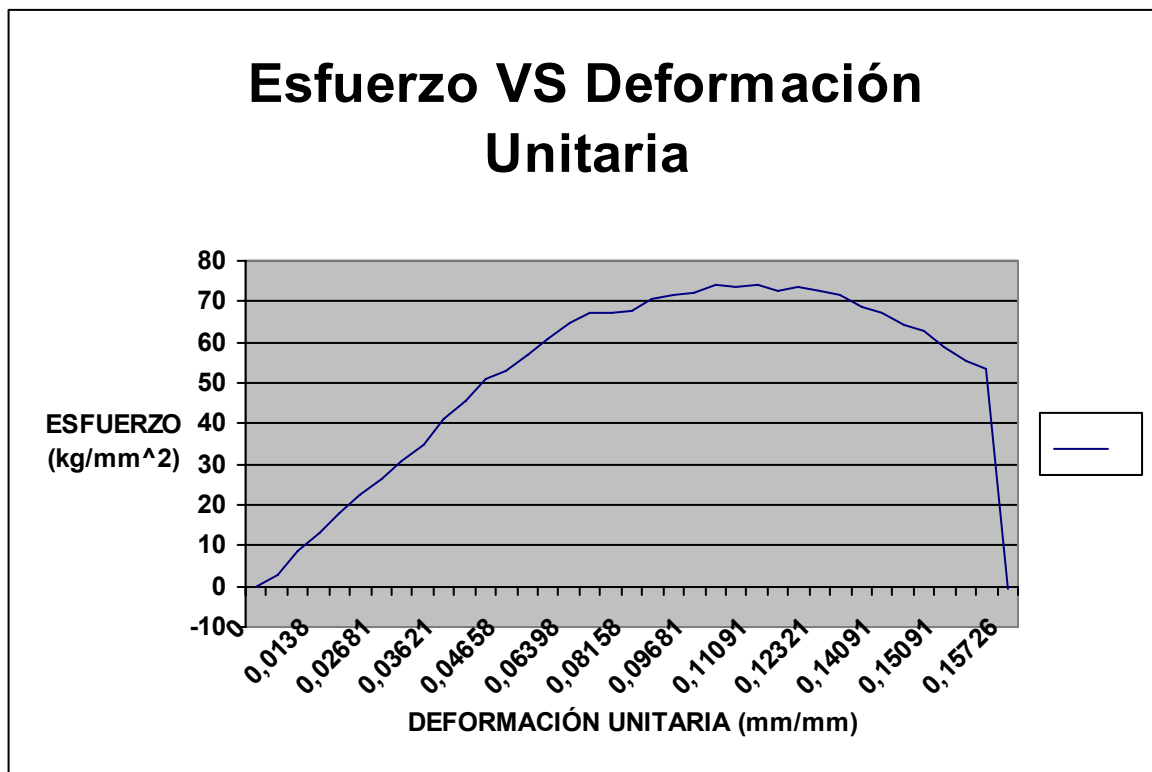
ACERO DE MAQUINARÍA.

#	CARGA (Kg)	DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ÁREA DE PROBETA (mm ²)	ESFUERZO INGENIERIL (Kg/mm ²)	LECTURA CARATULAR (mm)	LONGITUD CALIBRADA (mm)	DEFORMACIÓN (mm/mm)	DEFORMACIÓN PORCENTUAL (%)
	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_i)}{2,205}$	DP	$F_t = P_t \times \frac{(A_c - A_i)}{2,205}$	$\sigma = \frac{F_t}{A_{pc}}$	Lc	$L_f = L_c + L_o$	$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o}$	$\delta = \epsilon \times 100\%$
1	0	12	113,097	0	0	60	0	0%
2	337,79	12	113,097	2,98671	0,3216	60,3216	0,00536	1%
3	992,258	12	113,097	8,77347	0,588	60,588	0,0098	1%
4	1491,01	12	113,097	13,1834	0,828	60,828	0,0138	1%
5	2037,9	12	113,097	18,01893	1,146	61,146	0,0191	2%
6	2567,17	12	113,097	22,69873	1,368	61,368	0,0228	2%
7	2963,99	12	113,097	26,20734	1,608	61,608	0,0268	3%
8	3488,57	12	113,097	30,84572	1,7586	61,7586	0,02931	3%
9	3946,9	12	113,097	34,89824	1,9542	61,9542	0,03257	3%
10	4672,04	12	113,097	41,30984	2,1726	62,1726	0,03621	4%
11	5159,24	12	113,097	45,61762	2,2926	62,2926	0,03821	4%
12	5741,22	12	113,097	50,76341	2,6112	62,6112	0,04352	4%
13	5985,85	12	113,097	52,92644	2,7948	62,7948	0,04658	5%
14	6428,2	12	113,097	56,83765	3,0108	63,0108	0,05018	5%
15	6888,19	12	113,097	60,90483	3,4434	63,4434	0,05739	6%
16	7301,96	12	113,097	64,56342	3,8388	63,8388	0,06398	6%
17	7576,33	12	113,097	66,98933	4,1856	64,1856	0,06976	7%
18	7610,6	12	113,097	67,29239	4,5234	64,5234	0,07539	8%
19	7671,17	12	113,097	67,82791	4,8948	64,8948	0,08158	8%
20	7977,61	12	113,097	70,53742	5,1816	65,1816	0,08636	9%
21	8115,09	12	113,097	71,75302	5,5038	65,5038	0,09173	9%
22	8184,36	12	113,097	72,36547	5,8086	65,8086	0,09681	10%
23	8380,34	12	113,097	74,09833	6,0384	66,0384	0,10064	10%
24	8342,46	12	113,097	73,76344	6,3546	66,3546	0,10591	11%
25	8358,05	12	113,097	73,90129	6,6546	66,6546	0,11091	11%
26	8188,47	12	113,097	72,40187	6,8784	66,8784	0,11464	11%
27	8322,94	12	113,097	73,59082	7,0626	67,0626	0,11771	12%
28	8222,52	12	113,097	72,70292	7,3926	67,3926	0,12321	12%
29	8095,33	12	113,097	71,57833	8,004	68,004	0,1334	13%
30	7792,25	12	113,097	68,89847	8,1846	68,1846	0,13641	14%
31	7622,63	12	113,097	67,39873	8,4546	68,4546	0,14091	14%
32	7269,07	12	113,097	64,27254	8,6466	68,6466	0,14411	14%
33	7123,71	12	113,097	62,98732	8,9466	68,9466	0,14911	15%
34	6657,53	12	113,097	58,86543	9,0546	69,0546	0,15091	15%
35	6239,88	12	113,097	55,17254	9,1626	69,1626	0,15271	15%
36	6041,6	12	113,097	53,41938	9,3156	69,3156	0,15526	16%
37	-71,862	12	113,097	-0,6354	9,4356	69,4356	0,15726	16%

Fuente: Cuadro de resultados del Ensayo de Tracción; Autores

DIAGRAMA DE ACERO DE MAQUINARÍA.

DIAGRAMA # 5



DATOS FINALES DEL REPORTE	VALORES	UNIDADES
Longitud final	69,4356	mm
Área Inicial	113,09734	mm ²
Área final	55,41769	mm ²
Deformación unitaria final	0,15726	mm/mm
Esfuerzo de Rotura Aparente	53,41938	Kg/mm ²
Esfuerzo de Rotura Real	109,01915	Kg/mm ²
Extracción	51	%
Elongación	15,726	%
Resistencia a la Tracción	74,09833	Kg/mm ²
Modulo de Elasticidad	67,29239	Kg/mm ²
Esfuerzo de Fluencia	67,82791	Kg/mm ²

Fuente: Cuadro de datos Finales del Ensayo de Tracción; Autores

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPARATIVO DEL ACERO DE MAQUINARÍA

El análisis estadístico se lo realizara basado en las resistencias de rotura real de las pruebas; por medio de la media y la desviación estándar, con la cual se determina la variación o error de la muestra del material. La misma que permitirá evaluar los datos tomados con los sensores implementados contra los datos tomados manualmente y con los respectivos datos de los fabricantes.

ACERO DE MAQUINARÍA		
PRUEBA #	ESFUERZO DE ROTURA REAL σ_{rr} (Kg / mm²)	
	X	X²
1	104,85701	10994,9925
2	115,54179	13349,9052
3	107,25919	11504,5338
4	122,74046	15065,2205
5	109,01915	11885,1751
Σ	559,4176	62799,8272

Fuente: Cuadro de análisis estadístico de
Esfuerzo de rotura real; Autores

El promedio de estos valores (x) es:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^5 x_i = \frac{1}{5} (559,4176 \text{Kg} / \text{mm}^2)$$

$$\bar{x} = 111,8835 \text{Kg} / \text{mm}^2$$

Y la desviación estándar viene dada por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N-1}} = \sqrt{\frac{62799,8272 - \frac{(559,4176)^2}{5}}{5-1}}$$

$$s = 7,2494 \text{Kg} / \text{mm}^2$$

De esto se deduce que:

$$orr = 111,8835 \text{ Kg/mm}^2 \pm 7,2494$$

Por lo tanto el error del ensayo con este material es:

$$U = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{7,2494 \text{ Kg/mm}^2}{111,8835 \text{ Kg/mm}^2} \times 100\%$$

$$U = 6,4\%$$

Entonces la confiabilidad del ensayo con este material es del 93,6%.

Las pruebas realizadas al *Acero Bonificado para Maquinaria* arrojaron los siguientes resultados.

# de prueba	Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Esfuerzo de rotura real (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción (%)	Elongación (%)
1	66,30172	104,85701	74,9853	48,63888	15,92011
2	64,39832	115,54179	76,80512	47,4375	16,38805
3	70,98563	107,25919	74,87632	50,41493	16,38805
4	66,47197	122,74046	74,31098	52,15972	15,607
5	67,82791	109,01915	74,09833	51	15,726
PROMEDIO	67,19711	111,88352	75,01521	49,930206	16,005842

Fuente: Cuadro Comparativo de Ensayos de Tracción del Acero de Maquinaria; Autores

Como observación en este ensayo podemos mencionar que el tipo de fractura es del tipo Estrella.

Según los Catálogos IVAN BOHMAN, para este material tenemos los siguientes valores teóricos:

ACERO DE MAQUINARÍA			
Esfuerzo de fluencia (Kg / mm ²)	Resistencia a la tracción (Kg / mm ²)	Estricción mínima (%)	Elongación mínima (%)
70	90	45	12

Fuente: Ivan Bohman C.A., Catálogos de Aceros – Herramientas y Soldaduras Pág.17

Los valores obtenidos en las pruebas de tracción para este, material de igual manera se aproximan a los presentados por los fabricantes.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: Una vez obtenidos los resultados de los diferentes ensayos realizados mediante el Sistema de Adquisición de Datos, se ha observado que la curva de Esfuerzo – Deformación Unitaria presenta pequeñas irregularidades; esto se debe a que el accionamiento de la Máquina de Ensayos a la Tracción es por medio de una bomba de pistón manual, debido a que el flujo de aceite no es constante. Por este motivo la curva obtenida no es completamente regular.

CONCLUSIONES

- Como conclusión tenemos que el Sistema de Adquisición de Datos elaborado en base a las PCs es muy necesario en el área de la investigación, ya que nos ayuda a mostrar una solución más rápida y versátil de los datos requeridos, además su operación es fácil y la complejidad de su diseño y construcción es mínima.
- Se ha cumplido a cabalidad el objetivo principal de nuestra investigación ya que el sistema de adquisición de datos implementado funciona a satisfacción, aportando de esta manera a la superación académica de una forma práctica y sencilla a los estudiantes de nuestra carrera y a la comunidad en general.
- Por medio del software realizado se logro obtener los resultados deseados, los mismos que son de alta confiabilidad, rendimiento y precisión, el procesamiento de los datos es instantáneo y el almacenamiento es de gran capacidad, además se puede acceder a la información de una forma rápida.
- La grafica obtenida gracias al computador y el programa realizado muestra una mejor definición de la curva de esfuerzo vs deformación unitaria, dándonos una idea mas clara del comportamiento del material.
- La carrera de Ingeniería Electromecánica ahora cuenta con un equipo de laboratorio, el cual le ayudará a profundizar sus conocimientos y comprobar teorías; además podrá tener contacto con las nuevas tecnologías con las que cuenta la industria de hoy, y puedan darse cuenta de las grandes ventajas que se puede obtener con la automatización de los equipos.
- Gracias a los adelantos tecnológicos de la instrumentación virtual se ha permitido manipular en una forma coordinada e integral la operación de los dos sensores de campo, demostrando así que se puede incorporar una nueva tecnología a la experiencia de laboratorio.
- Los resultados obtenidos tienen un porcentaje de error del 5 % aproximadamente debido al accionamiento de la maquina que se lo realiza manualmente, es por

esta razón que el flujo del aceite no es constante y los resultados no son completamente exactos.

- La maquina de Ensayos de Tracción tiene una diversidad de aplicaciones que se pueden realizar en ella, para lo cual es necesario adecuarla para el trabajo que se requiera realizar, es decir diseñar mordazas.

RECOMENDACIONES

- Calibrar la celda de carga por lo menos una vez al año, para lo cual se debería adquirir un anillo de carga para que las mediciones tomadas por este transductor sigan siendo confiables.
- Designar un laboratorio especial para todas las máquinas que cuenten con algún tipo de sensor ya que el ruido excesivo puede distorsionar los resultados.
- Revisar las mangueras de alta presión del circuito hidráulico para que no existan fugas que distorsionen los resultados finales.
- No quitar la cubierta sellada de los extensómetros ni manipular dicha cubierta ya que pueden sufrir daños irreparables.
- Automatizar en un futuro la máquina de ensayos a la Tracción, elaborar otras mordazas para realizar ensayos a compresión, y de esta manera se aproveche completamente el equipo implementado.

BIBLIOGRAFÍA

- a) DAVIS H., TROXELL G. y WISKOCIL C., Ensayo e Inspección de los Materiales en Ingeniería. Ed. McGraw-Hill, México D.F./ México 1975.
- b) HELFGOT Aarón, Ensayo de los Materiales. Ed. Kapelusz, Buenos Aires /Argentina 1979.
- c) SHIGLEY Joseph E. y MISCHKE Charles R., Diseño en Ingeniería Mecánica.
- d) ALDAS Ortega Ana Maritza, Diseño, Construcción y calibración de una Celda de Carga (Tipo Viga en Voladizo) para una Máquina Universal de Ensayos de Materiales con Adquisición de Datos por computadora.
- e) BOLOÑA López Carlos Luís, Instrumentación y prueba de los componentes Estructurales de una prensa hidráulica de 80 Tons. Construida en la ESPOL
- f) BONIFAZ Celia, Desarrollo de un Sistema de Adquisición de Datos Para la Máquina Universal de Ensayos del laboratorio de sólidos de la FIMCP. Tesis de Ingeniería Mecánica, ESPOL, Guayaquil/Ecuador, (2002)
- g) MANUEL, A., y otros. Instrumentos Virtuales, Adquisición, Procesados y análisis de señales, Alfaomega editor, España, 2002.
- h) PÉREZ, M., y otros. Instrumentación Electrónica, Thomson Editores Spain, España, 2004
- i) [24] NATIONAL INSTRUMENTS. Manual LabVIEW básico I, Octubre 2000
- j) NATIONAL INSTRUMENTS. Manual LabVIEW básico II, Septiembre 2000.
- k) <http://www.ni.com>
- l) <http://www.omega.com>
- m) <http://www.micro-measurements.com>
- n) <http://www.vishaymg.com>

ANEXOS

IMAGEN 1.

SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

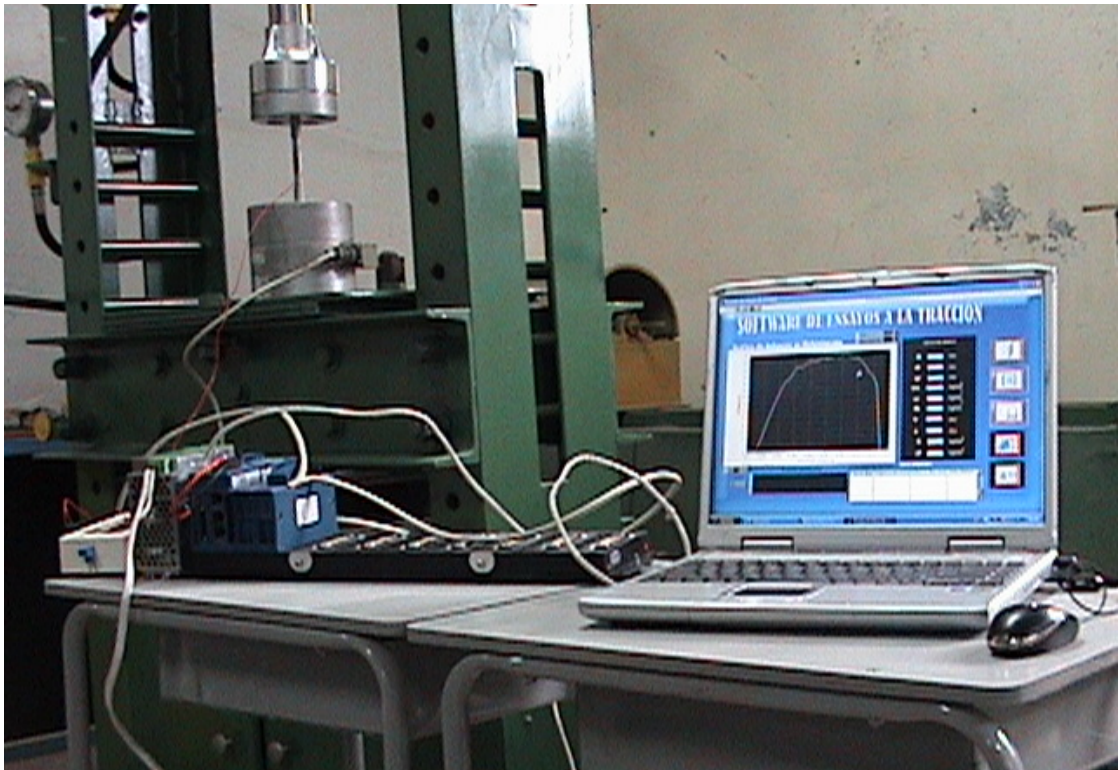


IMAGEN 2.**CELDA DE CARGA MARCA OMEGA 30000 Lb**

IMAGEN 3.**EXTENSOMETRO CARGA MARCA OMEGA
DEFORMACION DE 3 cm**

IMAGEN 4.

**CICUITO ELECTRONICO DEL
PUENTE DE WHEATSTONE**



IMAGEN 5.

**CAJA DE CONEXIÓN CICUITO ELECTRONICO
DEL PUENTE DE WHEATSTONE**

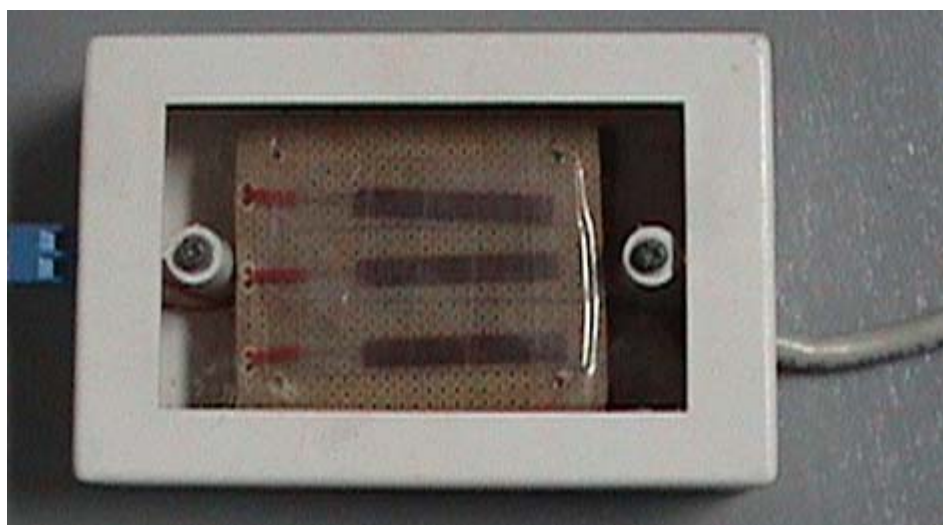


IMAGEN 6.
COMPACT FIELDPOINT 2020



IMAGEN 7.
cFP-SG-140

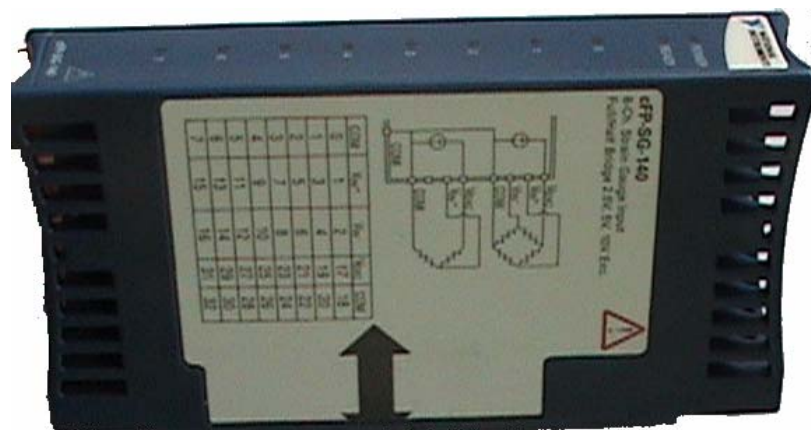


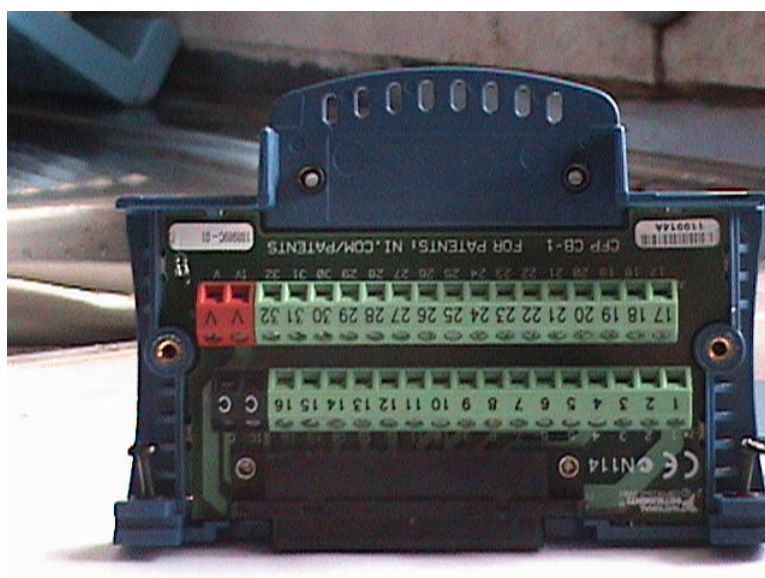
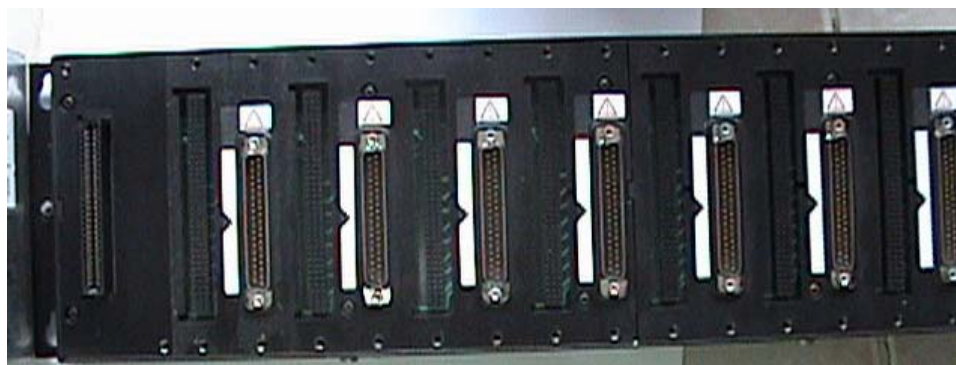
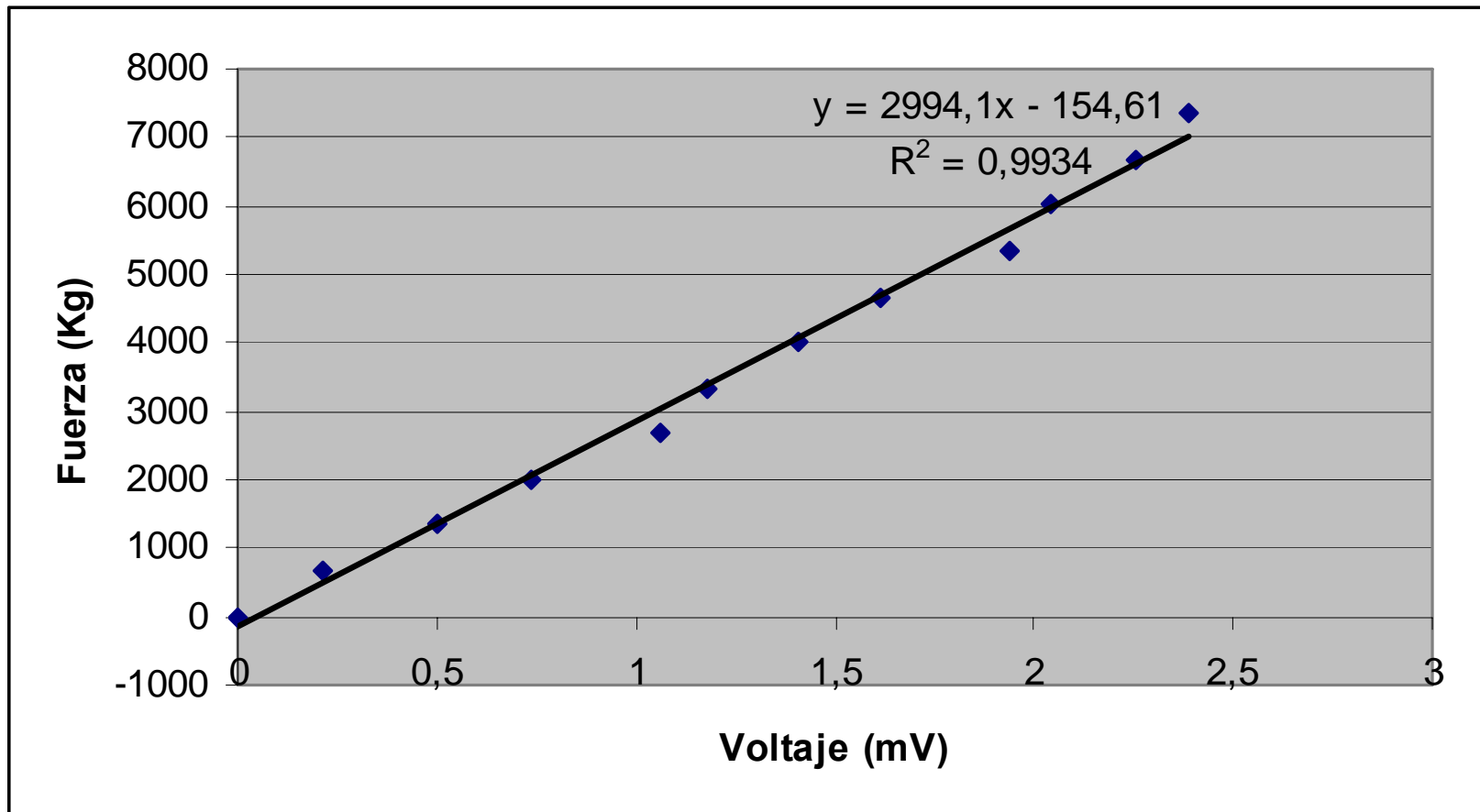
IMAGEN 8.**cFP-CB-x****IMAGEN 9.****PARTE INTERNA cFP-CB-x**

IMAGEN 9.
cFP-BP-4 Backplane



CURVA DE CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE CARGA MARCA OMEGA



CURVA DE CALIBRACIÓN DEL EXTENSOMETRO MARCA OMEGA

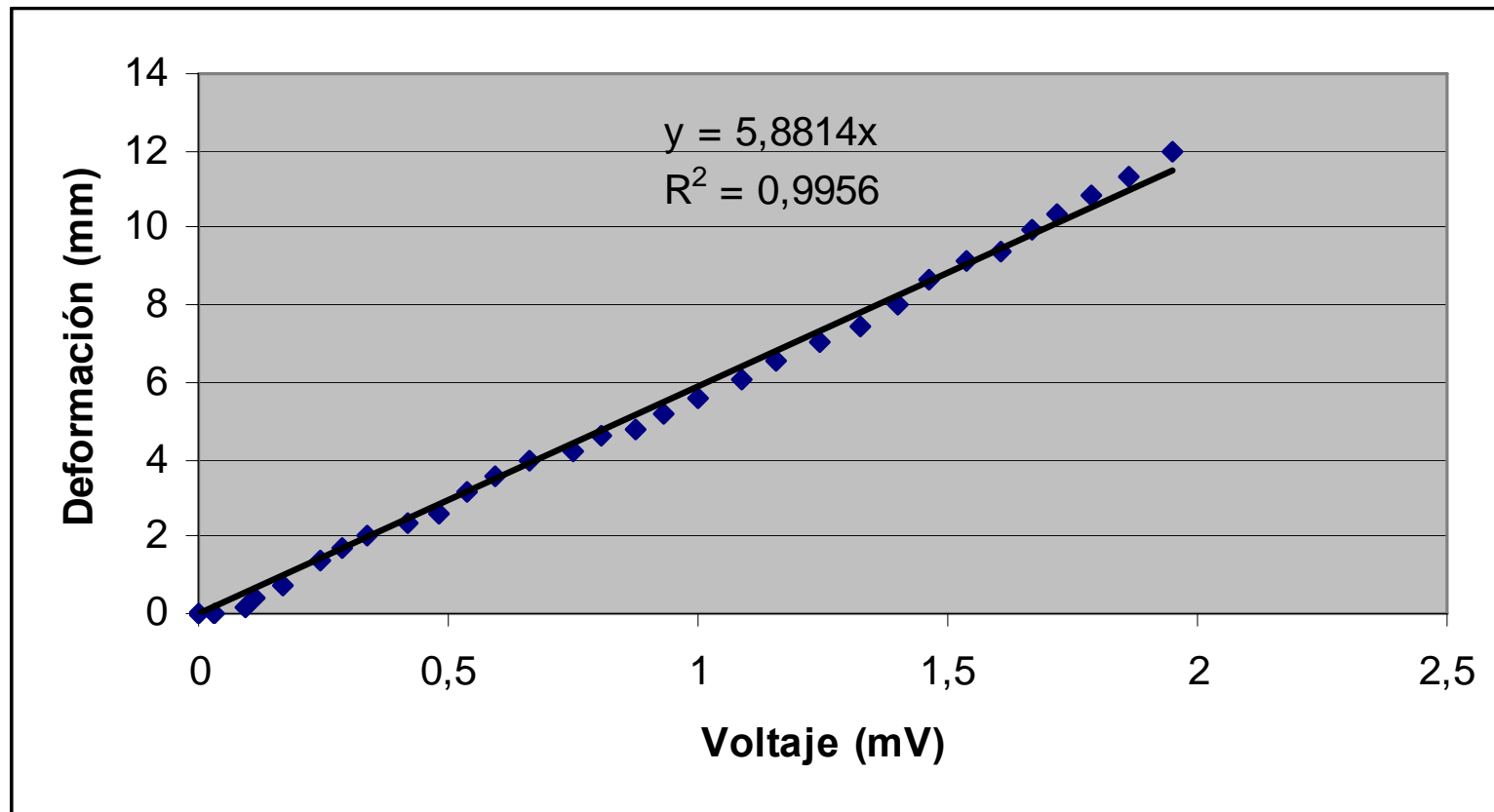
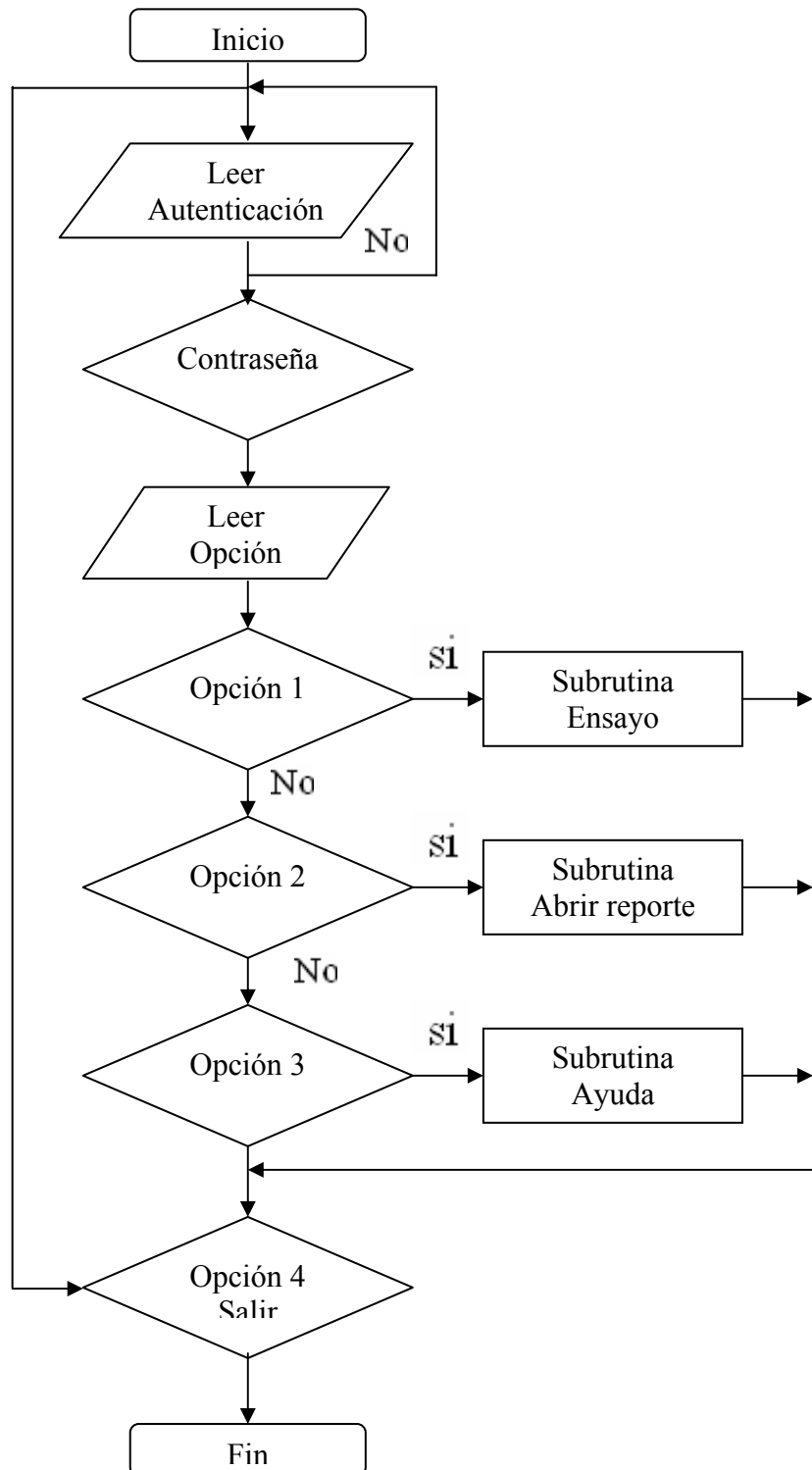
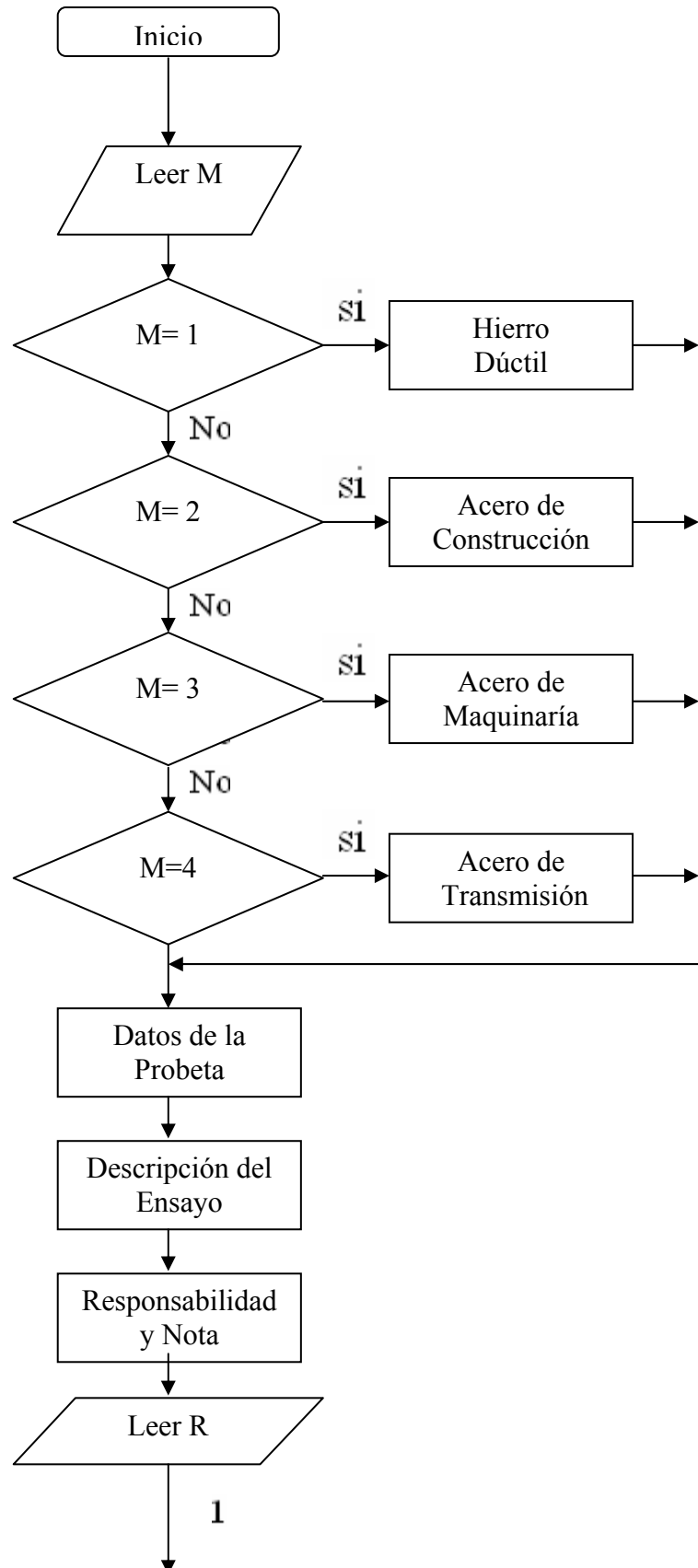
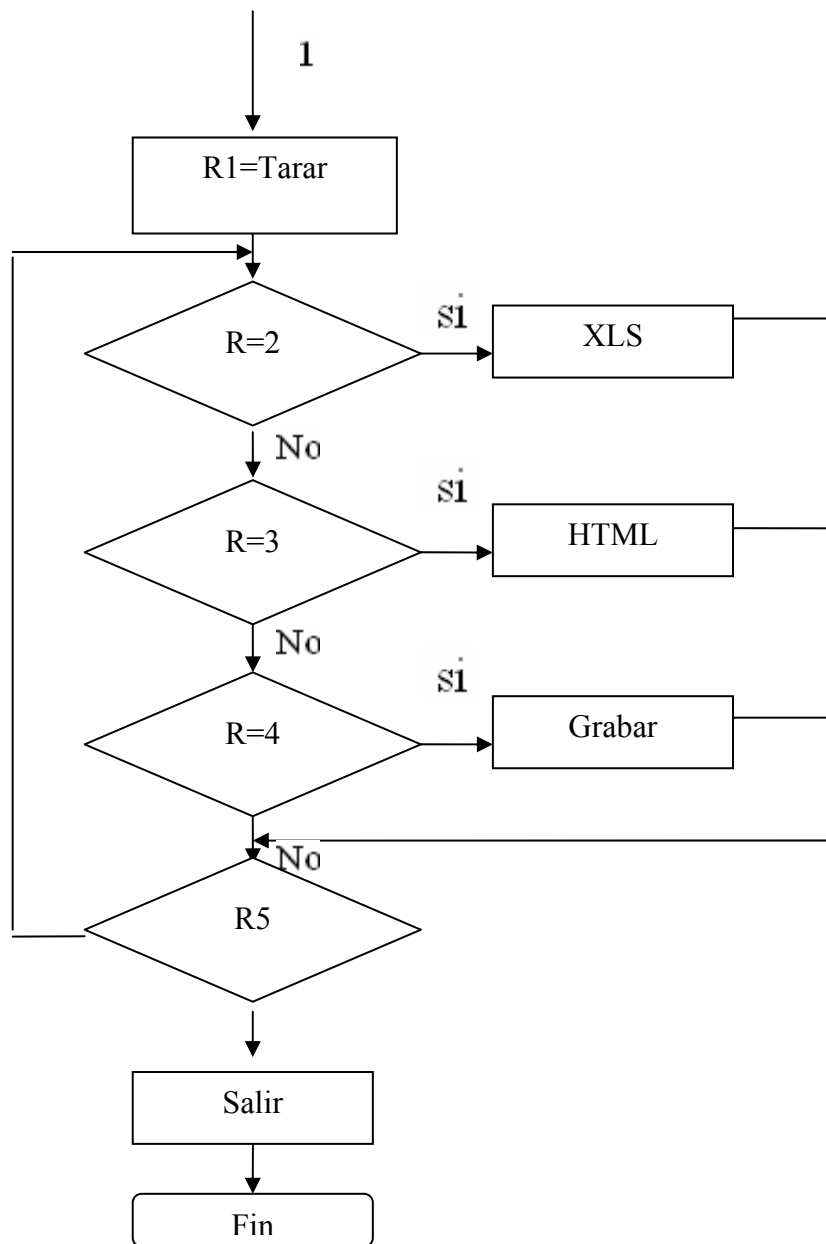


DIAGRAMA DE FLUJO DEL MENÚ PRINCIPAL

RUTINA DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA





RUTINA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

