

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UNA MAQUINA DE ENSAYOS DE COMPRESION-TRACCION VERTICAL

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.: Marín G., Wilfredo J.

Pulido C., Roberto R.

Para optar al título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2007.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UNA MAQUINA DE ENSAYOS DE COMPRESION-TRACCION VERTICAL

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ramón A. Caballero

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs.: Marín G., Wilfredo J.
Pulido C., Roberto R.
Para optar al título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2007.


ACTA

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres **WILFREDO MARIN** y **ROBERTO PULIDO**, y que lleva por título:

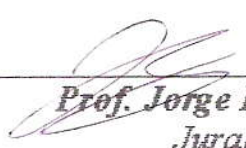
“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN-TRACCIÓN VERTICAL”

Consideran que el referido Trabajo, cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingenieros Mecánicos.


Acta que se firma en conformidad, en la Ciudad de Caracas, a los nueve días del mes de julio del año dos mil siete.



Prof. Pedro Lecue
Jurado



Prof. Jorge Rodríguez
Jurado



Prof. Ramón A. Caballero
Tutor-Coordinador



DEDICATORIA

A mi Madre

Wilfredo Marin

A su Gloria...y a mi Madre

Roberto Pulido

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberlos creado a todos uds.

A mi madre, por estar allí de manera incondicional, por trabajar a dedicación exclusiva, por amarme, por defenderme, por cuidarme etc... Eres lo mas grande del mundo.

A mi tío, por influir en la gran mayoría de los aspectos de mi vida. Por abrir mis ojos y permitirme ver lo que la vida nos pone en frente. Por demostrarme que la distancia es una condición mental, y esta sujeta a nuestros cambios de actitud.

A Ramón, por estar siempre a nuestro lado, apoyándonos de manera consistente, por demostrarme la importancia de los detalles.

A mi primo Héctor por haber compartido las vivencias, por darme apoyo y levantar mis ánimos, por demostrarme que la hermandad es lo que nos hace mas fuertes.

A toda mi familia por mantener y transmitir los valores que los hacen ser excelentes ciudadanos.

A la reina de mi corazón, por estar a mi lado en momentos realmente difíciles, y darme todo su apoyo, por ayudarme a sacar lo mejor de mi.

A mis amigos, hermanos, compinches de la vida, JAAM, Berny, el big-Salo, Gero, Rodrigo, Priscila, Anita, Rolando, Carlos, Emma, Luis, Mónica, Rick, Yugo, Ramon, Picky, Oscar, Pablo, Juan Carlos, Arianne, Goyo, Pepito, Daniel, Manuel, Sofi, CAP, Nei, Joanna, Sujin, Li-C, La GENTE de la piscina etc...

A mis profesores, Baduy, D'Andrea, Carmen, Barbone, Barragán, Ingrid, Garcia, Liver, Cerroliso, etc...

A mi hermano Rob, ahora tenemos nuestro numero broth...

Ustedes me hacen ser lo que soy...

Wilfredo

A mi familia, mi mamá y mis hermanas, por apoyarme en todos mis proyectos y confiar en mi capacidad para llevarlos todos a feliz término.

A mi Padre, se que en todo momento esta a mi lado velando por mi bienestar.

A Salvador, sus interminables y reconfortantes charlas me permitieron despejar la mente mientras el proyecto se llevaba a cabo.

A Angélica, por darme ánimo y apoyarme cuando mas falta hacía.

A Gabriela, por su gran disposición.

A todos mis Queridos Hermanos, han sido fuente de luz para mi, nuestra unidad ha sido poderosa.

A toda mi gente de Mecánica, compañeros y profesores, son lo máximo; esta escuela ha sido mi segundo hogar.

Al Prof. Barbone, por ponernos en el camino correcto comenzando el proyecto, sin su ayuda, la historia sería otra.

A los profesores Pedro Lecue y Jorge Rodríguez, sus sugerencias fueron bien recibidas y representaron un gran aporte al cuerpo del trabajo.

Al Dr. Luis Amorer y Josua Peña, con su colaboración nos ahorraron millones.

A Dayerlyn Balza, Igor Alvarado, Luis Barbosa y toda la gente de National Instruments, se que no hemos sido unos clientes fáciles, pero si somos los mas satisfechos.

A los profesores Armando Caballero y Andoni Ichaso, quienes junto con la gente de Metalurgia nos han abierto todas sus puertas, haciendo de esa escuela una tercera casa para nosotros.

A mi pana Will, mi hermano, gracias por permitirme formar un equipo de lujo.

Roberto Pulido

Marín G., Wilfredo J. Pulido C., Roberto R.

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UNA MAQUINA DE ENSAYOS DE COMPRESION-TRACCION VERTICAL

Tutor Académico: Prof. Armando Caballero. Trabajo de Grado. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Ingeniero Mecánico. 2007. 77 h.

Automatización, Adquisición de Datos, Digitalización, Acondicionamiento de Señales

Se propone la recuperación de una máquina de ensayos de compresión y tracción vertical de 2500 kg., perteneciente al Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la U.C.V., mediante la implementación de un Sistema de Adquisición de Datos. Para ello se efectuó un estudio de las diferentes posibilidades en cuanto a acondicionamiento de señales, tarjetas de adquisición de datos y los requisitos computacionales.

Se acondicionó la señal de salida de la celda de carga y luego se digitalizó, haciéndose posible la visualización de los ensayos en la pantalla de un computador personal como una función del tiempo, todo esto en tiempo real. Los datos obtenidos durante los ensayos son almacenados en un archivo para su posterior tratamiento y trazar así las gráficas de Esfuerzo (δ) vs. Deformación (ϵ) del material. De esta manera se logró recuperar una máquina de gran relevancia para el desarrollo y la formación de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y se hizo un aporte dentro de la administración de los recursos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II.....	7
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EXISTENTE	7
Partes Del Equipo:.....	8
I. Sistema De Medición De Carga:	8
II. Sistema De Control Del Cabezal:.....	8
Teoría De Operación.....	9
Sistema De Medición De Carga.....	9
Sistema De Control Del Cabezal.....	10
Operaciones Básicas De La Celda De Carga:	12
Estabilidad De La Celda De Carga:	14
Amplificador De La Celda De Carga:.....	15
CAPITULO III	17
Sistemas de Control.....	17
Sistemas De Control:	19
Respuesta Típica De Un Sistema De Control:	19
Modelado De Un Sistema De Regulación Automática:.....	20
Sistemas De Control Abierto	21
Sistemas De Control Cerrado.....	21

CAPITULO IV	22
Sistema de Adquisición de Datos.....	22
Transductores	23
Señales.....	24
Señales Analógicas:	24
Nivel:.....	25
Forma:	25
Frecuencia:	26
Señales Digitales:	26
Estado:.....	27
Tasa:	27
Acondicionamiento De Señales	27
Hardware Para Sistemas De Adquisición De Datos	29
Software para Sistemas de Adquisición de Datos.....	29
Importancia Del Análisis De Datos:	29
Muestreo De La Data	30
Consideraciones	31
Alias Por Un Mal Muestreo	31
Necesidad De Filtros Anti-Alias	33
CAPITULO V	34
Ensayos Mecánicos	34
Propiedades Mecánicas de los materiales	34
Comportamiento de los Materiales en Compresión.....	37
Ley de Hooke.....	38
Relación de Poisson.....	39
Ley de Hooke generalizada.....	40

Calibración de la Máquina (según ASTM E74-02)	40
CAPITULO VI	43
Soluciones Propuestas	43
Acondicionadores de Señales Para Puentes de Wheatstone	45
- Maxim MAX1452	45
- National Instruments SCC-SG24.....	46
- Kinetic Systems V246	47
Selección del Acondicionador para el Puente de Wheatstone	48
Bloques Terminales para Expansión de Módulos SCC	49
- NI SCC-68	49
- NI SCC-2350	50
Selección del Bloque Terminal	51
Dispositivos de Adquisición de Datos	51
- NI PCI-6023 Serie E.....	51
- NI PCI-6220 Serie M.....	52
- NI PCI-6221 Serie M.....	53
Selección del Dispositivo de Adquisición de Datos	53
Ambiente de Instrumentación Virtual.....	54
Selección del Computador Personal	55
NI-DAQmx	56
Código Generado	57
Metodología de Calibración.....	62
CAPITULO VII	63
Análisis de Resultados	63
Prueba Preliminar.....	63

Primera Calibración	63
Calibración Final.....	64
Ensayos Efectuados.....	66
CAPITULO VIII	71
Conclusiones y Recomendaciones.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.	Ajustes Eléctricos.....	11
Tabla 2.	Medidas De Prueba	11
Tabla 3.	Valores de Resistencias para el puente de Wheatstone.....	14
Tabla 4.	Tipos de Transductores	24
Tabla 5.	Datos Primera Calibración	64
Tabla 6.	Datos Calibración Final.....	65
Figura 1.	INSTRON 1130	7
Figura 2.	Galgas vinculadas a un elemento en voladizo.....	12
Figura 3.	Puente de Wheatstone	13
Figura 4.	Diagrama de conexión a la celda de carga.....	13
Figura 5.	Esquema de Señales	17
Figura 6.	Ejemplo de Planta 1	18
Figura 7.	Ejemplo de planta 2.....	18
Figura 8.	Sistema de control.....	19
Figura 9.	Variables dentro de un sistema de control	20
Figura 10.	Componentes de un SAD	23
Figura 11.	Principales características de una señal analógica	25
Figura 12.	Principales características de una señal digital	27
Figura 13.	Configuraciones para el acondicionamiento de señales.....	28
Figura 14.	Muestreo de señales	30
Figura 15.	Ejemplo de Muestreo Adecuado e Inadecuado.....	31
Figura 16.	Diagrama Esfuerzo-Deformación	35
Figura 17.	Materiales frágiles y dúctiles.	38
Figura 18.	esquema de deformación.....	39
Figura 19.	Diagrama Funcional MAX1452.....	45
Figura 20.	Diagrama de bloques SCC-SG24.....	46

Figura 21.	Diagrama V246 Kinetic Systems	47
Figura 22.	Diagrama del SCC-68	49
Figura 23.	Diagrama del SCC-2350	50
Figura 24.	NI PCI-622x Serie M	52
Figura 25.	Generación de la escala.....	57
Figura 26.	Selección del canal físico	58
Figura 27.	Estructura case para los parámetros del filtro	58
Figura 28.	Temporizador y tipo de muestreo	59
Figura 29.	Estructura case para establecimiento del cero automático.....	59
Figura 30.	Comienzo de la adquisición de datos	60
Figura 31.	Estructura while para generación de datos.....	60
Figura 32.	Limpieza de la tarea efectuada.....	61
Figura 33.	Ventana de error y escritura de datos.....	61
Figura 34.	Carga vs. Tiempo - Alambre I.....	67
Figura 35.	Carga vs. Tiempo - Alambre II	68
Figura 36.	Carga vs. Tiempo – Alambre III	69

ACRÓNIMOS

PC: Computador Personal

SCR: Rectificadores controlados de silicio

Vdc: Voltaje, corriente directa

Vac: Voltaje corriente alterna

SAD: Sistema de adquisición de datos, conocido como DAQ, por sus siglas en inglés

TTL: Lógica de transistor a transistor

A/D: Conversor analógico a digital

ASTM: American Standard Testing Methods

NI: National Instruments

TEDS: Hoja de información para transductores eléctricos, por sus siglas en inglés

S/s: Cantidad de muestras por segundo tomadas

VI: instrumento virtual

RW: Constante de proporcionalidad RobWill [kg / mV]

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los ensayos mecánicos de materiales nos permiten conocer sus características y propiedades; lo cual es de gran importancia al momento de seleccionar aquellos que se adapten de mejor manera a las exigencias del problema o situación que pueda presentarse.

La Dirección del Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, consciente de que durante la formación de ingenieros no se debe descuidar la aplicación real de los conocimientos teóricos, de forma tal que toda la información adquirida durante la carrera pueda reforzarse, inicia la recuperación de su capacidad evaluativa al proponer la reactivación de la maquina de Ensayos Mecánicos a Tracción y Compresión Instron, modelo 1130.

Esta recuperación implica adaptar los mecanismos de respuesta de la maquina a las nuevas capacidades y tecnologías disponibles, de manera que se pueda obtener el máximo provecho de todos la información y acelerar su procesamiento lo que incrementa la eficiencia y productividad del sistema

Con esto, se espera generar un aporte documental enfocado a la recuperación y actualización de otros equipos y maquinas, recopilando información bibliográfica durante el desarrollo del tema y estableciendo parámetros a seguir al momento de poner en marcha cualquier proyecto de la misma índole.

En el año 1987 el gobierno japonés donó al Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) un equipo de refracción sísmica, el cual presentaba problemas técnicos, particularmente en la unidad de adquisición de datos. Ante tal situación, el Laboratorio Geotécnico del CISMID decidió reemplazar la unidad de adquisición de datos, en base a la

tecnología disponible, consistente en una computadora portátil y el desarrollo del software de adquisición de datos. Esta alternativa, en términos económicos, ha representado un ahorro mayor al 50% en costos respecto a la adquisición de un nuevo equipo.

El concepto de instrumentación virtual nace a partir del uso de un computador Personal (**PC**) como instrumento de medición de variables físicas (temperatura, presión, caudal), representadas por señales analógicas de corriente eléctrica o voltaje. Este concepto va más allá de la simple medición de corriente o voltaje, pues también involucra el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales específicas. El instrumento virtual utilizado para la adquisición de la señal, comprende también la interfaz hombre-máquina, las funciones de análisis y procesamiento de señales, las rutinas de almacenamiento de datos y la comunicación con otros equipos.

El término virtual surge de la funcionalidad y apariencia que, por software, el usuario puede definir para la PC utilizada como instrumento, creando una flexibilidad que no depende del fabricante como en el caso de los instrumentos tradicionales.

El instrumento virtual queda definido entonces como el conjunto de software y hardware que agregado a una PC permite a los usuarios interactuar con la computadora como si se estuviera utilizando un instrumento electrónico hecho a medida (Alvarado, 1997).

El software es la esencia del sistema de instrumentación virtual como el hardware lo es para un instrumento tradicional, ya que es el que le confiere la flexibilidad necesaria para variadas aplicaciones y modos de operación (termómetros, control de funcionamiento de motores, análisis de señales biomédicas), seleccionables por programa. El instrumento virtual se completa con una tarjeta apropiada para la

captura, conversión y acondicionamiento de las señales eléctricas representativas de las variables físicas a estudiar.

El objetivo del presente trabajo es mostrar las facilidades proporcionadas por una herramienta de instrumentación virtual para el procesamiento y análisis de señales.

El actual desarrollo de la ingeniería demanda un alto desempeño en los materiales utilizados, de manera tal que los mismos deben soportar cada vez condiciones más exigentes durante la prestación del servicio. Por este motivo es necesario conocer las propiedades y características de los materiales con exactitud y precisión.

Para conocer las propiedades de los materiales se han utilizado a través del tiempo diversos métodos, directos o indirectos, cada uno de ellos adaptado a la naturaleza de la propiedad que se desee conocer.

Entre las propiedades mas importantes a ser evaluadas, encontramos la resistencia a los esfuerzos a los que se encuentra sometido un material, sea a tracción o a compresión y las deformaciones que el mismo pueda sufrir como consecuencia de estos. Ninguna de estas propiedades puede ser conocida de forma directa, sino a través de métodos indirectos una vez conocidos otros factores, como la carga a la que se ve sometido el material, el desplazamiento del mismo y sus dimensiones.

Con el objeto de obtener estas propiedades, se desarrollaron máquinas de ensayos de tracción y compresión cuyos mecanismos permiten visualizar de forma grafica la relación existente entre la carga aplicada y el desplazamiento del material, para el posterior procesamiento de los resultados obtenidos.

En el Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la U.C.V. se encuentran tres máquinas de ensayos de tracción-compresión, de las cuales solo una esta completamente operativa y su rango

operacional no es suficiente para todos los estudios requeridos. Por este motivo, se hace necesario reactivar y actualizar la maquina Instron, modelo 1130, cuyo rango permite la evaluación del comportamiento de probetas cuya resistencia a los esfuerzos sea relativamente baja, logrando de esta manera una mayor capacidad de evaluación y un incremento en la fidelidad de los resultados obtenidos.

El objetivo general del Trabajo Especial que se propone es la implementación de un sistema digital de adquisición de datos para la maquina de ensayos de compresión-tracción vertical Instron, modelo 1130, ubicada en el Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.

El propósito anterior se logró con la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una investigación exhaustiva acerca de este tipo de adaptaciones en aplicaciones en el campo ingenieril.
- Estudio de factibilidad de las diferentes posibilidades de sistema de adquisición de datos.
- Estudio del sistema de adquisición de datos.
- Determinación de los requisitos computacionales.
- Programación de sistemas de adquisición de datos.
- Acondicionamiento de la señal.
- Ensayos de tracción y ensayos de compresión contra probetas calibradas o de propiedades conocidas

El trabajo propuesto pretende cubrir lo relacionado con el entorno comunicacional de la maquina de ensayos mecánicos y el operador, proporcionando de esta manera un mejor desempeño y una mayor confiabilidad en los datos arrojados por esta.

Los alcances se enfocan en la implementación de una herramienta de software, siguiendo principios de diseño de ingeniería de software con las siguientes metas:

- Adquirir datos analógicos y digitalizarlos en un formato para ser usado por el controlador.
- Desplegar gráficamente y en tiempo real la variable de salida del proceso
- Almacenar en disco una secuencia finita de datos de tiempo, velocidad de máquina y voltaje/corriente de salida del instrumento de medición (celda de carga), por ejemplo, los últimos 100 valores, junto con los parámetros del controlador, para poder ser recuperados en Matlab o Excel u otro software que permita la visualización del ensayo.
- Modelo abierto de desarrollo.
- Generación de documentación para el manejo y desarrollo del software.
- Generación de interfaces gráficas para mayor versatilidad en el análisis del ensayo.
- Uso de tecnología de bajo costo y disponible en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
- Hacer un aporte útil y altamente aplicable para el departamento de ensayos mecánicos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.

Algunas limitaciones de sistemas similares se han descrito anteriormente. En general, de los sistemas existentes pocos ofrecen un diseño abierto de software que permita su revisión y afianzamiento. La mayoría de los modelos comerciales del mercado son cerrados y tienen pocas opciones de inter conectividad con sistemas de adquisición y procesamiento diferentes a los ofrecidos por el fabricante o manejo de algunos formatos estándar en el medio. Otros modelos más eficientes son muy costosos, manteniendo su diseño oculto y están ligados a plataformas de software en conjunto con instrucciones escritas en algún lenguaje de programación que son ejecutadas por un procesador y hardware especializado. El sistema propuesto debe

tener en cuenta para su diseño y ejecución, características derivadas del sistema operativo sobre el cual funcionará. Dado el enfoque de sistema crítico, el diseño debe contemplar la recuperación de fallos y excepciones dentro de algunas situaciones, a fin de garantizar el funcionamiento correcto y constante del sistema.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EXISTENTE

En este capítulo se expone, según el manual “*Mechanical and Electrical Maintenance*” de Instron, el funcionamiento y mantenimiento, tanto eléctrico como mecánico, de la Máquina de Ensayos Mecánicos Instron 1130. A continuación mostramos el esquema de la misma

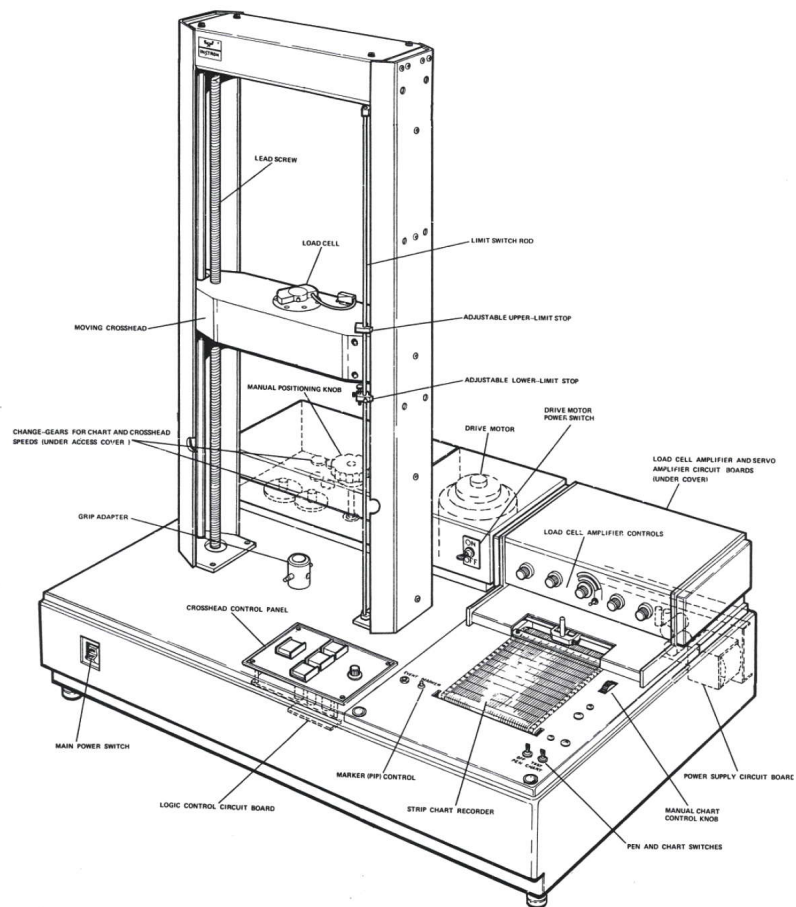


Figura 1. INSTRON 1130

Fuente: Instron Corporation. Model 1130 – Mechanical and Electrical Maintenance

Este modelo ha sido diseñado usando tableros de circuito y componentes de fácil reemplazo para simplificar su mantenimiento.

Partes Del Equipo:

El modelo Instron 1130 consta de los siguientes sistemas básicos:

I. Sistema De Medición De Carga:

- 1) Registrador
 - a. Tarjeta de circuitos del amplificador de servomecanismo
 - b. Motor del servomecanismo
 - c. Potenciómetro
 - d. Embrague de manejo de carta
- 2) Amplificador de la Celda de Carga
 - a. Circuitería del amplificador de la celda de carga
 - b. Controles del panel frontal
- 3) Celda de Carga y Cableado
- 4) Fuente de Poder

II. Sistema De Control Del Cabezal:

- 1) Mandos Lógicos
 - a. Tarjetas de circuitos lógicas y ensamblaje del panel
 - b. Interruptores de botón que controlan el cabezal

- 2) Interruptores de límite
 - a. Límite superior
 - b. Límite inferior
 - c. Interruptor de espera
- 3) Comandos Principales
 - a. Embragues de función: Arriba, abajo, vuelta, freno
 - b. Encendido del motor
- 4) Suministro de Energía

Teoría De Operación

Esta sección describe brevemente las funciones electrónicas de los componentes en los equipos 1130.

Los dos sistemas principales de los instrumentos 1130 son: “el sistema de medición de carga” y el “sistema de control del cabezal”, pueden ser probados el uno independientemente del otro para ayudar en la localización de un funcionamiento defectuoso.

Sistema De Medición De Carga

El amplificador de celda de carga proporciona una onda cuadrada (400Hz, aproximadamente 5V) de salida para excitar la celda de carga del puente de Wheatstone de galgas extensiométricas. La salida del puente de la celda de carga es devuelta a la etapa de entrada del amplificador de celda de carga, por un amplificador a.c., un demodulador y amplificador d.c. La salida del amplificador de la celda de carga es de 0Vdc a 1Vdc y alimenta al amplificador del servomecanismo.

El amplificador del servomotor suma dos entradas, una del potenciómetro (0Vdc a +5Vdc, reducido a 0Vdc a +1Vdc por un divisor del voltaje, dependiente de la posición sobre su brazo deslizante) y la señal de la carga (0Vdc a -1Vdc, dependiendo de la carga en la celda). Si la suma de los voltajes de entrada no es cero, el amplificador de servomotor proporciona 13 Vac +/- 90° de salida al servomotor del lápiz. Esto maneja el motor en la dirección apropiada para hacer la suma del potenciómetro y el cero-voltaje de la señal de carga.

Sistema De Control Del Cabezal

La unidad lógica controla los embragues electro-magnéticos en la caja de cambios. Esta maneja los controles de arriba, abajo, el freno, y embragues de regreso, en conjunción con las señales de comando en la entrada de la unidad lógica. Oprimiendo los botones UP, DOWN, RETURN o STOP, se dispara la unidad lógica, que enciende la lámpara del interruptor y energiza el embrague apropiado. Las señales de comando adicionales vienen del switch de límite-superior (regreso), el switch límite-inferior (el que define la longitud de calibrador), y el de anticipo. Estos switches son accionados por el cabezal móvil. El interruptor del selector de función en el control-panel de la unidad lógica modifica las funciones de comando de switch por medio de sus tres posiciones - regreso, parada y ciclo.

Los embragues se energizan por medio de Rectificadores Silicio-Controlados (*SCR*). Un lado de cada embrague esta conectado a una fuente pulsante (no filtrada) de 26Vdc, y el otro lado de cada embrague esta conectado a un *SCR*. Cuando una señal de bloqueo alimenta a un *SCR*, enciende y proporciona un sendero de regreso a tierra, energizando el embrague. Ya que la línea de 26Vdc no esta filtrada, el *SCR* se apagará cuando la señal de bloqueo sea removida, y el embrague será desenergizado.

Designación de control	Función	Localización	Procedimiento de ajuste
VR7	Frecuencia	Tabla de Circuitería del amplificador de la celda de carga	3,2,3
VR8	Balance de Fase	Tabla de Circuitería del amplificador de la celda de carga	3,2,4
R2	Amplitud PIP	Tabla de Circuitería del servo amplificador	3,3,2
R10	Ganancia del Grabador	Tabla de Circuitería del servo amplificador	3,3,4

Tabla 1. Ajustes Eléctricos

Fuente: Instron Corporation. Model 1130 – Mechanical and Electrical Maintenance

Conexiones del tester		Lectura	Observaciones
De (-)	Al (+)		
P1 pin 1	P1 pin 3	140vac	Voltaje de la bobina de la referencia del servo motor
P4 pin 3	P4 pin 2	28 vac	Voltaje del Servo amplificador
P4 pin 3	P4 pin 1	26 vdc	Voltaje de la lógica del voltaje del embrague y del freno
P5 pin 2	P5 pin 3	13 vdc	Voltaje del Servo amplificador
P5 pin 1	P5 pin 2	13 vdc	Voltaje del Servo amplificador
P6 pin 1	P6 pin 2	5 vdc	Voltaje del potenciómetro y voltaje de la celda de carga
P6 pin 2	P6 pin 3	5 vdc	Voltaje del amplificador de celda de carga

Tabla 2. Medidas De Prueba

Fuente: Instron Corporation. Model 1130 – Mechanical and Electrical Maintenance

Operaciones Básicas De La Celda De Carga:

El dispositivo sensor de carga en las celdas de carga de Instron es un conjunto de galgas extensiométricas vinculadas entre si. Las galgas son laminas grabadas en forma de red en una lamina epóxica (figura 2). Las cuatro galgas de esfuerzo en una celda de carga están vinculadas a un elemento en voladizo el cual se deforma levemente bajo una carga aplicada. Los cambios de resistencia de cada galga de deformación son proporcionales a la cantidad de la deformación causada por la carga. Las galgas estan conectadas en una configuración circuito de puente de Wheatstone (figura 3); un voltaje de excitación es aplicado a dos brazos opuestos del puente. El voltaje de salida de los otros dos brazos del puente alimenta a la entrada del amplificador de la celda de la carga. El cambio en la resistencia de las galgas causada por una carga aplicada desequilibra el puente, dando como resultado un cambio en el voltaje de salida. Esto es amplificado y es utilizado para manejar el lápiz grabador sobre la tira de papel.

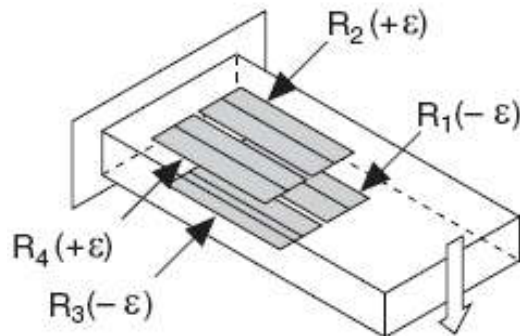


Figura 2. Galgas vinculadas a un elemento en voladizo
Fuente: National Instruments Corporation. SCC-SG series strain gauge modules user manual

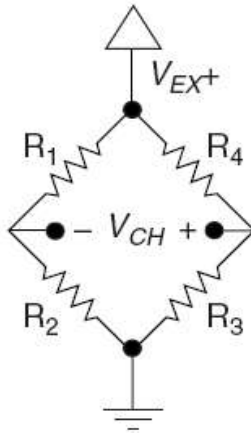


Figura 3. Puente de Wheatstone

Fuente: National Instruments Corporation. SCC-SG series strain gauge modules user manual

Cuando el puente de Wheatstone se encuentra balanceado se cumple:

$$\frac{R_4}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$$

A continuación se muestra la configuración de la celda y los valores de las resistencias que conforman el puente de Wheatstone; de igual forma, se puede observar a que terminal corresponde cada uno de los pines del conector.

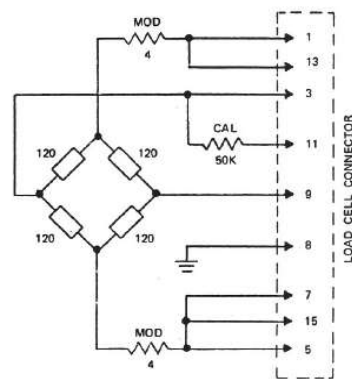


Figura 4. Diagrama de conexión a la celda de carga

Fuente: Instron Corporation. Model 1130 – Mechanical and Electrical Maintenance

Medida entre terminales	Resistencia (ohms)
1 y 5, 1 y 7 1 y 15	128
13 y 5, 13 y 7, 13 y 15	128
3 y 11	50000
1 y 3 , 13 y 3 , 7 y 3 , 1 y 9 , 13 y 9, 7 y 9	94
3 y 9	120
5 y 7, 15 y 7, 5 y 15	0
8 y el chasis de la celda de carga	0
todos los pines y el chasis de la celda de carga	> de 100 Momhs

Tabla 3. Valores de Resistencias para el puente de Wheatstone

Fuente: Instron Corporation. Model 1130 – Mechanical and Electrical Maintenance

Estabilidad De La Celda De Carga:

Dos factores primarios controlan la estabilidad de las celdas de la carga:

- El cambio del punto del equilibrio debido a la temperatura
- El cambio del punto del equilibrio como el resultado de una aplicación o cambio de una carga (arrastre).

Se debe hacer énfasis en el hecho que el coeficiente de la temperatura del equilibrio se hace proporcionalmente menor a medida que el rango seleccionado para ser utilizado por la celda es mayor. Por lo tanto, si se realiza una prueba durante un periodo muy largo en un espécimen, requiriendo la estabilidad máxima, será preferible utilizar un mayor rango en la celda de carga o una celda mas sensible, cualquiera de las dos opciones es equivalente. El arrastre de una celda puede ser observado como un cambio gradual muy pequeño en las lecturas después de que una carga a full escala haya sido aplicada por un tiempo, y luego retirada rápidamente.

Esto puede tener como resultado un pequeño cambio en el punto del equilibrio. El arrastre normal esta dentro de un rango aproximado al 0,05% a 0,08% de la carga aplicada, esto se cumple para una celda en perfecto estado.

En la operación normal, los errores debidos al arrastre serán insignificantes, sin embargo, debido a la amplia gama de rangos disponibles con cada celda de carga, hay ciertas condiciones especiales bajo las cuales el arrastre puede ser notable. Esta discusión con respecto a la estabilidad se refiere sólo a un cambio en la lectura debido a la temperatura o arrastre. El efecto que estos fenómenos producen es mover el cero de la grabadora arriba o abajo. La escala o la sensibilidad de la celda no son afectadas.

Amplificador De La Celda De Carga:

El amplificador de la celda de carga está conformado por la siguiente circuitería:

- Multivibrador
- Amplificador a.c.
- Demodulador
- Amplificador d.c.

El recorrido esquemático. El multivibrador (Q1, Q2) funciona en una tasa de repetición de pulso básico de 400 Hz, y provee una salida de onda cuadrada de -5V a +5V. La frecuencia oscilante de este multivibrador es ajustable por el potenciómetro VR7 en un reducido rango (365Hz a 415Hz). La frecuencia se ajusta en 390Hz cuando la frecuencia de poder principal para el instrumento de pruebas es 60Hz ó a 375Hz cuando se selecciona 50Hz de frecuencia.

Los pulsos de onda cuadrada son aplicados a través de los dos potenciómetros (VR1 Y VR2) y la celda de carga. Estos potenciómetros son utilizados para

balancear el puente, además de compensar distintas celdas y calibrar desbalances con el fin de tarar el cero en el caso de pesos adicionales como mordazas y otros dispositivos adicionales que se le puedan adaptar a la maquina. Un voltaje de salida proveniente de los otros dos brazos del puente proporcional a la carga aplicada alimenta la entrada del transformador (T1).

La primera etapa del amplificador (IC1) recibe su señal de entrada de (T1). El circuito de balanceo de fase esta conectado a (T1) , este circuito, que es ajustable por el potenciómetro (VR8), compensa las alteraciones de la linealidad causadas por desviaciones de capacitancias en la celda de carga, cableados, y la entrada del amplificador. La señal de salida del amplificador alimenta el atenuador de la escala de carga, el cual funciona como un divisor de voltaje de precisión.

El segundo amplificador (IC2) recibe su excitación del atenuador de escala de carga. Una porción de la señal de salida del segundo amplificador alimenta el potenciómetro de calibración (VR3). Este control se usa para ajustar la ganancia de esta etapa de amplificación.

A la señal de referencia del demodulador proveniente del multivibrador se le suma la señal de carga amplificada emisor (Q5). Los capacitores filtran y suavizan la señal demodulada de salida, la cual es aplicada al amplificador dc, (IC3).

El potenciómetro (VR4, calibrador del cero) se utiliza para ajustar la salida del amplificador dc a 0 Vdc, cuando el atenuador de carga esta en la posición 0. la salida del amplificador dc esta en niveles de 0 a -1 Vdc cuando se le aplica a al servo amplificador para el manejo del lápiz.

CAPITULO III

SISTEMAS DE CONTROL

A medida que el hombre aprende a construir maquinas que no dependen de la fuerza humana, aparece la necesidad de controlarlas. Los sistemas de control se han desarrollado para manejar maquinas o procesos, de modo que exista una disminución de las probabilidades de fallos y se obtengan resultados favorables. Podríamos afirmar que el proceso de control nos permite asegurar las actividades planificadas, y adicionalmente nos permite mantener una buena organización en nuestro sistema. En el presente capitulo se pretende sintetizar un poco el tema tomando como fuente la publicación de Katsuhico Ogata: Ingeniería de Control Moderna.

Una Planta es cualquier objeto físico cuya respuesta se desea controlar, las mismas pueden representarse por sistemas de la siguiente forma:

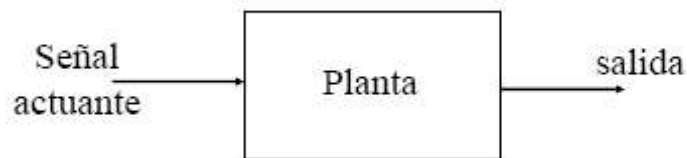


Figura 5. Esquema de Señales
Fuente: Nise, Norman. Control Systems Engineering

Como primer ejemplo de una planta podemos utilizar una antena parabólica, en esta se pueden observar rápidamente dos factores en los cuales es necesario tener control, el primero puede ser el ángulo de inclinación de dicha antena con cualquiera de los ejes de referencia (usualmente se utiliza el eje vertical), y el segundo el ángulo de rotación alrededor del eje vertical.

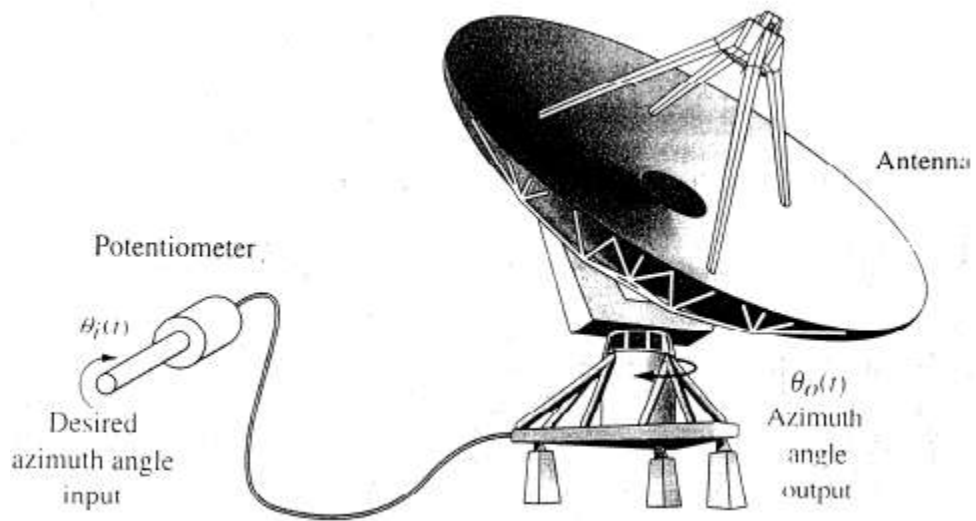


Figura 6. Ejemplo de Planta 1
 Fuente: Nise, Norman. Control Systems Engineering

Un segundo ejemplo de planta puede ser un avión, sobre el cual seguramente existen muchas variables a controlar pero podríamos establecer que una planta es la posición de cada uno de los alerones que permiten establecer la dirección del vuelo.

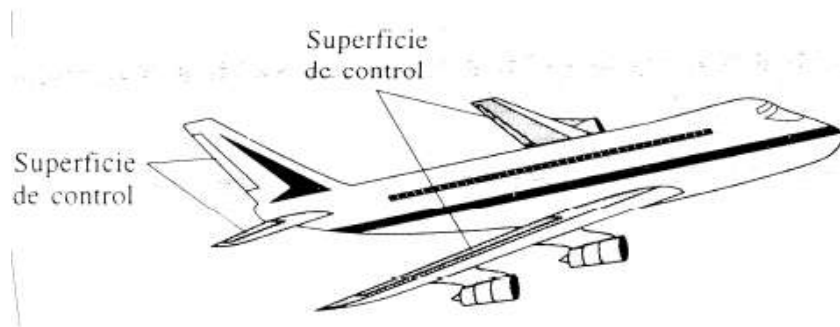


Figura 7. Ejemplo de planta 2
 Fuente: Kuo, Benjamin, Sistemas de Control Automático

Sistemas De Control:

Es un conjunto de subsistemas y plantas interconectados con la intención de controlar las respuestas de cada uno de ellos, es decir que las salidas de las plantas sigan unos objetivos preestablecidos.

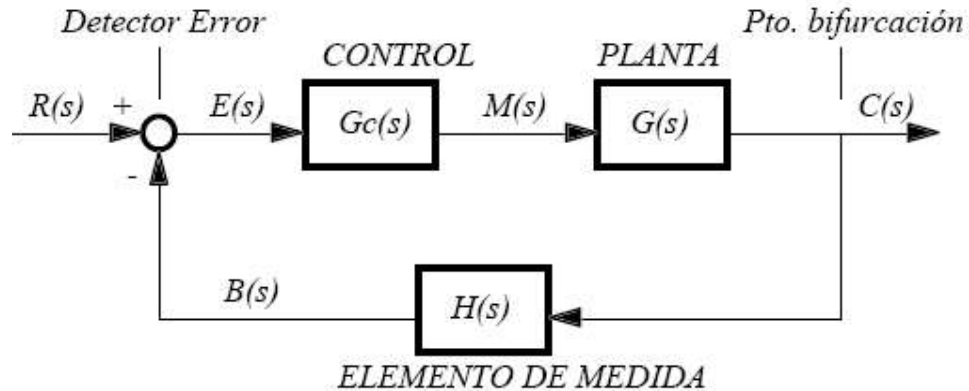


Figura 8. Sistema de control
Fuente: Nise, Norman. Control Systems Engineering

El control es el elemento encargado de procesar la señal de error y generar otra señal, denominada señal de control, para disminuir el valor de la señal de error, esto se hace con el objetivo de lograr la máxima precisión posible del sistema. El procedimiento mediante el cual el controlador genera la señal de control se denomina acción de control.

Respuesta Típica De Un Sistema De Control:

Un sistema normal de control posee una respuesta típica, la cual esta compuesta por distintas variables, estas variables son dependientes del tiempo y deben su forma, mayormente, a la naturaleza del controlador mas que a cualquier otra cosa.

Estas variables se conocen como:

- Respuesta transitoria
- Respuesta de elevación
- Respuesta en estado estable
- Error en estado estable
- Comando de entrada (comando de referencia).

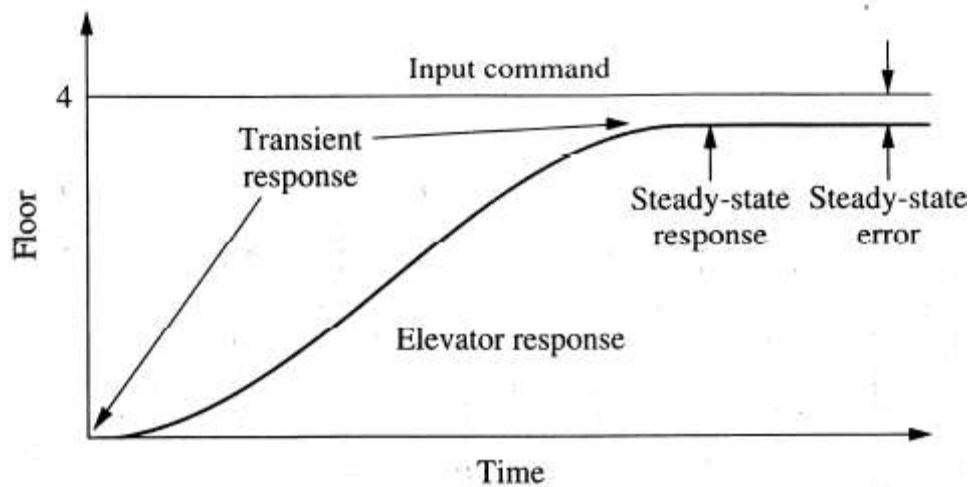


Figura 9. Variables dentro de un sistema de control

Fuente: Nise, Norman. *Control Systems Engineering*

Modelado De Un Sistema De Regulación Automática:

El objetivo principal de la implementación de un sistema de control o regulación automática, es anular o disminuir en la medida de lo posible todas aquellas perturbaciones que recaen sobre la variable controlada, y hacer que esta siga a la referencia preestablecida. Los tipos de control típicos en sistemas de control en tiempo continuo son:

- Control Proporcional (P).
- Control Proporcional Derivativo (PD).
- Control Proporcional Integral (PI).

- Control Proporcional Integral Derivativo (PID).

Sistemas De Control Abierto

Son aquellos en los que la acción del controlador no se relaciona con el resultado final, es decir, no hay retroalimentación hacia el controlador para que este pueda ajustar la acción de control. En otras palabras, un sistema de control abierto necesita la supervisión humana para que esta ejerza la acción reguladora.

Sistemas De Control Cerrado

Estos poseen un sistema de retroalimentación, es decir, la acción de control esta dada como una respuesta al resultado final de la acción de control anterior, esto se repite de manera cíclica hasta que el error se encuentre dentro de un rango preestablecido

CAPITULO IV

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos implica recolectar señales de fuentes de medida, su digitalización para el almacenaje, análisis y la posterior presentación en un computador personal, según National Instruments. En este capítulo se pretende hacer una introducción a los sistemas que permiten la adquisición de datos y sus características

Los sistemas de la adquisición de datos (SAD) se presentan en diversas tecnologías basadas en el uso de una PC, permitiendo así una gran flexibilidad. Los científicos e ingenieros pueden elegir entre distintos puertos y dispositivos de comunicación con las computadoras, tales como PCI, PXI, PCMCIA, USB, IEEE 1394, puertos paralelos o seriales para la adquisición de datos, medida, y control. Hay cinco componentes que deben considerarse al configurar un sistema básico de SAD:

- Transductores y sensores
- Señales
- Acondicionadores de señales
- Digitalizadores
- Drivers y software de aplicación

En la siguiente figura se muestra el esquema de componentes principales de un SAD

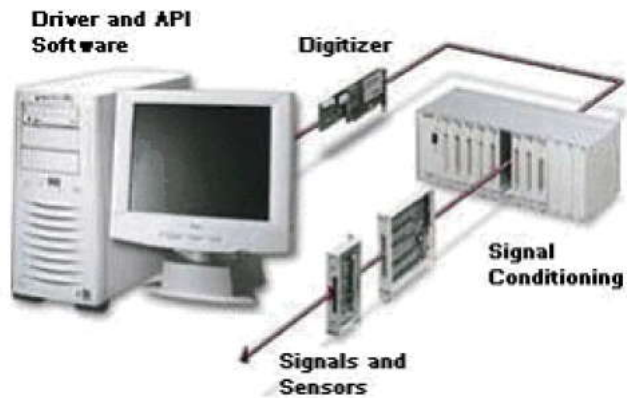


Figura 10. Componentes de un SAD

Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Transductores

La adquisición de datos comienza con el fenómeno físico a medir. Este fenómeno físico puede ser la temperatura de un cuarto, la intensidad de una fuente de luz, la presión dentro de un compartimiento, la fuerza aplicada a un objeto, etc. Un SAD eficaz puede medir todos estos fenómenos.

Un transductor, también denominado sensor, es un dispositivo que convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica relacionada de alguna manera con la variable a determinar, esta señal es concebida en forma de voltaje o corriente. La capacidad de un SAD de medir diversos fenómenos depende directamente de la eficiencia de los transductores para convertir los fenómenos físicos en las señales mensurables por el hardware. Hay transductores específicos para cada aplicación, tales como temperatura, presión, o flujo de algún tipo. El cuadro a continuación muestra una lista corta de algunos transductores comunes y de los fenómenos que estos pueden medir.

FENOMENO	TRANSDUCTOR
Temperatura	Termocuplas
	Termistores
Luz	Tubos de vacío
	Sensores fotosensibles
Sonido	Micrófonos
Fuerza y Presión	Galgas Extensiométricas
	Transductores Piezoeléctricos

Tabla 4. Tipos de Transductores

Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Cada transductor tiene requisitos diferentes para convertir los fenómenos en una señal que pueda ser medida. Algunos transductores pueden requerir excitación en forma del voltaje o de corriente, otros transductores pueden requerir componentes adicionales e incluso redes resistivas para generar una señal.

Señales

El transductor apropiado convierte los fenómenos físicos en señales mensurables, sin embargo, cada tipo de señal necesita ser medida en una forma específica. Por esta razón, es importante entender los diferentes tipos de señales y sus atributos correspondientes. Las señales pueden ser clasificadas en dos grupos:

- Analógicas
- Digitales

Señales Analógicas:

Una señal analógica puede tener cualquier valor con respecto al tiempo. Algunos ejemplos de señales analógicas incluyen el voltaje, la temperatura, la

presión, el sonido, y la carga. Las tres características primarias de una señal analógica son: el nivel, la forma, y la frecuencia.

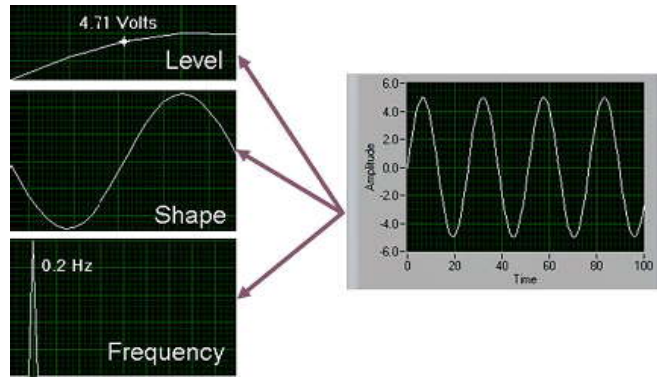


Figura 11. Principales características de una señal analógica
Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Nivel:

Ya que las señales analógicas pueden tomar cualquier valor respecto al tiempo, el nivel nos otorga información esencial acerca de la misma. La intensidad de una fuente de luz, la temperatura en un cuarto, y en la presión dentro de una cámara son todos ejemplos que demuestran su importancia.

Al medir el nivel de una señal, este generalmente no cambia de manera rápida con respecto al tiempo, sin embargo es muy importante que la medida sea certera. Se debe seleccionar un SAD que alcance la certeza máxima de manera que permita ayudar a la medición de los niveles analógicos.

Forma:

Algunas señales son nombradas según sea su forma específica: seno, cuadrado, diente de sierra, triangular. La forma de una señal analógica puede ser tan importante como el nivel, ya que determinándola, se puede efectuar un análisis mucho más profundo obteniendo incluso valores de pico y las cuestas.

Las señales donde la forma es de interés particular, generalmente cambian rápidamente con respecto a tiempo, pero la certeza de sistema sigue siendo importante. El análisis de latidos del corazón, las señales de video, los sonidos, las vibraciones, y las respuestas de circuito son algunas aplicaciones que implican las medidas de la forma.

Frecuencia:

Toda señal analógica puede ser clasificada por su frecuencia. A diferencia del nivel o la forma de la señal, la frecuencia no puede ser medida directamente. La señal debe ser analizada por un software para determinar la información de la frecuencia. Este análisis es hecho generalmente utilizando un algoritmo conocido como La Transformada de Fourier.

Cuando la frecuencia es una de las características más relevantes, es importante incluir tanto certeza como velocidad de adquisición en el sistema. Aunque la velocidad de la adquisición para determinar la frecuencia de una señal sea menos que la velocidad requerida para obtener su forma, esta debe ser todavía lo bastante rápida para que la información pertinente no sea perdida mientras ocurre el proceso. La condición que estipula esta velocidad es conocida como el Teorema de Muestreo de Nyquist

Señales Digitales:

Una señal digital no puede tomar diversos valores con respecto al tiempo, en vez de eso tiene dos niveles posibles: alto y bajo. Las señales digitales son referidas comúnmente como Lógica de Transistor a Transistor (***TTL***).

Las especificaciones *TTL* clasifican una señal como baja cuando el nivel cae dentro de 0 a 0,8 V, y la señal es alta entre 2 a 5 V. La información que puede ser medida de una señal digital incluye el estado y la tasa.

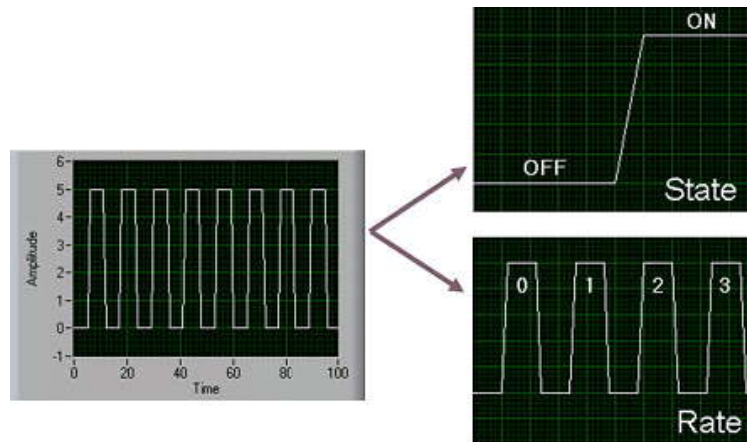


Figura 12. Principales características de una señal digital

Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Estado:

El estado de una señal digital es esencialmente el nivel de la misma, encendido o apagado, alto o bajo. Controlar el estado de un interruptor, abierto o cerrado, es una aplicación común que muestra la importancia del conocimiento del estado de una señal digital.

Tasa:

La tasa de una señal digital define cómo la señal cambia de estado respecto al tiempo. Un ejemplo de este tipo de mediciones es determinar qué tan rápido gira un eje motriz. A diferencia de la frecuencia, la tasa de una señal digital mide con qué frecuencia una porción de la señal ocurre. Un algoritmo desarrollado en un software no es requerido para determinar la tasa de una señal.

Acondicionamiento De Señales

A veces los transductores generan señales demasiado difíciles o peligrosas para medir directamente con un dispositivo de adquisición de datos, por ejemplo,

cuando se trata con altos voltajes, ambientes sumamente ruidosos, señales muy altas o muy bajas, o con señales simultáneas, el acondicionamiento de señales es esencial para un SAD efectivo. El acondicionamiento de señales lleva al máximo la certeza de un sistema, permite a los sensores operar apropiadamente, y garantizan la seguridad del sistema.

El acondicionamiento de señales se presenta en ambas formas, modular e integrada. Los accesorios de acondicionamiento pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones incluyendo:

- Amplificación
- Atenuación
- Aislamiento
- Terminaciones de Puentes
- Muestreo Simultáneo
- Excitación de Sensores

Otros criterios importantes a considerar a la hora de acondicionar la señal incluyen la presentación, que puede ser modular o integrada, el desempeño, cantidad de entradas y salidas y el costo. La siguiente figura muestra diferentes opciones de hardware para acondicionamiento de Señales.



Figura 13. Configuraciones para el acondicionamiento de señales

Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Hardware Para Sistemas De Adquisición De Datos

El hardware actúa como la interfaz entre la computadora y el ambiente exterior. Funciona como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes de modo que la computadora pueda interpretarlas. Como complemento de su función principal estos dispositivos pueden manejar

- Entradas/Salidas Analógicas
- Entradas/Salidas Digitales
- Contadores/Temporizadores

Software para Sistemas de Adquisición de Datos

El software transforma el computador personal y el hardware SAD en una herramienta completa adquisición de datos, análisis e instrumento de presentación. Sin el software para controlar el hardware, el mismo no trabajaría correctamente. El software que se utilice debe estar a un nivel que permita una fácil comunicación con el hardware, además debe hacer más sencilla la tarea de un programador permitiendo que la programación sea de alto nivel y que los comandos no sean complicados con el fin de acceder a las funciones del hardware.

Importancia Del Análisis De Datos:

Usualmente la data cruda no siempre transmite inmediatamente información útil. La señal se debe transformar, quitar el ruido de la misma y corregir los datos posiblemente corruptos por el empleo de equipos defectuosos, o compensar los efectos ambientales, tal como la temperatura y la humedad.

Luego de analizar y procesar la data se puede extraer la información necesaria, separada del ruido, y presentarla en una forma comprensible. Todo esto se ve

simplificado con el uso de la instrumentación virtual y sus aplicaciones directas para el análisis.

Muestreo De La Data

Para usar técnicas digitales de procesamiento de señal, primero se debe convertir la señal analógica en una representación digital. En la práctica, la conversión se hace utilizando un conversor analógico a digital (A/D). Consideremos una señal $x(t)$ de la cual se toman datos cada Δt segundos. El intervalo Δt es conocido como el intervalo o período de muestreo. Su recíproco, $1/\Delta t$, es conocido como la frecuencia de muestreo, cuyas unidades son muestras/segundos. Cada uno de los valores distintos de $x(t)$ para $t=0, \Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$, son conocidos como muestras. De esta manera la señal $x(t)$ puede ser representada utilizando un número discreto de muestras de la siguiente forma:

$$\{x(0), x(\Delta t), x(2\Delta t), x(3\Delta t), \dots, x(k), \dots\}$$

A continuación se muestra una señal digital y su correspondiente versión muestreada:

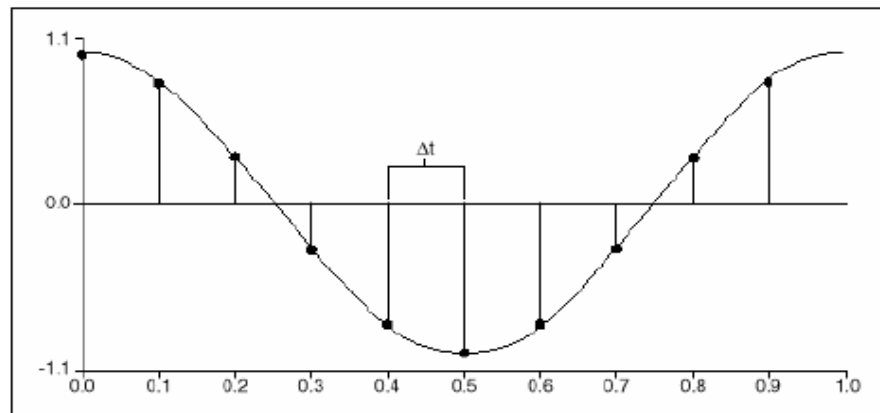


Figura 14. Muestreo de señales

Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Consideraciones

La tasa del muestreo determina con qué frecuencia una conversión A/D sucede. Una tasa rápida se traduce en una mayor cantidad de puntos en un tiempo dado y puede, por lo tanto, a menudo formar una mejor representación de la señal original que una tasa de muestreo lenta. Un muestreo lento quizás tenga como resultado una representación pobre de su señal analógica.

Tomar menos muestras de las necesarias hace que la señal aparezca como si tuviese una frecuencia diferente de la que realmente es. Esta tergiversación de la señal genera un alias.

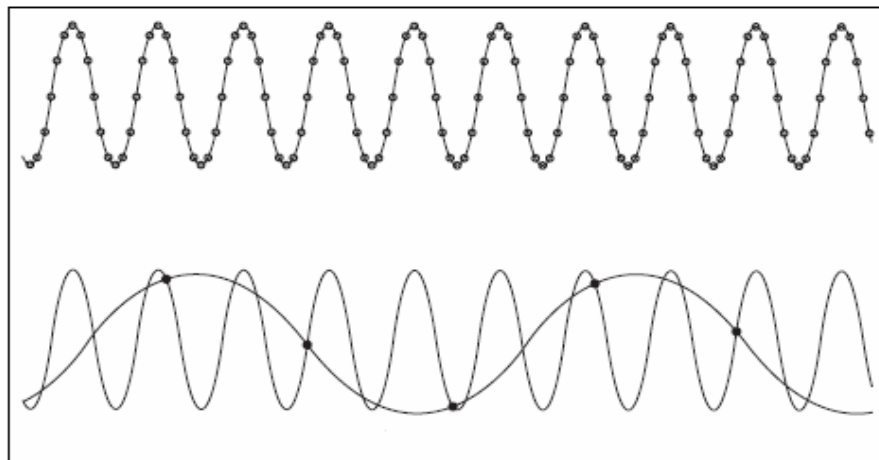


Figura 15. Ejemplo de Muestreo Adecuado e Inadecuado

Fuente: National Instruments Corporation. Introduction to data acquisition

Alias Por Un Mal Muestreo

De acuerdo con el Teorema de Shannon, para evitar el efecto alias, se deben tomar muestras a una tasa mayor al doble de la componente de mayor frecuencia en la señal que se esta adquiriendo. Dada una tasa de muestreo, la frecuencia máxima que se puede representar exactamente sin generarse un alias es conocida como la frecuencia de Nyquist.

La frecuencia de Nyquist es igual a la mitad de la frecuencia de muestreo. Las señales con componentes de frecuencia por arriba de la frecuencia de Nyquist aparecen representadas como un alias. La frecuencia del alias es el valor absoluto de la diferencia entre la frecuencia de la señal de entrada y el múltiplo entero más cercano, este por arriba o por debajo, de la tasa de muestreo. Como ejemplo asumiremos una frecuencia de muestreo $f_z = 100$ Hz, aparte, la señal de entrada tiene las siguientes componentes:

- F1 = 25 Hz
- F2 = 70 Hz
- F3 = 160 Hz
- F4 = 510 Hz

La primera componente, F1, se vera representada correctamente ya que esta se encuentra por debajo de la frecuencia Nyquist, $f_z / 2 = 50$ Hz, sin embargo, F2, F3 y F4 aparecerán como una frecuencia distinta, esta será igual a:

$$\text{Alias } F = | (n)f_z - F |$$

Donde F es la componente de frecuencia de entrada y $(n)f_z$ es el múltiplo entero mas cercano a F. De esta forma obtenemos lo siguiente:

- Alias F2 = $| 100 - 70 | = 30$ Hz
- Alias F3 = $| (2)100 - 160 | = 40$ Hz
- Alias F2 = $| (5)100 - 510 | = 10$ Hz

Esto nos lleva a decir que la frecuencia de muestreo debe ser al menos dos veces la frecuencia de la componente más alta dentro de la señal de entrada, así nos aseguramos de obtener una representación exacta de la señal, y mientras mas incrementemos f_z , mucho mejor resultará la representación.

Necesidad De Filtros Anti-Alias

Las señales reales comúnmente poseen componentes cuya frecuencia sobrepasa la frecuencia de Nyquist. Estas frecuencias se muestran, erradamente, como un alias y se añaden al resto de los componentes que son muestreados de manera correcta y producen distorsión en el muestreo total de la data.

En los sistemas donde se desea medir de manera correcta y precisa usando data muestreada, la tasa a la que se realiza ese muestreo debe ser lo suficientemente alta, de 5 a 10 veces el valor de la componente mas alta dentro de la señal, para prevenir así la formación de alias; opcionalmente se puede colocar un filtro anti alias, esto es un filtro de paso bajo que atenúe cualquier componente de frecuencia, en la señal de entrada, que este por arriba de la frecuencia de Nyquist, este filtro debe ser colocado antes del elemento conversor de la señal de analógica a digital para restringir de esta manera el ancho de banda de la señal de entrada

CAPITULO V

ENSAYOS MECÁNICOS

Propiedades Mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas más usadas se determinan, usualmente, mediante una prueba estándar de tensión. La prueba de Tensión consiste en aplicar a una probeta, de dimensiones estándares, una carga que se incrementa gradualmente, anotando las Lecturas de los valores de las cargas y de las deformaciones correspondientes hasta que se produce la fractura. La carga se aplica y se mide mediante un dispositivo de prueba denominado Máquina Universal y los valores de los esfuerzos se calculan dividiendo los valores de la carga entre el área de la sección transversal original de la probeta. Los valores de la deformación unitaria se calculan dividiendo el incremento de la longitud entre dos puntos marcados en la probeta (en su dirección axial), entre la longitud original de medición.

Con los datos así obtenidos, se traza una gráfica en la cual puede visualizarse mejor el comportamiento del material a través de todo el proceso de carga. Una curva típica para un acero de bajo contenido de carbono se muestra, sin escala, a continuación con sus puntos más relevantes.

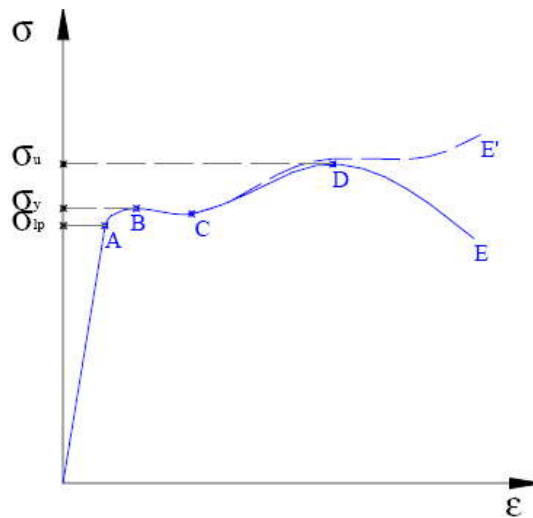


Figura 16. Diagrama Esfuerzo-Deformación

Fuente: Prof. Hernández Ingrid. Apuntes de clase versión pdf

Puede observarse que la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria es lineal hasta el punto A. El valor del esfuerzo correspondiente a este punto en el diagrama esfuerzo-deformación se conoce como **Límite de Proporcionalidad** σ_{ip} y se define como el máximo esfuerzo que se le puede aplicar a la probeta sin que se pierda la proporcionalidad entre los esfuerzos y las deformaciones. Si los esfuerzos se mantienen por debajo de este valor, se tendría dos ventajas importantes: 1) las deformaciones resultantes serían pequeñas. 2) las deformaciones serían elásticas. El límite proporcional es una propiedad cuya determinación está sujeta a grandes niveles de incertidumbre debido a que la localización del punto A depende de la ampliación con que se mire y de la escala que se utilice para representar las deformaciones.

Al continuar cargando la probeta, la relación deja de ser lineal y la pendiente disminuye hasta encontrarnos con el punto B, definido como el máximo esfuerzo que se puede aplicar sin que se produzca más que una deformación plástica muy pequeña previamente especificada, este esfuerzo recibe el nombre de **Esfuerzo de Cedencia** σ_y . Es de uso casi universal definir σ_y como el esfuerzo que produce una

deformación plástica permanente de 0.002, que equivale a un 0.2% de la distancia original entre puntos. Esto significa que si una probeta se carga hasta σ_y (punto B en el diagrama) y luego se descarga, la misma recupera parcialmente sus dimensiones originales, quedando una deformación permanente de 0.002. La determinación experimental de σ_p es muy simple. Para determinarlo basta con trazar una recta que pase por el punto (0.002, 0) y sea paralela a la recta OA.

La intersección entre la recta y la curva esfuerzo-deformación es el esfuerzo de cadencia del material. Luego de pasar el punto B, se observa un fenómeno de fluencia bien definido para algunos metales, caracterizado, primero, por una disminución de la carga y, después, por un incremento importante en las deformaciones axial de la probeta sin que la carga axial aplicada varíe apreciablemente. Al alcanzar el punto C el material se recupera., necesitando incrementarse nuevamente el esfuerzo para producir deformación. En la región C-D, la deformación crece más rápidamente que el esfuerzo, y cuando alcanza el punto D (el esfuerzo para este punto es conocido con el nombre de **Resistencia Última** σ_u), ocurre un fenómeno de inestabilidad, caracterizado por un estrangulamiento de la probeta en la sección donde se producirá la fractura.

Esta reducción de área transversal trae como consecuencia que la carga aplicada por la máquina disminuya. Debido a que el esfuerzo se calcula tomando como base el área original, al disminuir la carga, disminuye el esfuerzo como puede apreciarse en el tramo D-E. La **Resistencia a la Ruptura** (el punto E), representa el esfuerzo nominal que se aplicó en el momento de la fractura. Su importancia en diseño ingenieril es relativa ya que no puede tomarse como base en un diseño.

La línea de trazo D-E representa lo que realmente ocurre. Al pasar el punto D, hay inestabilidad debido al estrangulamiento, y la carga disminuye como se dijo anteriormente; sin embargo, el área transversal disminuye a una razón mayor y por lo tanto, el esfuerzo verdadero siempre va en aumento. A la curva punteada se le conoce como **Diagrama Real** y a la curva continua como **Diagrama Ingenieril**.

Del diagrama .Esfuerzo-Deformación Unitaria. se puede definir varias propiedades mecánicas importantes:

- Módulo de Elasticidad: Conocido también como módulo de Young, es la pendiente de la parte recta del diagrama. Para el caso de los aceros el valor del módulo de de elasticidad (E) es aproximadamente de 200 GPa.
- Ductilidad: Es la habilidad de un material para deformarse antes de fracturarse. Es una característica muy importante en el diseño, puesto que un material dúctil es usualmente muy resistente a cargas de impacto. Tiene además la ventaja de .avisar. cuando va a ocurrir la fractura, al hacerse visible su gran deformación.
- Fragilidad: Un material frágil, es lo opuesto de ductilidad, es decir, no tiene resistencia a cargas de impacto. Sin embargo, en general ofrece mayor resistencia a cargas estática, aún cuando se fractura sin previo aviso.

Tanto la fragilidad como la ductilidad de un material son medidas arbitrarias, pero puede decirse que un material con un alargamiento mayor de 5% es dúctil y menor de 5% es frágil. Puede concluirse que, en forma general, podemos clasificar a los materiales en frágiles y dúctiles, habiendo dentro de ellos diferentes grados.

Comportamiento de los Materiales en Compresión.

Las propiedades de un material a la compresión se determinan en el laboratorio en forma experimental similar a las correspondientes en tensión estudiadas previamente.

Las conclusiones sobresalientes de estas pruebas las podemos resumir en la siguiente forma:

- Los materiales dúctiles presentan los mismos valores en sus características tanto tensión como en compresión².

- Los materiales frágiles no presentan punto de cedencia en ningún caso y el esfuerzo de fractura coincide con el esfuerzo último.
- Los materiales frágiles presentan una resistencia última mucho más elevada en compresión que en tensión.

Lo anterior se ilustra en la siguiente figura, en la cual se muestran los diagramas (σ - ϵ) en sus zonas de tensión y compresión para un material frágil y otro dúctil.

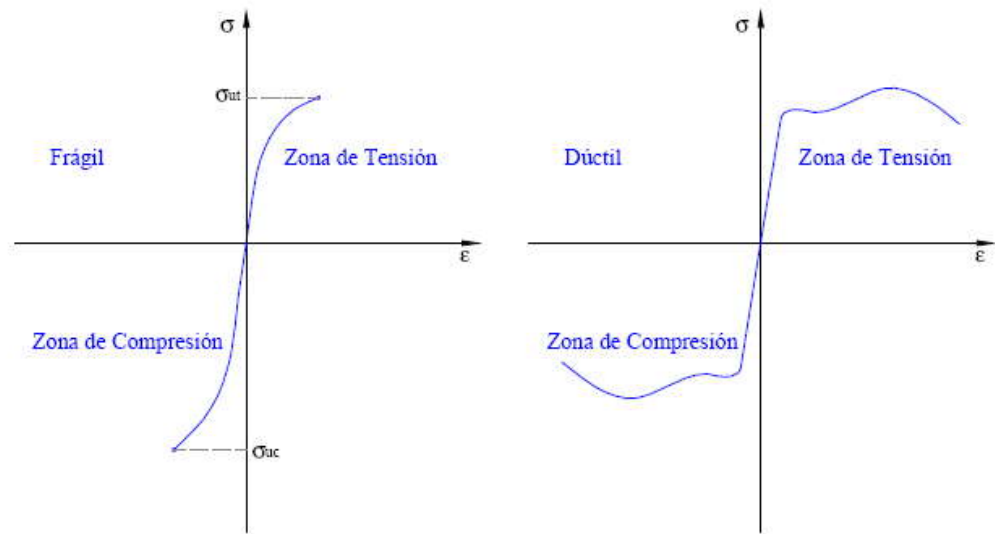


Figura 17. Materiales frágiles y dúctiles.

Fuente: Prof Hernández Ingrid. Apuntes de clase versión pdf

Ley de Hooke.

La ecuación que gobierna el comportamiento de un material en su región lineal se conoce como Ley de Hooke, en honor al Sr. Robert Hooke quien la estableció en forma experimental en 1678. Esta ecuación relaciona la deformación unitaria producida en una barra de sección uniforme con el esfuerzo normal aplicado a ella, y puede expresarse mediante la ecuación:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

Relación de Poisson.

Si se somete una barra a tensión, experimentalmente puede comprobarse que la elongación de la misma en sentido axial viene acompañada de un acortamiento en dirección lateral, y que la relación:

$$\nu = \frac{|\text{Contracción Lateral Unitaria}|}{|\text{Alargamiento Axial Unitario}|} = -\frac{\epsilon_n}{\epsilon_x}$$

permanece constante para cualquier dirección n. perpendicular al eje de la barra, siempre que no se exceda el límite elástico del material.

Esta relación de deformaciones unitarias que es una constante para cada material, recibe el nombre de Relación de Poisson en honor al matemático francés, quien, mediante la teoría molecular de la estructura de los metales dedujo que el valor de esta constante sería 0.25 para un material isotrópico.

Para muchos metales usados en ingeniería, esta constante concuerda bastante bien con el valor predicho por Poisson. De hecho, para el aluminio vale 0.25 y para los aceros puede tomarse como 0.30.

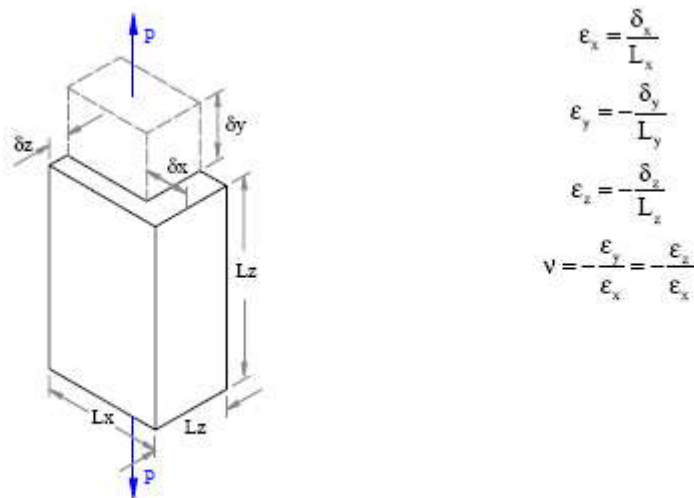


Figura 18. esquema de deformación
Fuente: Prof Hernández Ingrid. Apuntes de clase versión pdf

Ley de Hooke generalizada.

La ley de Hooke puede extenderse para incluir los esfuerzos en tres ejes que, con frecuencia, se encuentran en la práctica de la ingeniería. La siguiente figura representa un elemento diferencial sometido a un estado triaxial de esfuerzos y su descomposición en elementos sujetos a estados uniaxiales para los cuales es aplicable la ley de Hooke y la relación de Poisson.

Para determinar la deformación unitaria en la dirección x , será necesario calcular por separado las deformaciones que resultan de los esfuerzos individuales y sumar algebraicamente los valores obtenidos. Este procedimiento se basa en el **principio de superposición**, el cual establece que los efectos de cargas separadas pueden sumarse algebraicamente si se satisface dos condiciones

Calibración de la Máquina (según ASTM E74-02).

La relación entre la fuerza aplicada y la deflexión de un instrumento de medición es, en general, no lineal. Cuando una fuerza es aplicada la forma del elemento elástico cambia progresivamente, alterando su resistencia a la deformación, el resultado se observa en la curva esfuerzo deformación, la cual presenta cambios graduales y uniformes a lo largo del rango del instrumento. Esta no-linealidad a escala completa es característica y es una propiedad estable del instrumento, a menos que este sea sometido a una sobrecarga severa u otra causa similar.

En el tratamiento de calibración de la data se utiliza una curva de segundo grado para predecir los límites de la incertidumbre, y los valores de deflexión para la carga aplicada a través del rango de carga del instrumento de medición. Dicha ecuación compensa efectivamente las no-linealidades a escala completa, permitiendo que las mismas aparezcan como simples desviaciones. Una estimación estadística llamada incertidumbre, se hace del ancho de banda de la señal medida en base a la

curva inédita. La incertidumbre es de esta manera un estimado de los límites de error, proporcionado por el instrumento cuando las fuerzas medidas en el ensayo son calculadas en términos de la ecuación de calibración. Los errores tienden a aumentar si las fuerzas son aplicadas en condiciones ambientales no reguladas.

El uso de ecuaciones de calibración de 3er, 4to, y 5to grado se reserva para dispositivos que tengan una resolución de 1/50000 o superior. Una selección cuidadosa de las diferentes fuerzas a ser aplicadas en una calibración es esencial para obtener una lectura adecuada e imparcial de la desviación a lo largo de toda la escala, por esta razón, la selección de las fuerzas de calibración deben ser hechas por un laboratorio de estandarización. Una excepción de esta regla es para aquellos dispositivos de aplicación de carga donde la selección de las fuerzas es dictaminada por las necesidades del usuario.

La distribución de las fuerzas de calibración a lo largo de todo el rango del instrumento, si es posible, debe hacerse para cada 10% del rango total, más no se recomienda que estas cargas estén igualmente espaciadas entre ellas. Las fuerzas de calibración a 1/10 de la carga total son permisibles y ayuda a asegurar la convergencia de la ecuación de calibración. Si el límite más bajo de la carga del dispositivo es intuitivamente menor que 1/10 de la fuerza máxima aplicada durante la calibración, entonces se deberán aplicar fuerzas menores a esta. En ningún caso la carga deberá ser menor que el límite inferior teórico del instrumento, definido por los valores.

400 x resolución para rango de carga A

2000 x resolución para rango de carga AA

La resolución de un instrumento de medición de fuerzas esta determinada por el radio entre el ancho del apuntador y la distancia centro a centro dentro de dos marcas adyacentes en la escala de graduación. Generalmente los radios recomendados son 1/5, o 1/10. Un espacio de graduación centro a centro de al menos 1.25mm se

requiere para la estimación de $1/10$ de una división de la escala. Para expresar la resolución en términos de unidades de fuerza, se multiplica el radio por el número de unidades de fuerza por graduación de la escala. Se puede utilizar una escala de vernier de dimensiones apropiadas para la escala analógica de manera que se permita una división de escala principal para ser leída en un radio menor que la obtenida sin su uso.

La resolución de un instrumento digital, se puede considerar como un incremento del último número activo en el indicador numérico, resultando de esta manera el hecho que las lecturas no fluctúen más que $+ o -$ un incremento, entonces la resolución será igual que la mitad del rango de fluctuación.

CAPITULO VI

SOLUCIONES PROPUESTAS

Para cumplir los objetivos planteados se efectuó un estudio preliminar para conocer el costo de una Máquina de Ensayos con características similares a las presentes en el equipo existente en la Escuela de Metalurgia y que tuviese la capacidad de presentar los datos obtenidos durante los ensayos en un formato digital, permitiendo su posterior manipulación.

Metal-Met, C.A., uno de los representantes para Venezuela de Instron, nos presentó una cotización para un sistema de prueba de materiales con una capacidad de 500kg con las siguientes características:

- Sistema digital de accionamiento de cruceta, con control de velocidad totalmente variable
- Electrónica integrada digital de control de bucle cerrado y de adquisición de datos
- Canales de extensión de cruceta y de medición de carga.
- Reconocimiento y calibrado automático de los transductores.
- Sistema de ayuda en línea sensible al contexto y de referencia.
- Sistema de unidades: SI, métrico y de uso corriente en EE.UU.
- Rango de velocidades de prueba: 0,001 a 1000 mm/min (0,0004 pulg/min a 40 pulg/min).
- Velocidad de retorno de la cruceta: 1200 mm/min (48 pulg/min)
- Espacio de prueba horizontal: 420 mm (16,5 ").
- Exactitud de medición de carga: Cumple o supera las normas ASTM E4, BS 1610, DIN 51221, ISO 7500/1, EN 10002-2, JIS B7721, JIS B773 y AFNOR A03-501.

- Exactitud de medición de la deformación: Cumple o supera las normas ASTM E83, BS 3846, ISO 9513 y EN 10002-4.
- Accionamiento de tornillo de bolas precargado y columnas de guía de cruceta.
- Voltaje: 120V.
- Máximo desplazamiento de la cruceta: 1122mm (44,2").

El software básico posee las siguientes características:

- Ajuste y configuración de la pantalla indicadora y del panel de control
- Configuración de límites y controles de ganancia
- Seguridad con contraseña de usuario
- Calibración automática y balanceo de transductores
- Creador de cálculos para el usuario para definir cálculos personalizados
- Creador de secuencia de pruebas con indicador de comando
- Trazados de pruebas en tiempo de ejecución en vivo con escala automática y zoom de acercamiento / alejamiento
- Generación de informes con plantilla básicas para informes incluidas
- Monitoreo del sistema e historias de servicio del sistema
- Almacenamiento y recuperación de los métodos y los datos de la prueba
- Métodos de prueba como ejemplo para creación fácil de pruebas
- CD Interactivo para aprendizaje del usuario

Metal-Met, C.A., ofrece entregar el equipo en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica 10 semanas luego de generarse la orden de compra. La oferta presentada por el representante resultó de **Bs. 124.000.000,00**, sin incluir el impuesto al valor agregado (I.V.A.).

Luego de recibir esta cotización se procedió a evaluar el mercado, permitiendo esto encontrar la solución óptima a la problemática planteada, para ello se consultaron fabricantes especializados y la diversa gama de componentes necesarios para configurar el Sistema de Adquisición de Datos.

A continuación presentamos los diferentes componentes evaluados junto a sus características

Acondicionadores de Señales Para Puentes de Wheatstone

- Maxim MAX1452

- Posee 1 canal de entrada
- Amplificación de la señal de entrada
- Calibración y compensación por temperatura
- Sensibilidad de entrada desde 1 mV/V hasta 40 mV/V
- Soporta entradas en corriente (4 – 20mA) o voltaje (-2.5 – 2.5 Vdc)
- Consumo de corriente menor a 2mA
- Provee un voltaje no constante de 4.5 a 5.5 Vdc

Costo: US\$ 15,00

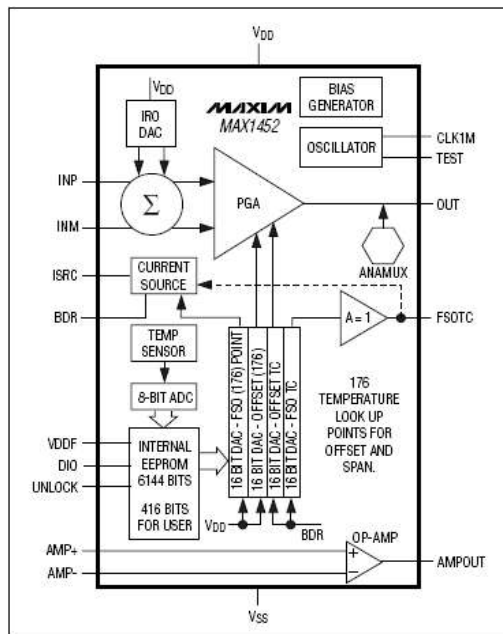


Figura 19. Diagrama Funcional MAX1452

Fuente: Maxim Integrated Products. Low cost precision sensor signal conditioner MAX 1452

- National Instruments SCC-SG24

- Posee 2 canales de entrada
- Amplificación de la señal de entrada
- Incluye un filtro de 1.6kHz paso bajo
- Potenciómetro para efectuar un cero automático
- Permite configuraciones de un cuarto de puente, medio puente y puente completo para celdas de carga
- Compensación por efectos de temperatura
- Sensibilidad de 1.3 mV/V
- Provee un voltaje de excitación constante de 10 Vdc

Costo: US\$ 365,00

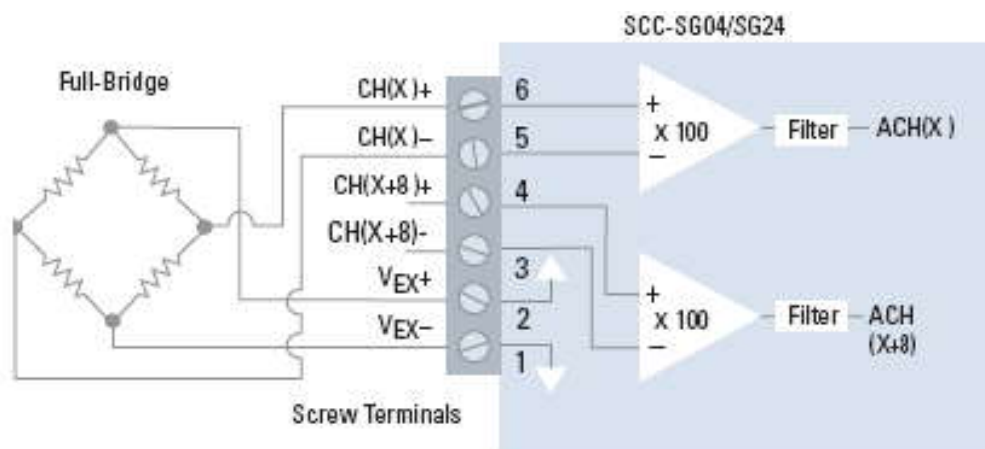


Figura 20. Diagrama de bloques SCC-SG24

Fuente: National Instruments Corporation. SCC-SG series strain gauge modules user manual

- Kinetic Systems V246

- Posee 8 canales de entrada
- Permite completar puentes para uno, dos o cuatro brazos activos utilizando resistencias de hojuelas metálicas de alta precisión
- Calibración programable por derivación y excitación
- Filtros de paso bajo ajustables a 20, 200, 1000 o 2000 Hz
- Incluye filtros Anti Alias
- Muestreo simultáneo de los 8 canales
- Provee voltaje de excitación constante independiente para cada canal y ajustable a 2.5, 5, 10 y 15 Vdc

Costo: US\$ 1.450,00

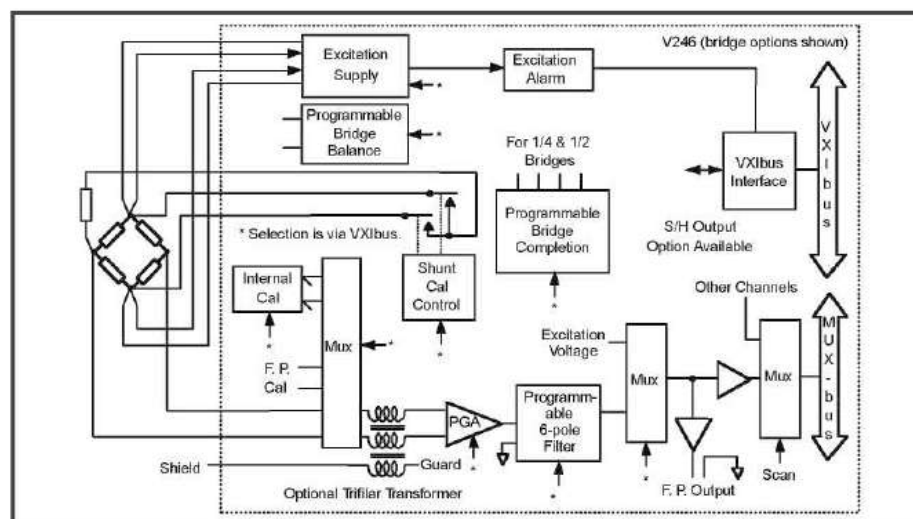


Figura 21. Diagrama V246 Kinetic Systems

Fuente: KineticSystem Company. V246 description

Selección del Acondicionador para el Puente de Wheatstone

Se pudo apreciar que las especificaciones del dispositivo MAX1452 no son suficientes, ya que se necesita que el voltaje de alimentación del puente sea constante, factor decisivo para la exclusión del mismo.

El dispositivo V246 es el que presentó las mayores prestaciones en todos los aspectos, sin embargo, la mayoría de sus funciones se encontrarían subutilizadas dentro del proyecto, incluso teniendo visión a futuro y pensando en una posible expansión del Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Escuela de Metalurgia, no se alcanzaría a sacar el máximo provecho; también resultó de considerable importancia que por su elevado costo no era posible incluirlo como parte de la solución.

El módulo de acondicionamiento, SCC-SG24 resultó la mejor opción de acondicionamiento para la señal, cumpliendo con todas las características requeridas dentro del proyecto y permitiendo, por su configuración, la posibilidad de actualizar y recuperar otras máquinas presentes en el laboratorio. Por este motivo, se decidió continuar trabajando con National Instruments (NI) y evaluar las distintas opciones que ofrecía la casa.

Siendo el dispositivo de acondicionamiento de tipo modular, y pensando en las actualizaciones futuras que pudieran ser llevadas a cabo en el resto de las máquinas, se estudiaron los concentradores que National Instruments ofrece entre sus productos, para así evaluar sus características y su capacidad de procesamiento

- NI SCC-2350

- Permite ser alimentado directamente por el Dispositivo de Adquisición de Datos o desde una fuente de poder externa
- Acepta conectores personalizados para permitir una mayor conectividad a diversos transductores
- Conectividad directa a dispositivos de la serie E y M de National Instruments
- 8 ranuras de expansión para acondicionamiento de señales por medio de módulos SCC
- Identifica de manera automática una gran variedad de sensores, así como sus parámetros de calibración utilizando tecnología TEDS (hoja de información para transductores eléctricos)
- Provee protección contra fenómenos electromagnéticos
- Diseño portátil y de bajo perfil

Costo: 485,00 US\$

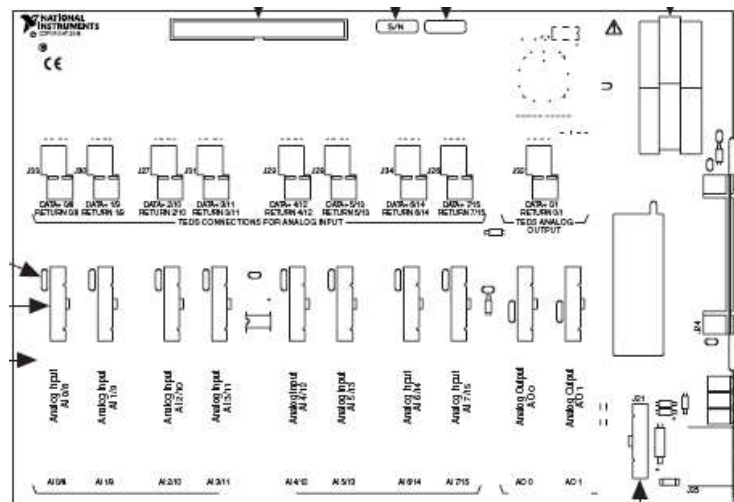


Figura 23. Diagrama del SCC-2350

Fuente: National Instruments Corporation. SCC-2350 user guide

Selección del Bloque Terminal

El bloque terminal SCC-68 presentó unas características excepcionales, suficientes para la consecución del proyecto entre ellas, la mas resaltante es la posibilidad de ser alimentado directamente desde la tarjeta de Adquisición de Datos, garantizando esto la estabilidad del voltaje de alimentación suministrado a la celda de carga y su óptimo funcionamiento, sin embargo, el hacer una inversión inferior a 1.5 veces el costo del SCC-68, se puede adquirir el bloque terminal SCC-2350, el cual posee las características básicas del modelo SCC-68 y presenta, adicionalmente, una mayor capacidad de manejo de señales, así como también provee protección adicional necesaria para contrarrestar la interferencia que pueda causar el funcionamiento el resto de los equipos que funcionan dentro del laboratorio.

Dispositivos de Adquisición de Datos

- NI PCI-6023 Serie E

- 16 entradas analógicas
- 8 canales de entrada y salida digital
- Dos contadores de 24 bits
- Resolución de 12 bits
- Muestreo a 200 kS/s
- Integración con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio
- Software controlado por NI-DAQmx incluido
- Certificado de calibración expedido
- Mas de 70 opciones en acondicionamiento de señales

Costo: US\$ 550,00

- NI PCI-6220 Serie M

- 16 entradas analógicas
- 24 canales de entrada y salida digital
- 8 entradas y salidas digitales sincronizadas a 1 MHz
- 2 contadores de 32 bits
- Resolución de 16 bits
- Muestreo a 250 kS/s
- Integración con LabView, LabWindows/CVI y Measurement Studio
- Software controlado por NI-DAQmx incluido
- Certificado de Calibración expedido
- Mas de 70 opciones en acondicionamiento de señales

Costo: US\$ 440,00

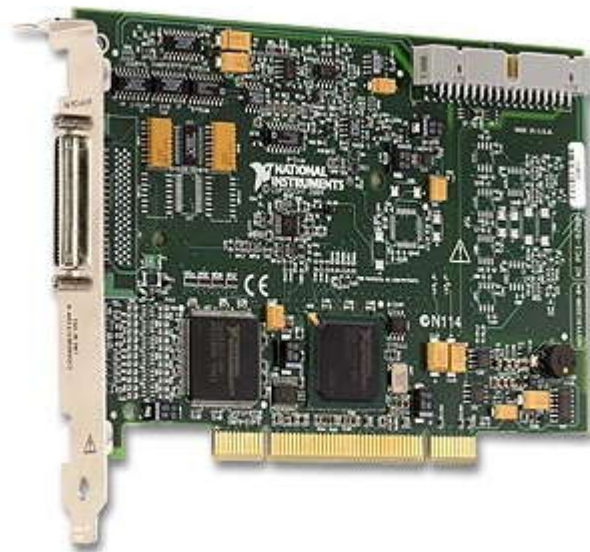


Figura 24. NI PCI-622x Serie M

Fuente: National Instruments Corporation. Low cost M multifunction DAQ data sheet

- NI PCI-6221 Serie M

- 16 entradas analógicas
- 2 salidas analógicas de 16 bits a 833 kS/s
- 24 canales de entrada y salida digital
- 8 entradas y salidas digitales sincronizadas a 1 MHz
- 2 contadores de 32 bits
- Resolución de 16 bits
- Muestreo a 250 kS/s
- Integración con LabView, LabWindows/CVI y Measurement Studio
- Software controlado por NI-DAQmx incluido
- Certificado de Calibración expedido
- Mas de 70 opciones en acondicionamiento de señales

Costo: US\$ 550,00

Selección del Dispositivo de Adquisición de Datos

Todas las soluciones evaluadas cumplían con los requerimientos básicos para permitir una adquisición de datos efectiva, por tal motivo la selección se hizo tomando en cuenta el valor del dispositivo y las características adicionales que presentaran los mismos.

La Serie E de NI posee una trayectoria ampliamente reconocida por su desempeño, pero al ser una tecnología que empieza a ser obsoleta, frente a los últimos avances, la fabricación de estos equipos se hace mas costosa por la disminución en la demanda. Este resultó el factor decisivo para trabajar con la Serie M.

La Serie M presenta adicionalmente mejoras en todos los aspectos de relevancia, incluyendo tecnologías de calibración de vanguardia y un muestreo mucho más fluido, sin interrupciones bruscas y de mayor precisión.

Una vez evaluados los dos dispositivos correspondientes a la Serie M, resultó favorecido el PCI-6221, ya que permite la salida de dos canales analógicos, necesarios en caso de controlar algún proceso o variable con esas características dentro del laboratorio, todo esto como parte del plan visionario de extender estas actualizaciones a otros equipos.

Ambiente de Instrumentación Virtual

La Facultad de Ingeniería de La Universidad Central de Venezuela cuenta con una licencia completa para la utilización de **LabVIEW**, dicha licencia se encuentra administrada actualmente por el Dr. Luis Amorer, Coordinador de Postgrado de la Facultad. Siendo este software altamente recomendado y completamente compatible con los dispositivos evaluados, resulto la mejor opción para su utilización. Entre sus características tenemos:

- Programación gráfica
- Herramientas de alto nivel para desarrollo
- Funciones integradas de medidas y análisis
- Diseño de interfaz de usuario
- Adquisición de datos
- Control de instrumentos
- Integración externa de código
- Conectividad con Web
- Control de código fuente
- Comunicación por red
- Entrada y salida de reportes

Selección del Computador Personal

El computador personal (PC), para implementar el sistema de adquisición de datos, debe cumplir los requerimientos mínimos para permitir al software de instrumentación virtual funcione correctamente sin forzar al sistema, evitando así, que durante la realización de un ensayo, el sistema operativo colapse. Por tal motivo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Procesador Intel Pentium IV 2.4 GHz
- Memoria RAM 256 MB
- Sistema operativo Microsoft Windows 2000/XP
- Tarjeta de Video de 32 MB
- Espacio libre en disco superior a 3 GB

Se requiere que el PC tenga la capacidad de copiar los datos obtenidos en unidades de CD, para de esta manera tener soporte de los mismos y poder liberar el espacio en disco que ocupen los mismos.

Para la selección se solicitaron varios presupuestos resultando el siguiente el de mayor interés:

- Tarjeta Madre PC CHIP Pentium IV: 3 puertos PCI, sonido, video y red integrados
- Disco duro Samsung 80 GB
- Procesador Intel Pentium IV 3.2 GHz
- Memoria RAM 512 MB
- Copiadora de CD LG 52x / 52x W / 32x RW

Costo Bs. 950.000,00

Una vez estudiado el presupuesto se decidió no efectuar la inversión, ya que dentro de las instalaciones de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica se disponía de un PC en óptimas condiciones con características similares, y en algunos casos superiores, al revisado. Este equipo desempeñaba funciones administrativas, por tal motivo no se sacaba el máximo provecho de su capacidad. Las características son las siguientes:

- Sistema operativo Microsoft Windows XP Profesional, Versión 2002 SP 2. Registrado a nombre de: Facultad de Ingeniería 76460-OEM-0011903-00107
- Disco duro de 70 GB
- Procesador Pentium IV 3.06 GHz
- Memoria RAM 1 GB
- Tarjeta de video integrada de 32 MB
- Copiadora de CD / DVD
- Equipo Fabricado y con soporte de IBM Corporation

Al utilizar este equipo se reducen los costos y ayudamos a administrar con mayor efectividad los recursos disponibles dentro de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.

NI-DAQmx

Los instrumentos de medición de Nacional Instruments incluyen el software controlador NI-DAQmx, una extensa librería de funciones ANSI C, .NET y VI que pueden ser invocadas por cualquier software de aplicaciones, como LabVIEW, LabWindows/CVI o Microsoft Visual Studio .NET, para programar los elementos de medición, tales como las tarjetas de adquisición de datos multifuncionales de la Serie M. El paquete incluye:

- DAQ Assistant: Permite de forma gráfica de configurar canales virtuales y tareas de medición para los dispositivos, así como también generar código, basado en los canales virtuales, para usarse en LabVIEW y Measurement Studio
- Incrementa el desempeño de los dispositivos
- Permite simular una gran cantidad transductores para efectuar pruebas y modificaciones en las aplicaciones sin conectar equipos reales

Código Generado

Dada la versatilidad de los dispositivos y software de NI, cuyo desarrollo y evolución tiene mas de 20 años en la industria, se ha podido generar el código a utilizar, basado en programación visual orientada a objetos, de forma asistida.

La solución presentada es un instrumento virtual de cuya interfaz hombre-máquina es gráfica y amigable, en la misma pueden modificarse los parámetros de velocidad de muestreo y así ajustarse al tipo de ensayo. A continuación se muestran los módulos que componen el diagrama de bloques:

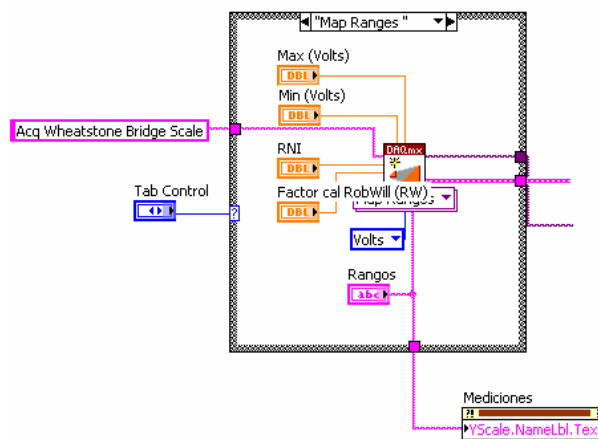


Figura 25. Generación de la escala

Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado

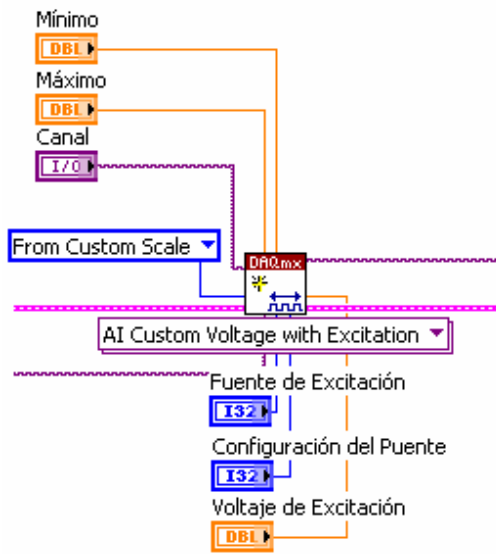


Figura 26. Selección del canal físico
 Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado

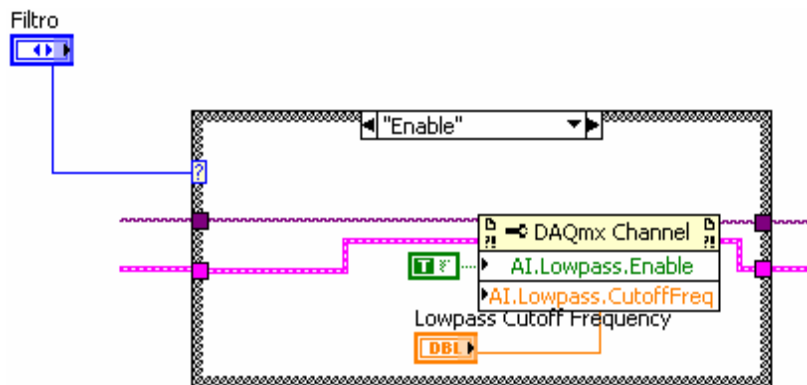


Figura 27. Estructura case para los parámetros del filtro
 Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado

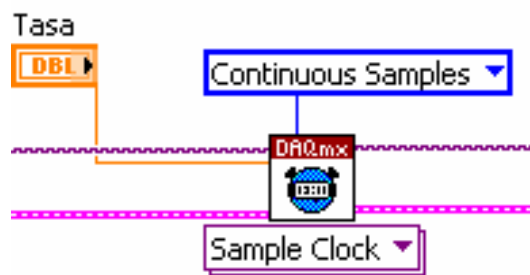


Figura 28. Temporizador y tipo de muestreo
 Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado

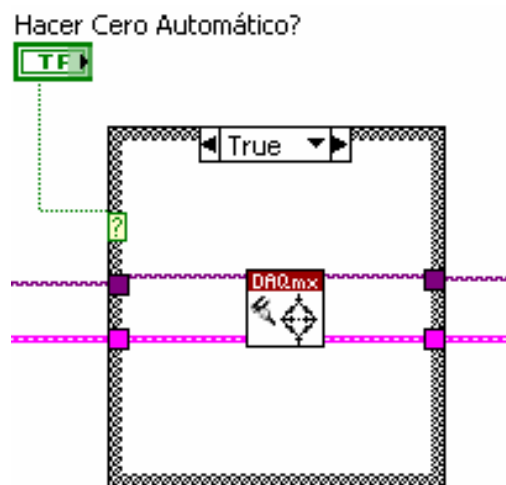


Figura 29. Estructura case para establecimiento del cero automático
 Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado



Figura 30. Comienzo de la adquisición de datos

Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado

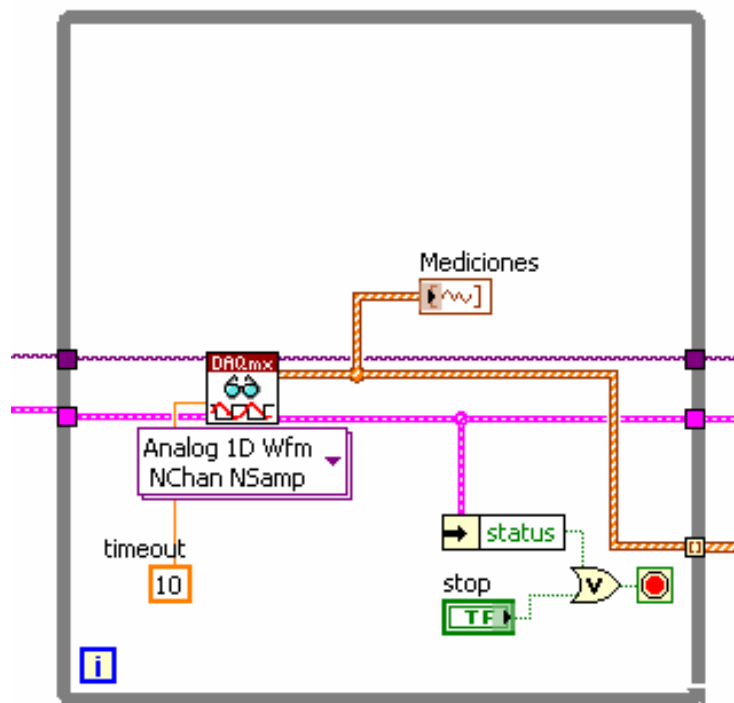


Figura 31. Estructura while para generación de datos

Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado



Figura 32. Limpieza de la tarea efectuada
Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado



Figura 33. Ventana de error y escritura de datos
Fuente: Extracto del diagrama de bloques del VI generado

Metodología de Calibración

La señal que recibe el SAD viene expresada en unidades de voltaje, siendo el valor de la misma directamente proporcional a la carga aplicada, es necesario hallar un factor de conversión, lo llamaremos **RobWill (RW [kg/mV])**, para poder así expresar la carga en kilogramos.

Inicialmente se estimará un valor para esta conversión, por tanteo, sometiendo a la celda al efecto de un peso muerto. Luego se efectuarán entre 5 y 10 mediciones utilizando un anillo de calibración, las cuales podrán compararse y obtener un valor de conversión más cercano a la realidad. Por último, se repetirá el procedimiento anterior, esta vez con tres muestras, se podrá apreciar el error presente, el cuál debe ser menor al 1% de la capacidad de la celda para considerarse como un instrumento de medición clase A, y se efectuará un recálculo del valor de conversión para así obtener el valor de la constante **RW**.

CAPITULO VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se exponen las tablas y datos obtenidos durante el procedimiento de calibración, expuesto en el capítulo anterior. Esto con el fin de hallar el factor de conversión **RW**. Para efectos de las pruebas preliminares, así como también, luego de la primera calibración, lo llamaremos simplemente factor de conversión.

Se llegó al factor de conversión mostrado en la prueba preliminar por tanteo, para tener una referencia y no estar relativamente alejado del valor real y evitar así cualquier tipo de error.

Prueba Preliminar

Factor de conversión: 95 kg / mV

Primera Calibración

Los datos mostrados a continuación fueron obtenidos durante la primera calibración, se efectuaron seis (6) mediciones con el anillo de calibración, las cuales son expresadas como carga real, y, paralelamente, se adquirió la data con el SAD, de estos datos se obtuvo el promedio. Aplicando regla de tres, se calculó para cada medición, el factor de conversión correspondiente y se sacó el promedio de todos ellos.

Los datos mostrados a continuación son de carga aplicada, expresada en kg.

Datos de Carga del SAD [kg.]	261,3	332,4	315,6	386,4	433,0	494,8
	262,1	333,0	316,4	385,7	435,5	494,8
	260,5	334,2	314,7	388,4	431,6	496,8
	261,3	332,5	315,3	388,0	429,3	495,1
	260,5	334,7	314,5	388,9	430,5	496,2
	261,0	333,1	315,8	389,3	429,9	495,9
	261,9	334,2	316,9	388,4	432,1	494,9
	260,7	334,7	315,9	387,7	434,5	497,1
Promedio [kg.]	261,2	333,6	315,6	387,8	432,1	495,7
Carga Real [kg.]	237,7	303,9	284,9	362,1	401,0	468,9
Conversión [kg. / mV]	86,5	86,5	85,7	88,7	88,2	89,9

Tabla 5. Datos Primera Calibración

Fuente: Datos de planta

Factor de conversión promedio: 87.5 kg / mV

Calibración Final

El procedimiento seguido para la calibración anterior fue repetido, esta vez solo para tres (3) mediciones. De esta forma se obtuvo el factor **RW**

Los datos mostrados a continuación son de carga aplicada, expresada en kg.

Datos de Carga del SAD [kg.]	235,4	468,5	603,1
	236,8	467,9	604,7
	235,6	467,6	604,4
	234,0	469,0	604,2
	233,8	468,6	603,7
	234,4	471,8	604,4
	232,8	471,3	604,9
	230,4	468,6	603,9
	232,4	468,5	601,6
	229,4	467,5	603,2
	230,7	465,5	604,4
	231,0	466,9	605,8
	230,1	465,5	605,1
230,1	464,6	607,1	
Promedio [kg.]	232,6	468,0	604,3
Carga Real [kg.]	228,3	478,6	609,1
Conversión [kg. / mV]	85,9	89,5	88,2

Tabla 6. Datos Calibración Final
Fuente: Datos de planta

RW = 87.9 kg / mV

Máximo error apreciado: 0.4 % de la capacidad de la celda

Se pudo observar que la variación sufrida por el factor de conversión entre la primera y la segunda calibración es bastante bajo, 0.4 kg / mV, comparado con el error asociado al ruido dentro de la señal proveniente de la celda, el cuál tiene como valor máximo +/- 10 kg.

El valor máximo del error asociado al ruido se determinó al obtener mediciones del SAD con la máquina de ensayos descargada, esto luego de haberse efectuado varios ensayos, para así tomar en cuenta el efecto del calentamiento de la celda de carga.

El error apreciado durante las pruebas de calibración final resulto menor al 1% de la capacidad total de la celda, 2500 kg., lo cual indica que, bajo los estándares ASTM, se logró la calificación de Instrumento de Medición clase A, sin embargo haría falta el aval de un ente certificado para que la calificación sea oficial.

Ensayos Efectuados

Una vez calibrada la máquina, se hizo necesario demostrar que los datos son reproducibles, es decir, si se somete la celda a una carga determinada en distintas ocasiones, el valor arrojado por el SAD debe encontrarse dentro del rango de error permitido por la norma. Para ello se usaron tres (3) muestras de alambre comercial, simulando así probetas cilíndricas, y se sometieron a un ensayo de tracción, determinando así la carga aplicada en el punto de la resistencia última del material.

A continuación presentamos las gráficas obtenidas.

Muestra de alambre I

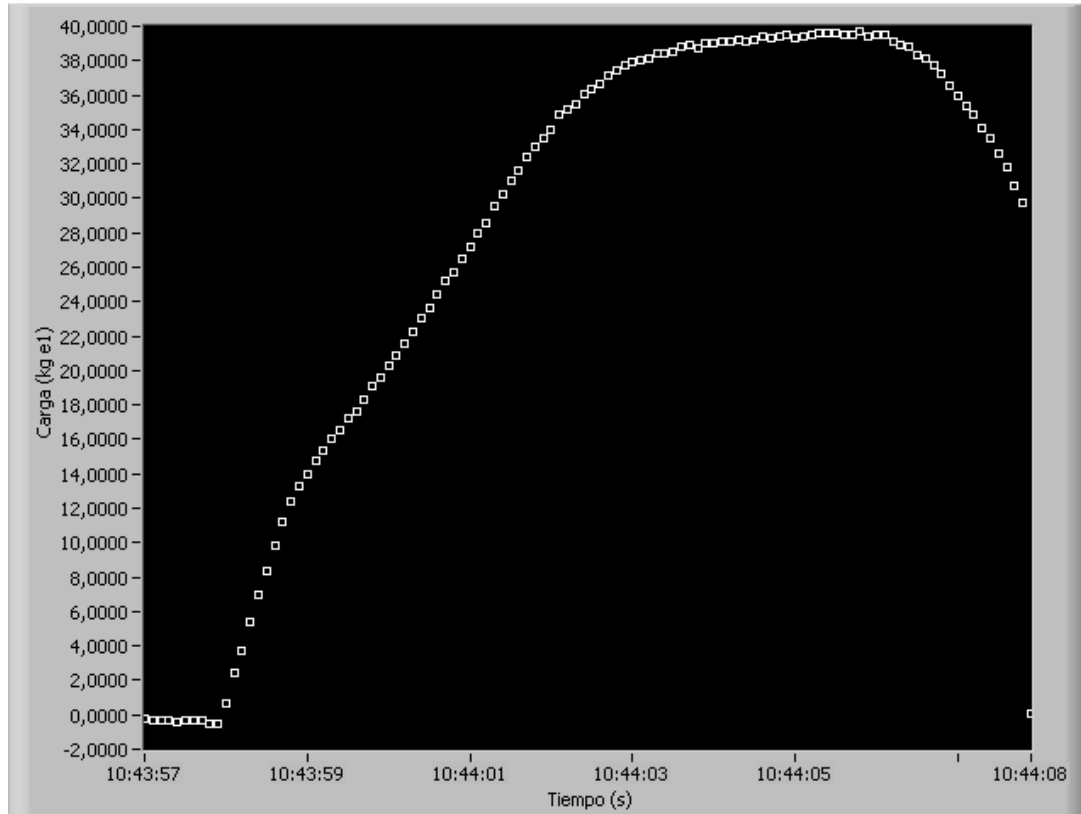


Figura 34. Carga vs. Tiempo - Alambre I

Fuente: Datos de Planta

Carga Máxima: 396 kg +/- 10 kg

Muestra 2

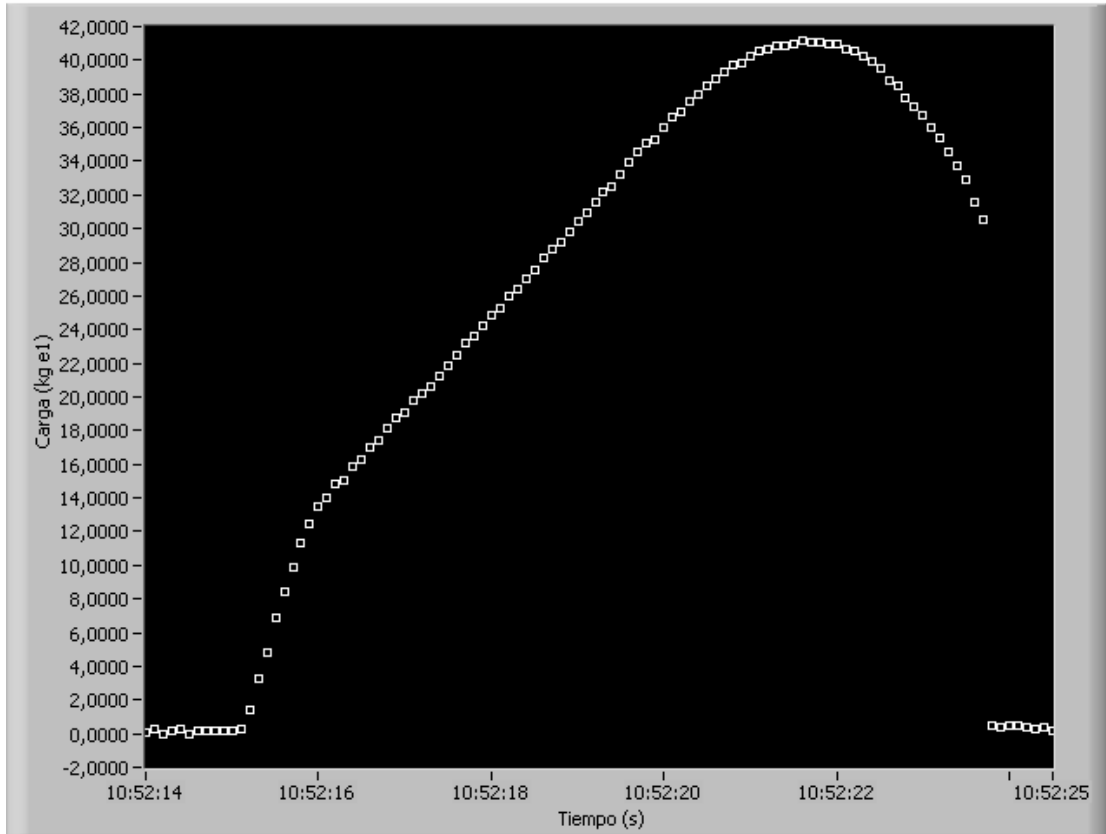


Figura 35. Carga vs. Tiempo - Alambre II

Fuente: Datos de Planta

Carga Máxima: 409 kg +/- 10 kg

Muestra 3

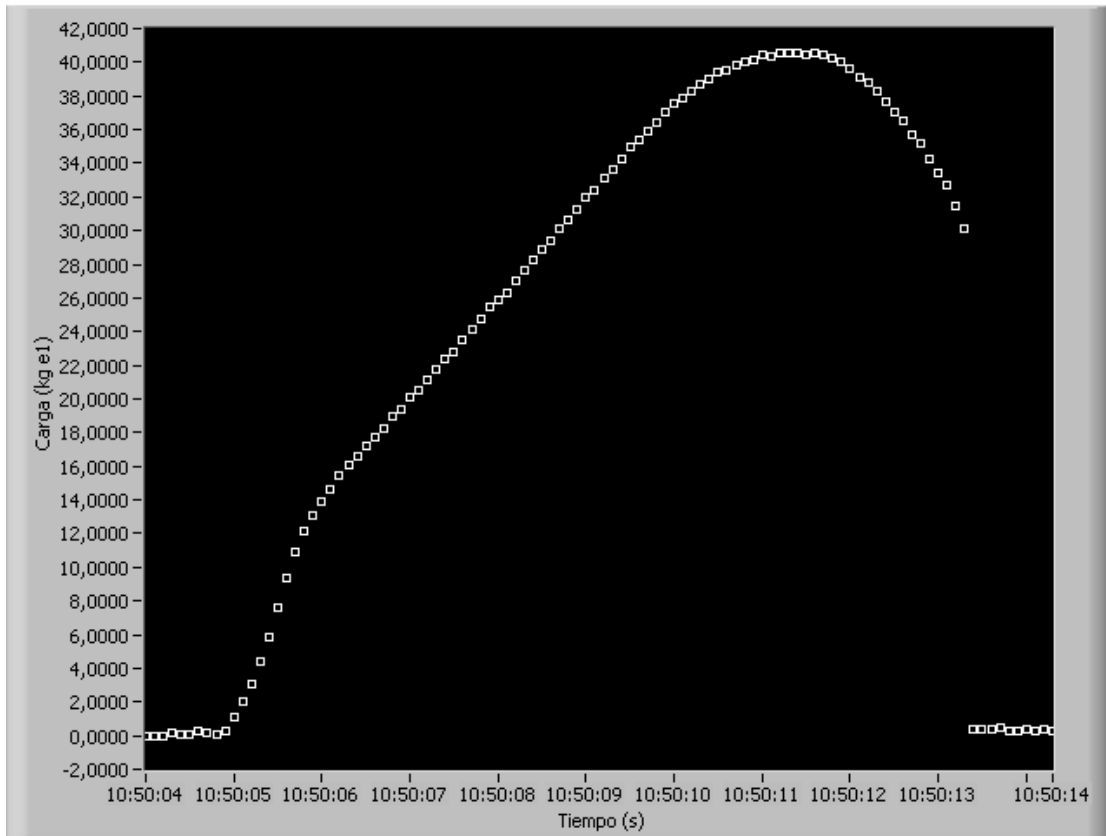


Figura 36. Carga vs. Tiempo – Alambre III

Fuente: Datos de Planta

Carga Máxima: 406 kg +/- 10 kg

Carga Máxima Promedio: 404 kg +/- 10 kg

Pudo apreciarse que todos los valores de carga máxima se encuentran dentro del rango de error establecido por la norma, menor al 1% de la carga total, demostrando así que los datos obtenidos por el SAD son completamente reproducibles.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se efectuó una investigación exhaustiva acerca del tipo de adaptaciones en Sistemas de Adquisición de Datos en aplicaciones del campo ingenieril.
- Se estudiaron las diferentes posibilidades en sistemas de adquisición de datos para aplicar junto con sus ventajas y desventajas.
- Se determinaron los requisitos computacionales necesarios para el desempeño eficiente del SAD.
- Se generó de forma asistida el código de programación para el instrumento virtual que controla el SAD.
- Se acondicionó de forma efectiva la señal de salida del transductor.
- Se calibró el SAD, utilizando un anillo de calibración, obteniendo un porcentaje de error menor al 1 % de la capacidad de la celda, lo cual, según la norma ASTM E74–02, califica a la máquina como un instrumento de medición clase A.
- Se determinó el factor de conversión **RobWill** ($RW = 87.9 \text{ kg / mV}$)

El trabajo abarcó lo relacionado al entorno comunicacional de la maquina de ensayos mecánicos y el operador, proporcionando de esta manera un mejor desempeño y una mayor confiabilidad en los datos arrojados por esta. La culminación de este trabajo otorga las siguientes ventajas a la maquina de ensayos.

- Capacidad de adquirir datos analógicos y ser almacenados en forma digital en un formato para ser usado por el controlador.
- Capacidad de desplegar gráficamente y en tiempo real la carga aplicada durante el ensayo de una probeta
- Almacena en disco una secuencia finita de datos de tiempo, velocidad de avance del ensayo y voltaje de salida del transductor (celda de carga)
- El programa que maneja el ensayo es un modelo abierto de desarrollo.

- Posee tecnología de bajo costo y disponible en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, lo que permite administrar de manera eficiente los recursos disponibles en la Escuela.
- Es capaz de arrojar datos altamente confiables y de mucha aplicación para el departamento de ensayos mecánicos de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.

Se recomienda completar la automatización de la máquina de ensayos implementando controles de arranque y parada del motor, así como también de avance o retroceso, dentro del instrumento virtual desarrollado. Con esto se hace más sencillo el proceso, agrupando en un solo comando el inicio del ensayo y la captura de datos.

Se propone estudiar el efecto dentro de la celda de carga generado por las variaciones en la temperatura ambiental y el arrastre de carga consecuencia de un número de ensayos consecutivos efectuados en tiempos relativamente cortos

Una vez culminada adaptación, el siguiente paso debe ser implementar sistemas similares en el resto de las máquinas presentes en el laboratorio, empezando por la otra Máquina de Ensayos de Compresión – Tracción Vertical, capacidad 10.000 kg, que actualmente se encuentra no operativa por disponer de un Sistema de Adquisición de Datos cuya tecnología es obsoleta.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ASTM E74–02. “*Standard practice of calibration of force-measuring instruments for verifying the force indicator of testing machines*” United States: ASTM International.

[2] ASTM E8–047. “*Standard test methods for tension testing of metallic materials*” United States: ASTM International.

[3] Beer, Ferdinand P.; Johnston, E. Russel. 1995. “*Mecánica de materiales*”. 2da Edición. Colombia: Editorial McGraw Hill

[4] Campos Álvarez, José /y otros/. 2004 “*Desarrollo de un sistema de adquisición de datos para medir temperatura y voltaje en celdas solares*”.

[5] Huamán E., Carlos. /y otros/. Programa Científico PC - CISMID, 1999-2000, 2001. “*Implementación del equipo de adquisición de datos de prospección sísmica*”.

[6] Instron Corporation. “*Instron Universal Testing Instrument – Model 1130 – Operating Instructions*”.

[7] Instron Corporation. “*Instron Universal Testing Instrument – Model 1130 – Mechanical and Electrical Maintenance*”.

[8] Instron Sudamérica [en línea] <http://www.instron.com> [consulta: 07/11/2006]

[9] Kleisinger, Gretchen H. /y otros/. 2004 “*Adquisición y Análisis de ECG con Instrumentos Virtuales*”.

[10] Kuo, Benjamin. 1996. “*Sistemas de control automático*”. 7ma edición. México: Editorial Prentice-Hall

[11] Lázaro, Antonio Manuel. 1997 “*LabVIEW, Programación gráfica para el control de instrumentación*”. Madrid: Editorial Paraninfo.

[12] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: “*DAQ M series user manual*”.

[13] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: Versión 10. “*Digital-to-analog converter (DAC) testing advanced concepts applications*”.

[14] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: Versión 10. *“Introduction to data acquisition”*.

[15] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: Versión 8. *“Low level DC and AC measurements – Intermediate analog concepts”*.

[16] National Instruments Corporation. 2005. Manual de referencia: *“Multifunction DAQ accessory and cable selection guide”*.

[17] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: *“NI 622x specifications”*.

[18] National Instruments Corporation. 2004. Manual de referencia: *“Safety and radio-frequency interference”*.

[19] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: Versión 10. *“Sampling/Digitizer basics – general analog concepts”*.

[20] National Instruments Corporation. 2006. Manual de referencia: *“SC-2345/2350 carrier user manual”*.

[21] National Instruments Corporation. 2004. Manual de referencia: “*SCC-SG series strain gauge modules user manual*”.

[22] National Instruments Corporation. 2005. Manual de referencia: “*SCC Quick start guide*”.

[23] National Instruments Corporation [en línea] <http://www.ni.com> [consulta: 14/11/2006]

[24] Nise, Norman. 2000 “Control Systems Engineering”. Editorial John Wiley & Sons.

[25] Omega Engineering, Inc. [en línea] <http://www.omega.com> [consulta: 25/11/2006]

[26] Orozco G Álvaro A., Holguín L Germán A. 2000 “*Diagnóstico del sistema de frenado de vehículos utilizando instrumentación virtual*”

[27] Padrón, María A., /y otros/. 2005 “*Instructivo para la presentación de tesis de pregrado, postgrado, doctorado y trabajos de ascenso*”. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Comisión de Bibliotecas

[28] Pineda C. Jose C., /y otros/. 2004 “*A mechatronic industrial machine, controlled as pwl system*”.

ANEXOS

UNIVERSIDAD CENTRAL
DE VENEZUELA



FACULTAD DE INGENIERIA

N° 12-32-254

ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA
Y CIENCIA DE LOS MATERIALES
DIRECCION

Caracas, 07 de Febrero de 2007

Señores:
NATIONAL INSTRUMENTS
SALES OFFICE. USA
Presente.-

Atención: **Sr. Luis Barbosa**

Tengo el agrado de dirigirme a Uds. en la oportunidad de confirmarles por esta vía, que los presupuestos para la compra de equipos y materiales solicitados por los Bachilleres Wilfredo Marín y Roberto Pulido son para ser utilizados en la captación de data de manera digital (y no analógica a través de registro en papel o gráfica con plumilla como es en la actualidad) de la Máquina Universal de 2,5 Ton. de ensayos mecánicos (Tracción y Compresión) para materiales de baja resistencia, la cual forma parte de nuestros equipos del Laboratorio Docente de Ensayos Mecánicos; aspecto que será llevado a cabo a través del Trabajo Especial de Grado de los Bres. Marín y Pulido.

Los insumos que ya fueron solicitados por los referidos estudiantes y que estamos interesados en adquirir son básicamente:

- 1 tarjeta para la adquisición de datos.
- 1 concentrador de módulos
- 1 módulo acondicionador de señal
- Cables y terminales.
- 2 reles.

Sin otro particular a que hacer referencia y agradeciendo de antemano la atención y el apoyo que tenga a bien prestarnos, sobretodo en el mantenimiento de precios especiales de los insumos solicitados para nuestra Institución, queda de Uds.

Atentamente,


PROF. SONIA CAMERO
DIRECTORA



SC/mg.

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Apartado Postal 51717 Caracas 1050, Venezuela.
Telf. 58-212-605.10.27 / 33 FAX: 58-212-605.15.15
www.ucv/metalurgia.htm

Anexo 1. Comunicado para la confirmación de orden de compra



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
Telef.Fax 505 1588 www.ucv.ve/metalurgia.htm Caracas-Venezuela



CENTRO DE BIOMATERIALES

Caracas, 24 de Abril de 2007.

Dr. Luis Amorer
Coordinador Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad Central de Venezuela
Presente.

Estimado Profesor Amorer:

Después de saludarlo, tengo el agrado de dirigirme a Ud., con la finalidad de solicitar sus buenos oficios para la autorización de uso de la **Licencia del Software Lab-View** adquirido por la Facultad de Ingeniería.

Dicho software será utilizado por los Bachilleres: Roberto Pulido y Wilfredo Marín, estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en conjunto con un hardware de conversión AD adquirido por el Centro de Biomateriales de la Escuela de Metalurgia en su tesis de grado la cual se está efectuando conjuntamente entre la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y la Escuela de Ingeniería Mecánica y versa sobre la repotenciación a través de la digitalización de los resultados de los ensayos realizados en una máquina de ensayos universal de tracción marca Instron que pertenece al Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Escuela de Metalurgia y que será utilizada por el Centro de Biomateriales de esta Escuela en la ejecución de un proyecto de producción de Materiales Restauradores Dentales

Anexo 2. Solicitud de uso de la licencia de LabVIEW

y en las prácticas docentes de las materias: Ensayos Mecánicos y Laboratorio General.

Sin otro particular al que hacer referencia y agradeciendo la atención y deferencia a esta solicitud, quedamos de Ud.,

Atentamente



Profesor Ramón Armando Caballero A.
Coordinador

Anexo 3. Solicitud de uso de la licencia de LabVIEW

UNIVERSIDAD CENTRAL
DE VENEZUELA



FACULTAD DE INGENIERIA

Nº 12-210

ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA
Y CIENCIA DE LOS MATERIALES
DIRECCION

Caracas, 27 de junio de 2007

Ciudadano
Prof. DUILIO MARCIAL
Director del IMME
Presente

Por medio de la presente me dirijo a usted en la oportunidad de solicitar sus buenos oficios, a fin de obtener a manera de préstamos del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), dependencia que usted dirige, el *ANILLO DE CALIBRACIÓN DE 1000 Kg.*, para calibrar el equipo de tracción de 2.5 Ton., perteneciente al Laboratorio de Ensayos Mecánicos de nuestra Escuela, este trabajo de Grado esta bajo la tutoria del Prof. Ramón Armando Caballero.

Sin otro particular a que hacer referencia y agradeciendo de antemano la atención y el apoyo que tenga a bien prestarnos, queda de Ud.

Atentamente,


PROF. SONIA CAMERO
DIRECTORA



CC.: César Peñuela / Coord. Nave de Ensayo Físico

SC/mg.

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Apartado Postal 51717 Caracas 1050, Venezuela.
Telf. 58-212-605.10.27 / 33 FAX: 58-212-605.15.15
www.ucv/metalurgia.htm


28-6-07
IMME-UV

Anexo 4. Comunicado de solicitud del anillo de calibración al IMME

Manual de Operación – Load Cell 2511-326.vi
(Anexo 5)

**Elaborado por: Marín G., Wilfredo J.
Pulido C., Roberto R.**

Preparación del Ensayo

Encendido de los equipos:

Deben accionarse los interruptores mostrados en las siguientes figuras para encender el motor de la máquina y el computador

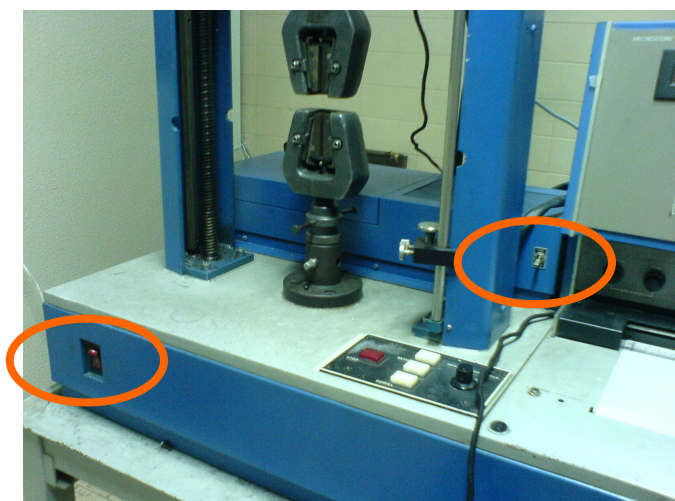


Figura 1. Interruptores de encendido de la maquina de ensayos



Figura 2. Interruptor de encendido del PC

Por último, debe efectuarse el montaje de la probeta en el sistema de agarre de la Máquina de Ensayos, a continuación se muestra una probeta lista para someterse a un ensayo de tracción



Figura 5. Montaje para un ensayo de tracción

Desarrollo del Ensayo

En esta etapa describiremos como debe iniciarse el ensayo y la captura de datos del SAD, en la siguiente figura se muestra el panel frontal del VI.

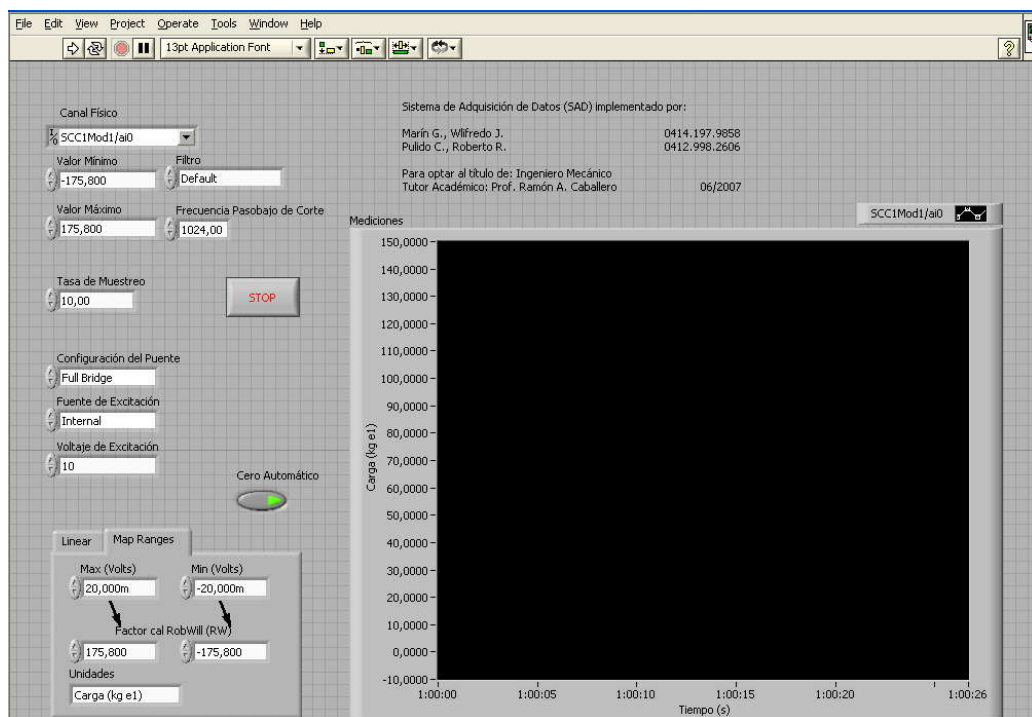


Figura 6. Panel frontal del Instrumento Virtual

Para iniciar la toma de datos en el panel frontal del SAD hacemos clic en el botón de arranque, identificado en la figura 7, esto pone en marcha el instrumento virtual

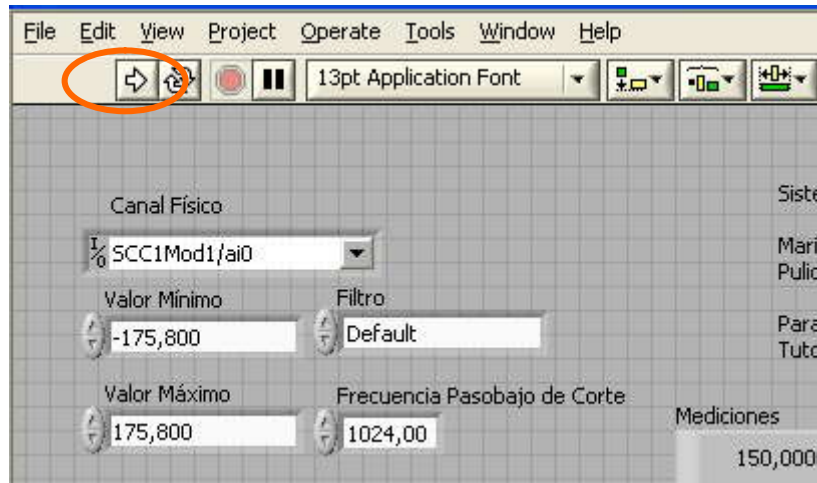


Figura 7. Botón de arranque del VI

Al empezar a adquirirse la data, debe iniciarse el ensayo accionando el botón correspondiente en el panel de control de la máquina, el tiempo entre el comienzo de la toma de datos y el arranque de la máquina debe ser lo mas corto posible

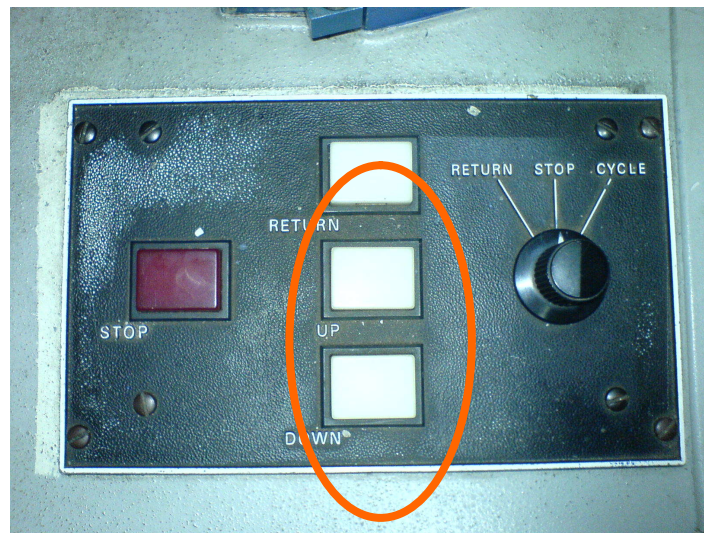


Figura 8. Panel de control de la Máquina de Ensayos

Una vez finalizado el ensayo, se debe detener la rutina del instrumento virtual mediante el botón de parada.

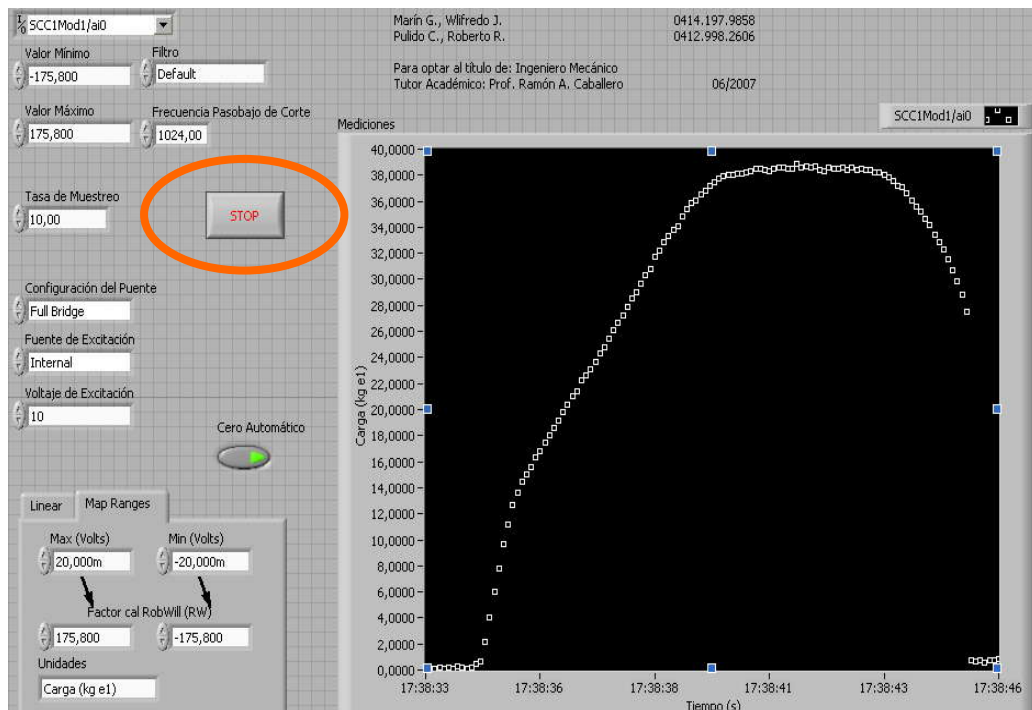


Figura 9. Final de la captura de datos

En este momento emergerá una ventana solicitando el nombre del ensayo, figura 10, se recomienda que el mismo describa el material de la probeta, la hora en que se efectuó el ensayo y la tasa de muestreo aplicada. Ejemplo: **Aluminio 165110**, esto indica que el material ensayado fue aluminio y que se efectuó a las 16:51, con una tasa de 10 muestras por segundo. El archivo creado se almacenará por defecto en el subdirectorio “C: \Mis Documentos \load cell 2511-326 \Ensayos”

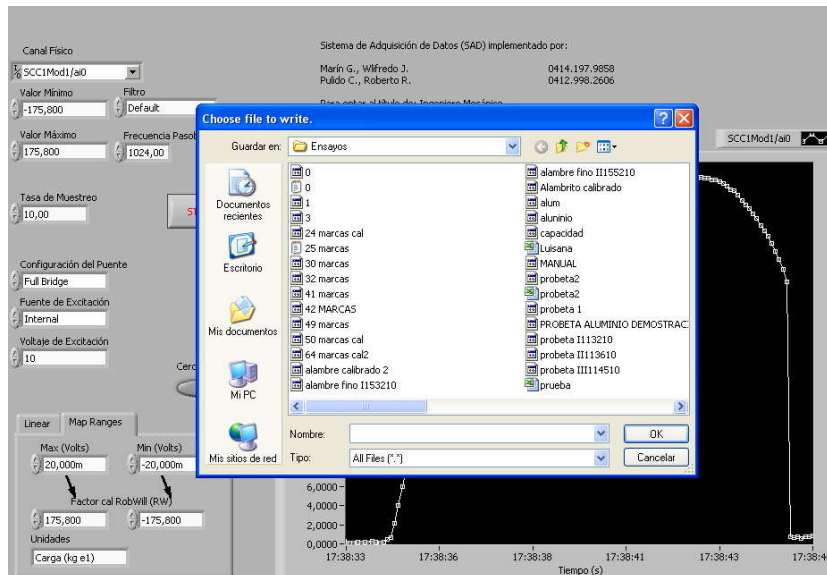


Figura 10. Ventana emergente

Luego de guardarse el archivo es necesario limpiar la ventana del gráfico para preparar el instrumento para un próximo ensayo. Pulsando el botón derecho del ratón en la misma se debe seleccionar la opción **“Clear Chart”**

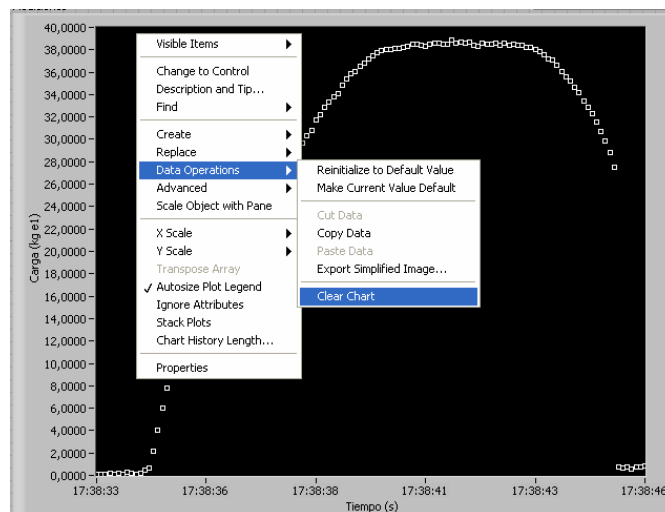


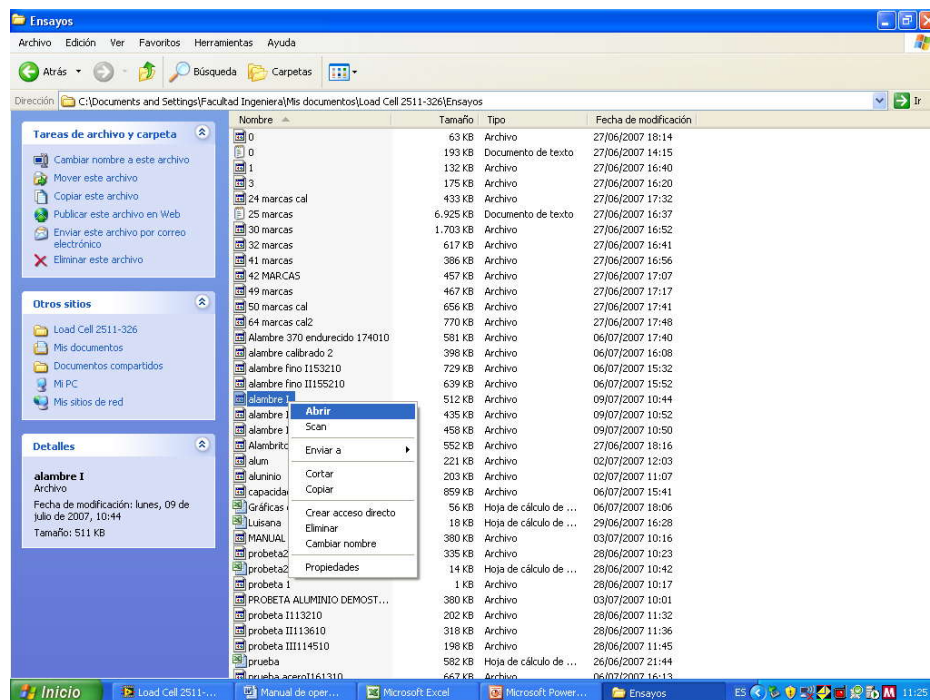
Figura 11. Limpieza de la carta

Tratamiento de la Data

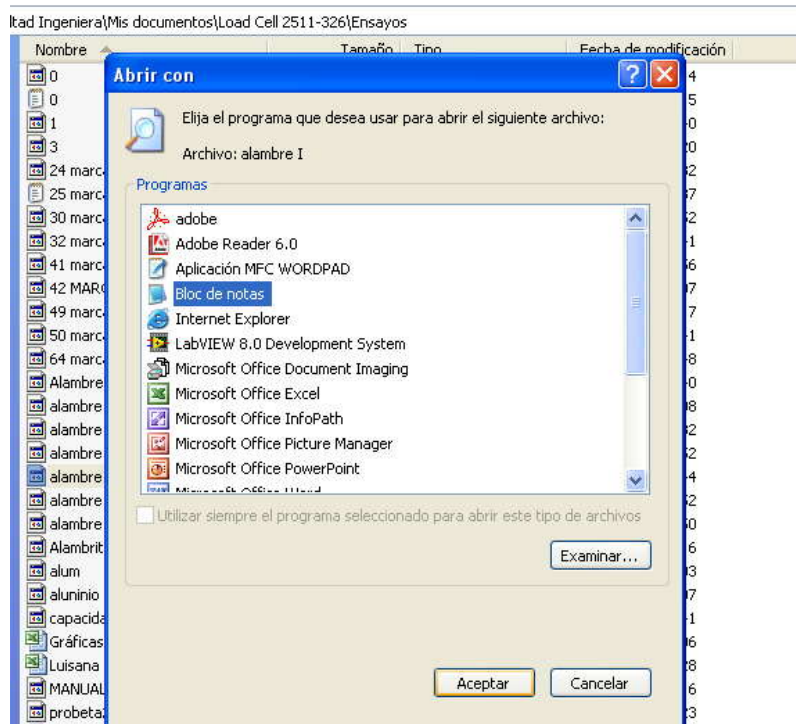
Al llegar a este punto ya se ha generado un archivo que contiene la data obtenida del ensayo. Este archivo aún no está depurado, ya que para garantizar la transmisión de los datos, la velocidad de escritura es mayor a la de muestreo. Utilizando las herramientas disponibles en Excel podemos filtrar el archivo, extrayendo únicamente la información útil.

Primero debemos abrir el archivo en un editor de texto como Bloc de Notas, se deben copiar todos los datos del mismo, salvo que la cantidad de los mismos supere el valor de 65000, en cuyo caso se copiarán por grupos, y se pegarán en Excel para ser filtrados.

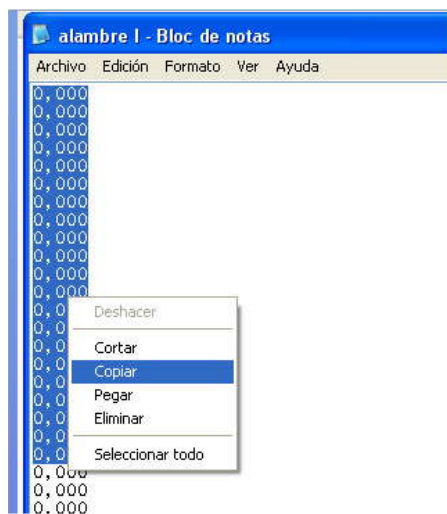
1. Buscamos el archivo en el directorio



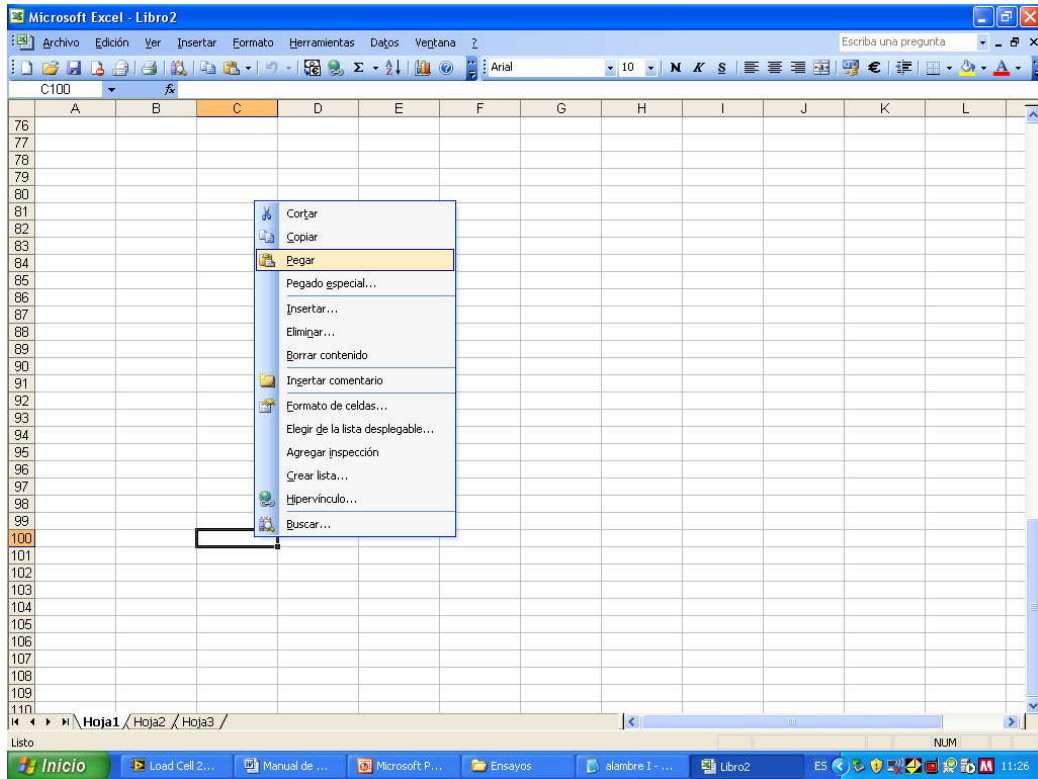
2. Abrimos como una archivo de texto



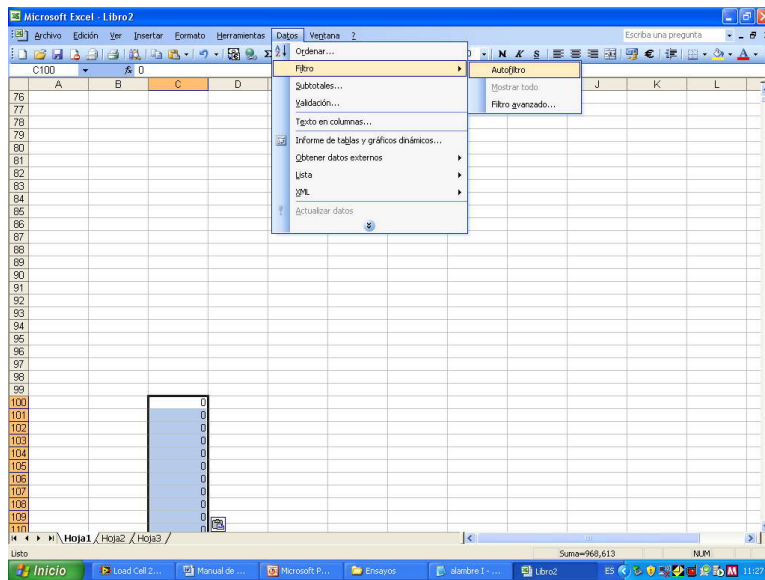
3. Copiamos la data



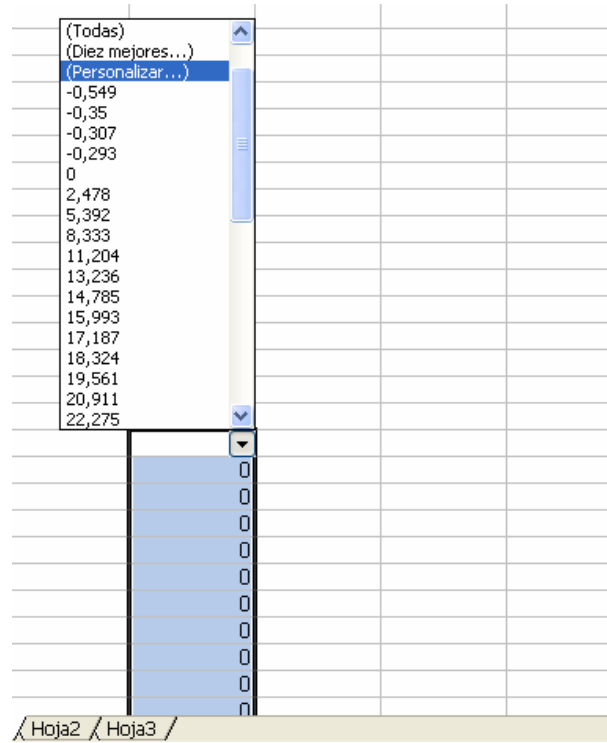
4. Pegamos la información en un documento en blanco, formato Excel



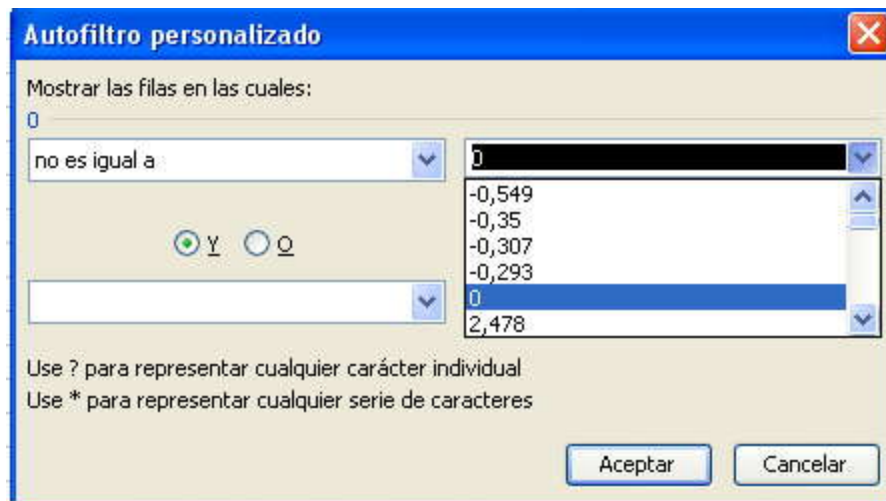
5. Utilizamos la herramienta FILTRO, en la pestaña DATOS



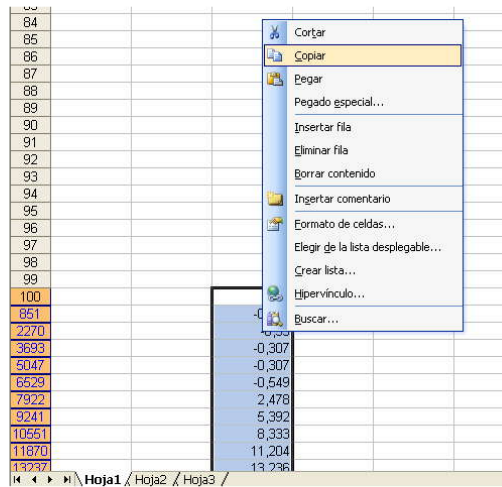
6. Personalizamos los parámetros del filtro



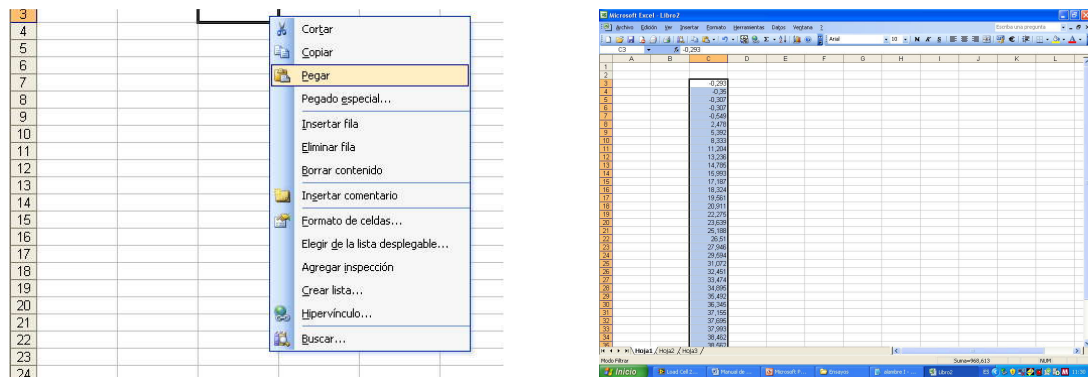
7. Seleccionamos “No es igual a” “O”



8. Copiamos los valores filtrados para exportarlos



9. Pegamos los datos filtrados aparte



Una vez efectuado este procedimiento, ya la data se encuentra filtrada y lista para ser llevada al módulo de tratamiento para aplicar las fórmulas que permitan apreciar la grafica de Esfuerzo vs. Deformación.