



T  
620.11244  
BON

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Desarrollo de un Sistema de Adquisición de Datos para la  
Máquina Universal de Ensayos del Laboratorio de Sólidos de la  
FIMCP"

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA MECÁNICA**



Presentada por:

Celia Antonieta Bonifaz Ordóñez



**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2002



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS, por haberme otorgado sus más ricas bendiciones.

A mi Director de Tesis Ing. Francis Loayza por su colaboración en la realización de esta Tesis.

A Alexander López por su valiosa ayuda en el transcurso de mi carrera politécnica.

## DEDICATORIA

A MIS QUERIDOS  
PADRES: NORMA Y  
JOSÉ.

A MIS HERMANOS  
GIOVANNY Y MARIANA,

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

Ing. Francis Loayza P.  
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alfredo Torres G.  
VOCAL








## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"



(Reglamento de Graduación de la ESPOL).





Celia Antonieta Bonifaz Ordóñez

## RESUMEN

Las tendencias de avance tecnológico son cada vez más acentuadas. Y como estrategia para enfrentar este nuevo escenario, la actualización técnica representa un parámetro que es necesario considerar.

Como parte del desarrollo institucional tecnificado del que esta siendo parte la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, se plantea este proyecto de actualización de la máquina de ensayos universales del Laboratorio de sólidos, para incrementar el prestigio de los servicios de ensayo y calibración prestados a la industria, así como también fortalecer el conocimiento de los estudiantes y proveer a los profesores nuevas herramientas para verificar sus conceptos con metodologías encaminadas a nuevas ciencias aplicadas.

El estado actual de la máquina de ensayos universales no presenta flexibilidad, ni realiza ningún tipo de cálculo, se limita solamente a la presentación de una curva en la cual el operador debe interpretar los resultados creándose errores de apreciación, otro inconveniente es que no se tiene una capacidad de almacenamiento por lo que los resultados no están fácilmente disponibles para verificaciones posteriores. Todo esto puede conllevar a resultados técnicamente inexactos.

El presente trabajo tiene como objetivo aumentar la confiabilidad, precisión, flexibilidad y rapidez de los resultados obtenidos en los métodos de ensayos normalizados a través de la implementación y adaptación de un sistema de adquisición de datos por computadora, versátil, eficaz y productivo para la máquina de ensayos universales del laboratorio de sólidos, con la ayuda de un programa realizado en lenguaje Labview especialmente diseñado para proporcionar comunicación directa con los dispositivos de medición de campo (sensores) y monitorear el proceso en tiempo real desde la pantalla del computador. Este programa permitirá procesar con gran rapidez los datos y mediante cálculos matemáticos obtener los resultados requeridos por el usuario, además tendrá la capacidad de generar reportes de los ensayos, los cuales podrán ser almacenados para una



imprimir tanto las gráficas como los resultados del ensayo, todo esto manteniendo una comunicación fácil y amigable con el usuario.

Primeramente se hará el análisis de las variables implicadas en la realización del ensayo, luego se hará la selección y construcción en el caso que sea necesario de los sensores-transductores que me permitan medir las variables fuerza y deformación esta última basada en dos métodos directo e indirecto, posteriormente se construirá un circuito electrónico para poder adaptar la señal a los rangos de operación de los módulos de adquisición de datos (Fieldpoint), luego se hará la calibración tanto de la celda de carga como de los dispositivos para medir deformación, y por último se hará un programa en lenguaje gráfico con programas normalizados, para que el usuario pueda seleccionar entre las opciones del sistema qué hacer con la información recibida desde cada uno de los sensores de entrada y también escoger el procesamiento y la presentación de los resultados. Este programa será capaz de proveer flexibilidad en la generación de reportes y en el almacenamiento y recuperación de resultados de las pruebas.



Esperamos que dicho trabajo contribuya a mejorar nuestra visión sobre la tecnología moderna y a su vez nos permita buscar nuevas aplicaciones a la Ingeniería mecánica.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	VI
ABREVIATURAS .....	XI
SIMBOLOGÍA .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
ÍNDICE DE PLANOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1 .....	3
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO .....	3
1.1. Descripción y operación de la máquina universal de ensayos .....	3
1.2. Especificaciones técnicas del equipo. ....	7
1.3. Medición de fuerza .....	8
1.3.1. Características Generales de la Celda de carga. ....	9
1.4. Medición de la deformación .....	18
1.4.1 Descripción y funcionamiento de los extensómetros	19

CAPITULO 2 .....	28
SISTEMA PARA ADQUISICIÓN DE DATOS.....	28
2.1. Introducción.....	28
2.2. Sensores .....	32
2.2.1. Medición de fuerza.....	32
2.2.1.1. Calibración de la celda de carga.....	33
2.2.2. Medición de deformación. ....	45
2.2.2.1. Método directo utilizando extensómetros.....	46
2.2.2.2. Calibración de los extensómetros.....	46
2.2.2.3. Método indirecto utilizando sensor de pulsos. ....	53
2.2.2.3.1. Selección y ubicación del sensor de pulsos.....	55
2.2.2.3.2. Diseño y construcción del circuito electrónico para la medición de los pulsos.....	57
2.2.2.3.3. Diseño y construcción de elementos adicionales para la medición de pulsos.....	61
2.3. Diseño y construcción de una tarjeta para alimentación de sensores. .....	62
2.3.1. Circuito de alimentación de celda de carga.....	63
2.3.2. Circuito de alimentación de extensómetros.....	64
2.3.3. Circuito de alimentación y acople de impedancia para el sensor de pulsos. ....	65

2.4.1. Características generales del módulo FP-1000.....	69
2.4.1.1. Instalación del módulo FP-1000.....	70
2.4.1.2. Especificaciones técnicas del módulo FP-1000.....	76
2.4.2. Características generales del módulo FP-AI-110.....	77
2.4.2.1. Instalación y cableado del módulo FP-AI-110.....	78
2.4.2.2. Especificaciones técnicas del módulo FP-AI-110.....	85
2.4.3. Características generales del módulo FP-CTR-500.....	88
2.4.3.1. Instalación y cableado del módulo FP-CTR-500.....	90
2.4.3.2. Especificaciones técnicas del módulo FP-CTR-500.....	99
2.5. Programa Field Point Explorer.....	101
2.5.1. Descripción general.....	102
2.5.2. Configuración del módulo FP-1000.....	103
2.5.3. Configuración del módulo FP-AI-110.....	109
2.5.4. Configuración del módulo FP-CTR-500.....	112
2.6. Lenguaje de programación gráfica Labview.....	125
2.6.1. Introducción.....	125
2.6.2. Características Generales.....	127
2.6.3. Filosofía del lenguaje.....	128
2.6.3.1. Panel frontal.....	128
2.6.3.2. Ventana gráfica.....	129
2.6.3.3. Paletas.....	131



DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA ADQUISICIÓN DE DATOS EN LOS ENSAYOS DE TENSIÓN.....	135
3.1. Desarrollo del programa para adquisición de datos.....	135
3.1.1. Diagrama de flujo general del programa.....	138
3.1.2. Menú principal.....	139
3.1.3. Programa para el ensayo de tensión en probetas de sección rectangular.....	140
3.1.3.1. Ventana de información técnica y administrativa.....	141
3.1.3.2. Ventana de graficación de la curva esfuerzo- deformación.....	148
3.1.4. Programa para el ensayo de tensión en probetas de sección circular.....	153
3.1.4.1. Ventana de información técnica y administrativa.....	153
3.1.4.2. Ventana de graficación de la curva esfuerzo- deformación.....	155
3.1.5. Programa para el ensayo de tensión en probetas de secciones no estandarizadas.....	156
3.1.5.1. Ventana de información técnica y administrativa.....	157
3.1.5.2. Ventana de graficación de la curva esfuerzo- deformación.....	158
3.1.6. Rutinas creadas.....	159



3.1.6.1. Rutina para el almacenamiento de las variables.....	160
3.1.6.2. Rutina de adquisición de datos.....	161
3.1.6.3. Rutina para almacenamiento de datos.....	163
3.1.6.4. Rutina para llamar archivos guardados.....	164
3.1.6.5. Rutina para exportar datos a Excel.....	164
3.1.6.6. Rutina de operaciones matemáticas de los datos.....	165
3.1.7. Ventana de calibración.....	166
3.2. Elaboración del programa de ayuda en formato HTML.....	173
CAPITULO 4.....	174
4. ELABORACIÓN DE GUÍA PRACTICA DE LABORATORIO.....	174
4.1. Práctica No. 1: Ensayo de tensión.....	174
4.1.1. Objetivo.....	174
4.1.2. Fundamentos teóricos.....	175
4.1.3. Dimensionamiento de las probetas.....	182
4.1.4. Materiales y equipos utilizados.....	183
4.1.5. Procedimiento Experimental.....	184
4.1.6. Resultados de las pruebas.....	190
CAPITULO 5.....	197
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	197
6.1. Conclusiones y recomendaciones.....	197
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	



## ABREVIATURAS

nAmp	Nano Amperio
°C	Grados Centígrados.
°F	Grados Fahrenheit.
A/D	Conversión de Analógica a Digital.
Amp	Amperio.
TI	Término Independiente.
bits	Bits
bits/seg	bits por segundo
(n1,m1)	Factor para determinar el grado de polinomio que mayor se ajuste a los datos.
cm	Centímetro.
COM	Común
DN	Diámetro Nominal del Especimen.
d <sub>2</sub> , d <sub>3</sub> , etc.	Diferencias entre la curva ajustada y los n valores medios observados a partir de los datos de calibración.
dB	Decibeles
E	Módulo de elasticidad
ES	Entrada/Salida
FC	FieldPoints (Punto de Campo)
g	Gramos.
Hz	Hertz
Kbits/seg	Kilo bits por segundo
Kgf	Kilogramo fuerza.
Kohms	Kilo Ohmios.
lb	Libra
lbf	Libra fuerza.
LED	Diodo Emisor de luz.
LSB	Bit menos significativo.
m	Pendiente.
n	Grado del polinomio de ajuste.

Milímetro.

Mega Ohmios

Milisegundos

Newton.

Número de incrementos de fuerza diferentes de cero.

Ohmio.

Onzas

Límite de Proporcionalidad.

Pulgada

Correlación.

Desviación Estándar.

Supervisory Control And Data Acquisition (Adquisición de datos y control de supervisión)

Sistema de Adquisición de Datos

Virtual Instrument (Instrumento virtual)

## SIMBOLOGÍA

y

Y Pronosticado

Porcentaje.

Deformación Unitaria.

Esfuerzo Normal.

Incremento.

Ohmios.

Cambio de Resistencia.

Micro voltios ( $10^{-6}$  Voltios).

Área, Porcentaje de Elongación.

Área inicial de la sección transversal de la probeta.

Módulo de Elasticidad en tensión o compresión.

Fuerza.

Fuerza Máxima.

Corriente de salida del detector.

Corriente de Saturación del Fototransistor.

Corriente de entrada del LED.

Corriente de Entrada.

Longitud del espécimen.

Longitud Final.

Milivoltios.

MiliWatts

Resistencia.

Radio.

Esfuerzo de Compresión.

Esfuerzo de Fluencia en Compresión.

Esfuerzo de fractura.

Esfuerzo Máximo.

Área Final.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

Esfuerzo Límite de Tensión.

Límite Superior de Fluencia.

Límite Inferior de Fluencia.

Esfuerzo de Prueba o Esfuerzo de Fluencia al 0.2%

Resistencia a la Tensión por el método de la deformación total especificada.

Voltaje de polarización.

Voltaje de Corriente Directa.

Voltaje de entrada.

Voltaje de Salida del Puente.

Voltaje raíz cuadrática media.

Voltaje de excitación.

Voltaje de Alimentación.

Porcentaje de reducción de Área.





BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS G.'  
F. I. M. C. F.



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Máquina Universal de Ensayos.....	7
Figura 1.2. Celda de Carga Tensión-Compresión.....	11
Figura 1.3. Extensómetros tipo strain gage marca Instron.....	20
Figura 1.4. Puente de Wheatstone.....	21
Figura 2.1. Diagrama de bloques del Sistema de Medición.....	29
Figura 2.2. Anillo de Carga marca ELE.....	36
Figura 2.3. Sujetado del extensómetro en la probeta.....	47
Figura 2.4. Dispositivo Calibrador de Extensómetros.....	49
Figura 2.5. Dimensiones del optoacoplador.....	57
Figura 2.6. Esquema del circuito del acoplador óptico.....	57
Figura 2.7. Esquema del circuito del sensor óptico con los valores de las resistencias y de la alimentación.....	59
Figura 2.8. Curva Estática.....	60
Figura 2.9. Circuito de la celda de carga.....	64
Figura 2.10. Circuito de alimentación del extensómetro.....	65
Figura 2.11. Circuito de alimentación y acondicionamiento de SEÑAL.....	66
Figura 2.12. Esquema completo del circuito del sensor de pulsos.....	66
Figura 2.13. Módulo FP-1000.....	70
Figura 2.14. Sujetador de carril DIN.....	71
Figura 2.15. Instalando el módulo de red en un carril DIN.....	71
Figura 2.16. Módulo de Red FP-1000 instalado.....	72
Figura 2.17. Conector RS-232 del FP-1000.....	73
Figura 2.18. conector rs-485.....	74
Figura 2.19. conexiones de ALIMENTACIÓN del fp-1000 y fp-1001.....	75
Figura 2.20. Dimensiones Mecánicas.....	77
Figura 2.21. Diagrama de instalación del módulo.....	79
Figura 2.22. Conexiones de campo básicas con dos canales mostrados.....	80
Figura 2.23. Indicadores de estado y etiqueta del módulo FP-AI-110.....	82
Figura 2.24. Dimensiones Mecánicas DEL Modulo FP-AI-110.....	88
Figura 2.25. Indicadores de estado y etiquetas del módulo FP-CTR-500.....	92
Figura 2.26. Esquema de las salidas del FP-CTR-500.....	99





Figura 2.28. Ventana del FieldPoint Explorer.....	103
Figura 2.29: Pantalla de Inicio .....	104
Figura 2.30. Añadiendo un recurso de comunicación al servidor.....	105
Figura 2.31. Ventana de Configuración de los Recursos de Comunicación	105
Figura 2.32. Encontrando dispositivos .....	107
Figura 2.33. Mensaje de Error. ....	107
Figura 2.34. Jerarquía de dispositivos disponibles.....	108
Figura 2.35: Editando el dispositivo FP-AI-110 .....	109
Figura 2.36. Ventana de configuración de dispositivos del FP-AI-110 .....	110
Figura 2.37. Ventana de configuración de canales del FP-AI-110. ....	110
Figura 2.38. Configuración del rango del medidor de fuerza.....	111
Figura 2.39: Configuración del FP-AI-110 completa. ....	112
Figura 2.40. Editando el dispositivo FP-CTR-500. ....	115
Figura 2.41. Ventana de configuración de dispositivos del FP-CTR-500 ...	116
Figura 2.42. Ventana de configuración de canales del FP-CTR-500.....	117
Figura 2.43. Atributos de los canales contadores. ....	118
Figura 2.44. Valores para el atributo Count Source. ....	119
Figura 2.45. Valores para el atributo Gate source.....	119
Figura 2.46. Valores para el atributo Read Reset Mode. ....	120
Figura 2.47: Valores para el atributo Noise rejection. ....	120
Figura 2.48: Atributos de los canales de salida.....	123
Figura 2.49. Valores para el atributo Output Source. ....	124
Figura 2.50. Valores para el atributo OUTPUT MODE.....	124
Figura 2.51. Pantalla inicial de Labview 5.0 .....	126
Figura 2.52. Panel Frontal. ....	129
Figura 2.53. Ventana Gráfica.....	131
Figura 2.54. Paleta de herramientas.....	132
Figura 2.55. Paleta de Funciones .....	133
Figura 2.56. Paleta de Controles. ....	134
Figura 3.1. Ventana de apertura. ....	136
Figura 3.2. Ventana Menú principal. ....	139
Figura 3.3. Ventana de Información técnica y administrativa del ensayo de tensión de probetas de sección rectangular. ....	141
Figura 3.4. Paleta de herramientas del gráfico. ....	151
Figura 3.5. Ventana de graficación de la curva esfuerzo-deformación para ensayos de tensión en probetas de sección rectangular. ....	152
Figura 3.6. Ventana de información técnica y administrativa para ensayos de tensión en probetas de sección redonda.....	153
Figura 3.7. Ventana de graficación de la curva esfuerzo-deformación para ensayos de tensión en probetas de sección redonda.....	156
Figura 3.8. Ventana de información técnica y administrativa para ensayos de tensión en probetas en secciones no estandarizadas. ....	157



ensayos de tensión en probetas en secciones no estandarizadas .....	159
para 3.10. rutina de ENCERAMIENTO de las variables.....	161
para 3.11: rutina de ADQUISICIÓN de datos del extensómetro.....	162
para 3.12: rutina de ADQUISICIÓN de datos para el sensor de pulsos. ...	162
para 3.13. rutina para almacenamiento de datos. ....	163
para 3.14. rutina para llamar archivos guardados.....	164
para 3.15. rutina para llevar datos a excel. ....	165
para 3.16. rutina de OPERACIONES matemáticas.....	166
para 3.17. ventana de calibración.....	167
para 3.18. ventana de error. ....	171
para 3.19. ventana para abrir los archivos *.iak.....	172
para 4.1. Curva Fuerza-Deformación.....	176
para 4.2. Método del desplazamiento para determinar el punto de fluencia de un material. ....	178
para 4.3. Ruptura de una probeta. ....	180
para 4.4. Dimensiones de probetas circular y rectangular. ....	183
para 4.5. Instalación de la celda de carga y de las mordazas. ....	185
para 4.6. Conexión de la celda de carga, extensómetro y sensor de pulsos desde la tarjeta a los módulos FieldPoints. ....	186
para 4.7. Cableado desde los sensores a la caja de interfase. ....	187
para 4.8. Interruptor de la caja interfase. ....	188
para 4.9: Panel de control.....	189
para 4.10: ventana de INFORMACIÓN prueba #1.....	191
para 4.11: Curva esfuerzo DEFORMACIÓN prueba #1.....	191
para 4.12: ventana de INFORMACIÓN prueba #2.....	195
para 4.13: curva esfuerzo versus DEFORMACIÓN prueba #2. ....	195



BIBLIOTEC. 'GONZALO ZEVALLOS G.'  
F. I. M. C. P.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Típicos rangos de velocidades para ensayos. ....	5
Tabla 2: Especificaciones técnicas del equipo .....	8
Tabla 3: error en porcentaje debido a temperatura .....	13
Tabla 4: Características técnicas de la Celda de carga. ....	18
Tabla 5: Características técnicas de los extensómetros .....	23
Tabla 6: Factor $C(n_1, m_1)$ para determinar el grado del polinomio que mejor se ajusta. ....	42
Tabla 7: constantes de CALIBRACIÓN de los sensores-transductores .....	53
Tabla 8: Terminales asignadas para el FP-AI-110 .....	81
Tabla 9: Asignaciones de los terminales para el FP-CTR-500 .....	91

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1: Disco con agujeros.

Plano 2: Elemento de sujeción número 1 del circuito del sensor de pulsos.

Plano 3: Elemento de sujeción número 2 del circuito del sensor de pulsos.





BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

## INTRODUCCIÓN

Esta tesis pretende desarrollar un Sistema de Adquisición de Datos por Computadora, utilizando una computadora personal (PC) en tareas asociadas a la lectura de variables físicas provenientes de la Máquina Universal de Ensayos.

La Adquisición de Datos, consiste en tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y convertirlas en tensiones eléctricas, de tal manera que se puedan utilizar en la PC. Se requiere una etapa de acondicionamiento que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el Módulo FieldPoints, que funciona con un programa de configuración de los módulos convertidores llamado FieldPoints Explorer. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales dentro de la memoria de la PC, se las



procesa con el programa de aplicación llamado Labview, luego esta información se la puede archivar en disco duro, graficar en pantalla, e imprimirla por impresora. El software desarrollado en la presente Tesis, trabaja bajo entorno Windows, y la interfase con el usuario es el teclado y emulador de ratón, lo que supone un manejo del equipo intuitivo y fácil de aprender. Todo este Sistema tiene la ventaja de flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores, gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

# CAPITULO 1

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

### 1. Descripción y operación de la máquina universal de ensayos.

La palabra ensayos significa que son pruebas, en el ámbito de laboratorio, realizadas para obtener resultados, tomar decisiones y llegar a conclusiones. La connotación de Universales significa que se puede probar casi cualquier tipo de material, y además, en diversos tipos de ensayo, como tensión, compresión, corte, etc.

El ensayo destructivo más importante en ingeniería es el ensayo de tracción. Una Máquina Universal de Ensayos es usada para someter una muestra del material ya sea a tensión (estirándola) o a compresión (aplastándola) con el propósito de:

- Determinar experimentalmente ciertas propiedades o características de Ingeniería que soportan los materiales en distintas situaciones. Estas propiedades generalmente tienen que ver con la resistencia a la fluencia de un material o estructura, la resistencia última o de ruptura de un material o la rigidez y el módulo de elasticidad.
- Inspeccionar la calidad y consistencia de un lote.
- Determinar si una muestra dada cumple con la Norma ASTM o cualquier otra norma que se señale.

Para cumplir con estos propósitos se usan probetas (modelo de dimensiones preestablecidas) a escala, que conservan las propiedades completas del material que deseamos probar.

La Máquina Universal de Ensayos que se encuentra en el Laboratorio de Sólidos de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción es una Máquina fabricada en la ESPOL y que sirve para ejecutar ensayos de tensión, compresión y flexión. El principio de operación de dicha máquina es aplicar cargas uniaxiales de manera uniforme sobre una probeta normalizada según la ASTM



posee un sistema mecánico accionado por un motor de 1 HP de potencia el mismo que está conectado a una caja reductora que disminuye las revoluciones del motor en una relación de 60 a 1, a la salida de esta caja reductora hay un piñón que mueve 2 engranajes reduciendo aún mas la velocidad en una razón de 4 a 1, estos dos engranajes accionan dos tornillos impulsores verticales que provocan el movimiento (hacia arriba y hacia abajo) del cabezal transversal móvil una vez que se aplica la carga, el otro cabezal transversal permanece fijo. Ambos tornillos son impulsados a velocidades establecidas por el operador según sea el tipo de material a ensayar.

A continuación se presenta una tabla indicando los rangos de velocidades de ensayo para diferentes materiales.

**TABLA 1: TÍPICOS RANGOS DE VELOCIDADES PARA ENSAYOS.**

<b>Material</b>	<b>Velocidad del cabezal móvil In/min (mm/min)</b>
<b>Metales</b>	0.02 a 1.0 (0.5 a 20)
<b>Alambre</b>	0.2 a 2.0 (5 a 50)
<b>Plásticos Rígidos</b>	0.2 a 2.0 (5 a 50)
<b>Cintas plásticas</b>	0.5 a 20 (10 a 500)



Cordón de caucho	12 (305)
Hilos y tejidos	12 (305)
Elastómeros	10-20 (200-500)

La máquina cuenta además con mordazas marca INSTRON específicamente para pruebas de Tensión, y dos platos paralelos utilizados para la prueba de compresión, estas mordazas son fáciles de montar y desmontar, la probeta está sostenida en la parte superior por medio de una mordaza al cabezal móvil, y por el extremo inferior está sujeta por una mordaza al cabezal fijo de la máquina.

La máquina posee también un mando de control que consta de dos botones pulsadores uno de arranque y otro de apagado, una perilla para seleccionar la velocidad del cabezal móvil y un interruptor que indica el sentido del movimiento del cabezal móvil provisto de dos estados seleccionables: de subida (para tensión) y de bajada (para compresión).

La máquina universal de ensayo de tracción se muestra a continuación en la siguiente figura:





BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

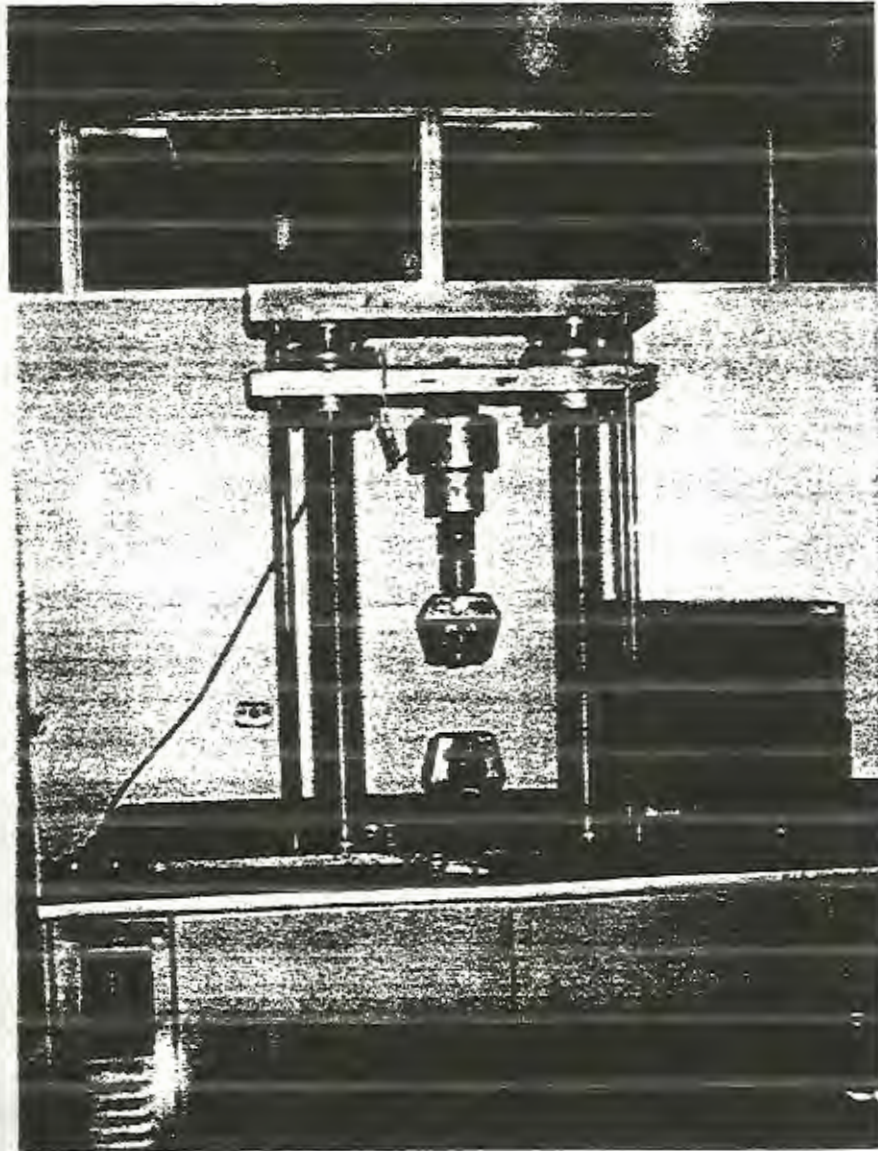


FIGURA 1.1. MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS.

### 1.2 Especificaciones técnicas del equipo.

La Máquina Universal de ensayos posee las siguientes especificaciones técnicas:



TABLA 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

Modelo	Construida en la ESPOL
Carga Máxima:	3000 Kgf
Velocidad de ensayo:	Ver Tabla 1
Reducción caja reductora:	60:1
Reducción de engranajes:	4:1
Reducción Total	240:1
Potencia del Motor:	1 HP
Celda de carga.	10000 lbf
Dimensiones	
Longitud	1.5 m
Ancho	1.25 m
Alto	2 m



### 3. Medición de fuerza.

Las variables involucradas en el ensayo de tensión son: fuerza y deformación.

Las medidas de fuerza en la Máquina Universal de Ensayos se llevan a cabo usando un transductor eléctrico de fuerza llamado Celda de Carga cuyo principio de operación se explica en la sección 1.3.1.



Esta celda de carga conectada a la mordaza móvil y entrega una señal de voltaje que representa la carga aplicada mientras se realiza el ensayo.

### 1.3.1. Características Generales de la Celda de carga.

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

carga.

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

La Celda de Carga utilizada en el presente trabajo se muestra a continuación en la Figura 1.2.





BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

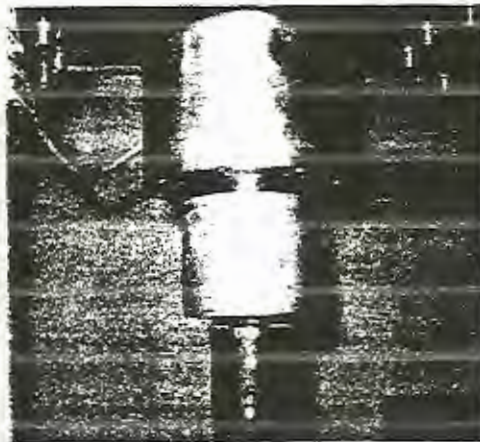


FIGURA 1.2. CELDA DE CARGA TENSION-COMPRESIÓN.

- **Características de Deflexión**

Las celdas de carga son dispositivos de baja deformación. El elemento sensible a la deformación se extiende o se comprime en proporción directa a la magnitud de la carga aplicada. Además, a la pequeña deflexión del elemento sensible a la deformación, las varias partes mecánicas del resto de la celda de carga contribuyen a su deflexión total.

Cuando una celda se usa en una máquina de ensayos, las mordazas y otros componentes además de la celda también contribuyen a la deflexión total.

- **Características de temperatura**

Una consideración importante en el tema de la estabilidad de la celda de carga, es el cambio del punto de balance (balance point) de la celda con respecto a la temperatura ambiente. El problema de la estabilidad de temperatura involucra el cambio de resistencia inherente a los strain gages, la expansión térmica del material base al cual el gage está adherido, y también los cambios en la dimensión total de la coraza de la celda de carga, diafragmas y otros miembros.

En el momento del ensamblaje final, todas las celdas de carga INSTRON, son sometidas a compensaciones de temperatura. Cada celda es puesta en un horno regulado el cual provoca ciclos de temperatura entre 70°F (21°C) y 120°F (49°C). Se obtiene un registro del desbalance eléctrico de cada celda. A partir de estos datos una resistencia es enrollada y conectada al circuito del puente dentro de la celda. El ciclo de la temperatura se repite para revisar los resultados. Como resultado de estas compensaciones de temperaturas, las Celdas de Cargas exceden la siguiente especificación:

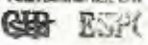
TABLA 3: ERROR EN PORCENTAJE DEBIDO A TEMPERATURA

Cero	Menos de 0.0015% de la Cap. Máx. de la celda /°F
Sensibilidad	Menor que 0.01% de la carga aplicada/°F.

El error en porcentaje debido a temperatura llega a ser proporcionalmente en las escalas de carga bajas. Por ejemplo, en una celda que tenga una capacidad máxima de 500 gramos. Un desplazamiento del cero de 0.0015 %/°F o 0.0075 g/°F es el máximo error esperado. Este error de temperatura puede aparecer en todos los rangos.

La sensibilidad de la celda a la temperatura es una función de la carga. Por ejemplo, una celda de capacidad máxima 500 gramos que sea usada en un rango de 0-20 gramos (un promedio de 10 gramos de carga aplicada) podría tener un efecto de temperatura de 0.1 g/°F. Esta misma celda operando a un promedio de 400 gramos podría tener un efecto de temperatura de 4 g /°F.



La máxima temperatura a la cual una celda de carga puede  exitosamente operada es hasta cerca de 120 °F. Esta limitación es debido primordialmente al hecho de que una cera resistente





al agua se usa para cubrir los strain gages en la celda, y sobre esta temperatura esta cera se puede derretir. Si la celda se ha sobrecalentado inadvertidamente, esta continuará aún funcionando, pero, será sensible a cambios en la humedad, como se describirá en la sección siguiente.

- **Características de humedad**

La humedad puede presentar un problema de estabilidad a largo plazo con respecto al balance de la celda de carga. Si no hay una agente a prueba de agua usado para cubrir los strain gages, entonces podría haber una pronunciada fluctuación en el balance como resultado de los cambios de humedad. Esto es porque la humedad puede cambiar en una manera insignificante la resistencia de los gages. Mas significativamente, la humedad es absorbida por el agente adhesivo entre el gage y el material base haciendo que este se hinche, causando así una deformación aparente. El material de respaldo es higroscópico. Los compuestos a prueba de agua consisten de una formulación especial de cera Ceresín con esto cualquier fluctuación de la celda de carga debido a cambio de la humedad será un fenómeno extremadamente lento, dependiendo de la penetración gradual de la humedad a través del agente a

prueba del agua.

- **Periodo de Precalentamiento**

Cuando una celda de carga es conectada a una máquina, habrá un periodo inicial de despreciable fluctuación del balance mientras la celda efectivamente llega a precalentarse. Esto es debido a la corriente fluyendo a través de los gages, causando un ligero cambio en la resistencia debido al calentamiento. Este efecto se debería estabilizar después de unos 30 minutos. Además, hay un precalentamiento de largo plazo debido al cambio al contenido de humedad debido a este efecto de calentamiento. Estos cambios son todos extremadamente diminutos y difíciles de controlar.

- **Coefficiente de corrimiento de la Celda de Carga**

El corrimiento de una celda de carga puede ser observado como una gradual y muy pequeña fluctuación en la lectura del registrador, después de que ha sido aplicada súbitamente una carga constante con un valor igual al máximo de escala de la celda de carga. El corrimiento también es evidente como una correspondiente variación en el punto de balance a cero carga



después de que esa carga grande ha sido súbitamente removida.

Este fenómeno de corrimiento es el resultado de una compleja combinación de propiedades inherentes: del strain gages, del pegamento, del agente a prueba de agua, y el elemento sensible a la deformación, también es una función de varios elementos del diseño de la celda y por tanto variará en magnitud y dirección de un tipo de celda a otro. Por ejemplo, algunas celdas exhibirán un corrimiento positivo, que es un incremento gradual en la lectura aparente de la carga después de la aplicación inicial y de la indicación de una carga fija repentinamente aplicada. Otros tipos de celdas pueden exhibir corrimientos negativos, el cual es una caída de la carga indicada después de la aplicación inicial.

Sin embargo, se debe enfatizar que estos efectos son normalmente muy pequeños, y cualquier error será casi despreciable. Para la mayoría de las celdas el coeficiente de corrimiento es del orden de 0.05 a 0.08 % de la carga aplicada.

NOTA: Se debe destacar que los cambios o errores se aplican



únicamente a una fluctuación en el punto de balance de la celda. En otras palabras el efecto es mover la escala completa del registrador (eje y de la gráfica) hacia arriba o hacia abajo por una cantidad específica. Estas variaciones no afectan la calibración, o la sensibilidad de la escala, del sistema. Por ejemplo, si el punto de balance cero se ha desplazado 1% de la escala total, entonces la lectura para una carga aplicada cualquiera tendrá un error de la misma proporción, ya que la respuesta al cambio en carga no se afecta.

- **Respuesta a la frecuencia de una celda de carga**

La habilidad de un sistema de ponderación de carga de registrar exactamente una carga cambiando rápidamente depende de las características de respuesta del registrador. La respuesta de otros componente en el sistema de pesado, como la celda de carga y el amplificador, es mas que adecuado para estas aplicaciones. En general, la frecuencia natural de una celda provee una indicación aproximada de su respuesta a cambios repentinos de carga. Sin embargo, en todas las aplicaciones la situación se complica por la presencia de instalaciones adicionales las cuales pueden estar unidas a las celdas, como son acoples, mordazas, placas para compresión, etc.



Las características Técnicas de la Celda de carga utilizada se presenta a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CELDA DE CARGA.

Modelo	Capacidad Máxima (Lb)	Tipo	Sobrecarga Máxima (Lb)	Máxima carga inversa (Lb)	Coefficiente de Deformación	Deflexión Total
1132	10000	FR	15000	15000	0.00025 mils/lb	2.5 mils.

#### 4.4. Medición de la deformación.

Antes de la realización del presente trabajo, los alumnos que ejecutaban los ensayos de tensión, tomaban datos de deformación con la ayuda de un medidor de carátula con su soporte colocado en el cabezal fijo y la punta del émbolo colocado en el cabezal móvil, después de que el medidor marcaba cierto valor de deformación se anotaba junto a este valor, el dato correspondiente de carga leída desde el registrador de gráficas de la máquina Universal de ensayos marca INSTRON, ya que la máquina a la cual se le ha desarrollado el sistema de adquisición de datos de este trabajo no dispone de un graficador propio.



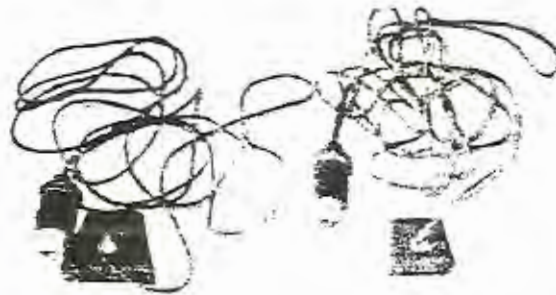
#### 4.1. Descripción y funcionamiento de los extensómetros.

Tradicionalmente, como se ha venido haciendo el ensayo de tensión hasta antes del presente trabajo no se utilizaban extensómetros, sin embargo para nuestro sistema de adquisición de datos se han adecuado dos extensómetros que son accesorios de la Máquina Universal de ensayos marca INSTRON, para poder medir de una forma directa la deformación que sufre la probeta. Es por esta razón que en esta sección explicaré el funcionamiento de estos extensómetros.

Los extensómetros tipo strain gage marca Instron Figura 1.3 son unidades exactas y ligeras utilizadas para la medición directa de deformación de una probeta. Cada uno es relativamente bajo en costo, de diseño simple y construcción robusta. Además, sus características de histéresis bajas les hacen instrumentos ideales para los ensayos cíclicos.







### FIGURA 1.3: EXTENSÓMETROS TIPO STRAIN GAGE MARCA INSTRON.

Cada ejemplar posee cuatro strain gages pegados a un elemento metálico y conectados eléctricamente para formar un puente completo de Wheatstone. Al doblarse con la deformación del espécimen se deforman los gages, cambiando su resistencia y por ende el voltaje de salida del puente. Una pequeña tarjeta une las galgas extensométricas con los cables de salida la cual está sellada con una cubierta protectora.

Los cambios de resistencia en cada par de brazos adyacentes del puente son de signo contrario, mientras que los cambios de resistencia en los brazos opuestos tienen el mismo signo. Como resultado, el voltaje de salida del puente es cuatro veces mayor que la de un solo gage.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

En la siguiente Figura 1.4 se muestra un esquema del elemento metálico al cual están adheridos los strain gages en una configuración de puente de Wheatstone completa.

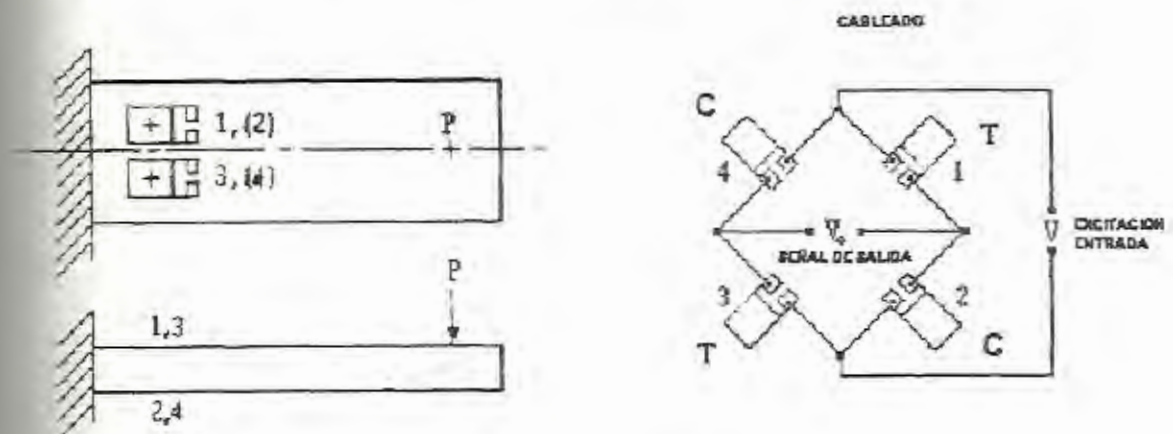


FIGURA 1.4: PUENTE DE WHEATSTONE.

Por otro lado, la salida debida a la temperatura de todos los cuatro gages son del mismo signo y magnitud (si están a la misma temperatura). Ya que los mismos cambios de resistencias en todos los brazos del puente no tienen efecto en el estado de balance del puente, la salida debida a la temperatura del strain gages es cancelada dentro del circuito.

Estos extensómetros están diseñados para el uso con metales, termoplásticos rígidos, polímeros termoestables, y otros materiales que exhiben deformaciones totales de 0-10% y 0-



50% de la longitud original del calibre. Ellos están disponibles en modelos con longitudes iniciales del calibre de 1/2, 1 y 2 pulgadas. Las grapas sujetadoras se acomodan a especímenes planos de 1/2- pulg ancho y de 0 a 1/4 pulg de espesor, también a los especímenes redondos desde 1/8 a 3/8- pulg de diámetro. Las grapas sujetadoras de 1/2 pulg de los extensómetros se acomodan a especímenes redondos de 1/16 a 3/8 pulg de diámetro, y a especímenes llanos de hasta 3/8 pulg de ancho y 3/8 pulg de espesor.

Estas grapas sujetadoras enganchan el extensómetro al espécimen mientras un pasador provisto de un resorte aplica la suficiente fuerza para sostener al extensómetro y asegura que los bordes en forma de ganchos del sujetador queden bien juntos al extremo del extensómetro que tiene forma de cuchilla.

Los extensómetros en uno de sus extremos están provistos de un espaciador que sirve para establecer convenientemente la longitud inicial del calibre cuando ellos se sujetan en la muestra. Los topes que se extienden de ambos extremos de la longitud



del gage previenen que se extiendan más allá del máximo rango del extensómetro.

Las características técnicas de los dos extensómetros habilitados se muestran a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EXTENSÓMETROS

Modelo	G-51-15 -MA	G-51-14 -MA
Serial	5000	5611
Longitud de Calibre	25 mm	50 mm
Rango	0-25 mm	0-25 mm
Especímenes planos	1/2*1/4 Máx	1/2*1/4 Máx
Especímenes redondos	1/8 a 3/8 Dia.	1/8 a 3/8 Dia.
Porcentaje de deformación	100%	50%

El sensor está constituido básicamente por una base muy delgada no conductora y muy flexible, sobre la cual va adherido un hilo metálico muy fino. Las terminaciones del hilo acaban en dos terminales a los cuales se conecta el transductor.

### 5.5 Procedimiento actual del ensayo de tensión.

Estos ensayos son simulativos pues tratan de reproducir las condiciones reales de trabajo. El ensayo de Tensión consiste en someter una probeta a un esfuerzo de tracción creciente,

generalmente hasta la rotura, con el fin de determinar una o más de las propiedades mecánicas del material ensayado.

Los resultados obtenidos en la determinación de propiedades mecánicas del material en un ensayo de tracción específico o individual dependen de:

- Los tratamientos térmicos a los que se haya sometido el material.
- Las manipulaciones mecánicas que hubiera sufrido
- La razón o velocidad de deformación a la que se efectúa el ensayo, la que a su vez dependerá de la velocidad de aplicación de las cargas, la geometría de la probeta, las características de la máquina de ensayo y el sistema de mordaza.

El procedimiento actual del ensayo de tensión es el siguiente:

1. Fabricar las probetas, para ensayos de tensión, estas se hacen en una variedad de formas. La sección transversal de la probeta puede ser redonda, cuadrada o rectangular.
2. Determinar el área de la sección transversal, esta área puede ser rectangular, cuadrada o redonda, actualmente las probetas más usadas son de sección rectangular en vista de que no se





disponen de mordazas que permitan la sujeción de probetas de sección circular. Esta área ( $A_0$ ), es hallada por cálculo a partir de la medición del ancho y espesor tomado con un calibrador digital). Anotar dicho valor.

1. Conectar la celda de la carga al panel de control del graficador de la Máquina Universal de ensayos marca INSTRON.
2. Se procede a colocar las quijadas o mordazas adecuadas en la máquina universal de ensayos para realizar el ensayo. Se montan las mordazas sujetadoras de tal manera que los centros de acción de dichas mordazas estén alineados al principio y durante el progreso del ensayo, y que no se introduzca ninguna flexión o torsión por la acción de las mordazas. Además el dispositivo está adecuadamente diseñado para soportar las cargas y no debe aflojarse durante un ensayo. Actualmente se utilizan mordazas para sujeción por medio de cuñas.
3. Se coloca el papel y la plumilla graficadora en el dispositivo registrador de gráfica.
4. Se enciende el dispositivo registrador de gráfica, y se espera unos minutos hasta que se estabilice.
5. Se selecciona en el graficador la velocidad del papel, y el rango de la carga.



inicio entonces de la aplicación de la carga que hará que se rompan las probetas.

- Al romperse la probeta hay que retirar las partes de la máquina de tensión para posteriormente juntarlas y dimensionarlas para obtener longitud final  $L_U$ . Anotar este dato.
- Durante la prueba y al romperse la probeta se toman las lecturas de carga y deformación, luego con estos valores (mínimo 12 valores) se realiza el cálculo de los esfuerzos mediante la ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \text{EC: 1.1}$$

- Se determina también la carga máxima de tensión ( $F_{MAX}$ ) una vez obtenido el gráfico Esfuerzo vs Deformación unitaria, además se calcula el Módulo de Elasticidad que es la pendiente de la curva en la zona elástica, el porcentaje de deformación, por medio de la fórmula:

$$\%deformación = \frac{(L_f - L_0)}{L_0} \quad \text{EC. 1.2}$$

- Y finalmente se presentan los siguientes resultados: ( $F_{MAX}$ ), ( $S_{ut}$ ), ( $Z\%$ ), ( $A\%$ ).

linealidad y proporción de una variable. En los sistemas de control, la magnitud medida se utiliza para controlar la variable de manera que el valor medido se iguale con el valor deseado. En la

Figura 2.1 se muestra un sistema electrónico básico de medida, el cual está formado por los siguientes bloques:

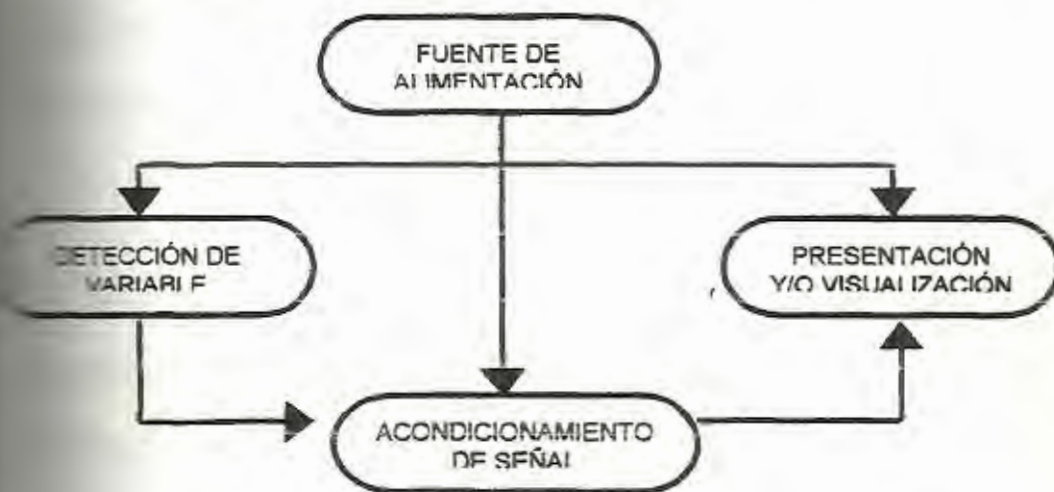


FIGURA 2.1: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

En el bloque de detección se sensa la variable física tal como temperatura, presión, fuerza, intensidad luminosa, desplazamiento, etc. por medio del sensor-transductor. El cual es un dispositivo que detecta la variable física y efectúa una transformación ya sea eléctrica, mecánica, química, óptica (radiante), térmica, etc., para convertir la señal a una forma más manejable. En la mayoría de los casos, la variable física se transforma en una señal eléctrica, ya que esta es la



forma de señal mas fácilmente medible.

El bloque de acondicionamiento tiene la función de adecuar la señal del sensor-transductor mediante un circuito el cual, dependiendo de la aplicación específica, puede amplificar, acoplar las impedancias, aislar, filtrar, etc. dicha señal, con el fin de obtenerla adecuadamente para el medio de presentación.

Una vez que se logra una señal con el nivel y las características adecuadas, puede ser enviada a una computadora personal para su observación, procesamiento, registro y análisis de datos e información.

La fuente de alimentación proporciona la energía eléctrica adecuada a todos los componentes del sistema que así lo requieran.

Existe una inmensa variedad de transductores y con diversas características para poder seleccionarlos y aplicarlos en el área de instrumentación industrial. Los transductores se pueden clasificar de acuerdo a su principio de operación, aplicación, método de conversión de energía, tipo de señal de entrada o de salida, etc. En el Apéndice A se muestra una tabla que indica el tipo de transductor y su



aplicación.

Por otro lado, los transductores utilizados en el presente trabajo producen una señal eléctrica (voltaje o corriente) sólo cuando se utilizan con una fuente de excitación a éstos se les llaman transductores pasivos.

En este capítulo se describirán todos los requerimientos que son necesarios y todas las etapas que deben seguirse para utilizar el computador como elemento de operación en procesos de adquisición de datos, es necesario entonces un equipo "traductor de señales" que será la interfase entre las señales de los sensores provenientes de la máquina y el CPU del computador, este equipo es el sistema modular distribuido FieldPoint que es un convertidor de señales analógicas en digitales, estas señales una vez convertidas a digitales pueden entonces ser monitoreadas desde el programa FieldPoint Explorer que es un programa de configuración de los módulos FieldPoint, para que el sistema quede completo se utilizará un programa elaborado en Labview que recibe, procesa, almacena y muestra los resultados correspondientes a los ensayos, los mismos que pueden ser impresos.



BIBLIOTECA "GONZALE ZEPALLOS G."  
F. I. M. C. P.

En el Apéndice B, se presenta un Esquema del Sistema de adquisición de datos, y el Diagrama General del sistema de adquisición de datos por computadora.

## II. Sensores

Una vez establecidas las variables implicadas en el ensayo de tensión y compresión, las cuales son: fuerza y deformación se determinó que la variable deformación se medirá de dos maneras o periodos diferentes el primer método de medición de deformación se realizará de manera directa utilizando galgas extensométricas o también llamados extensómetros, y el segundo método de medición de deformación es el método indirecto utilizando un sensor de desplazamiento. Y para la medición de la fuerza se utilizará la Celda de Carga como transductor de fuerza.

### III. Medición de fuerza.

La medida de fuerza o sistema de medición de carga en máquinas de ensayos de tensión típicamente emplea transductores de carga que son celdas de carga tipo strain gage. Los strain gages son dispositivos que experimentan



cambios de resistencia eléctrica en la presencia de deformaciones mecánicas. Este sistema usa una celda de carga conectada a un circuito de puente para medir el cambio de resistencia.

El circuito es excitado con una señal generada por el amplificador de la celda de carga; y una fuerza aplicada causa el desbalance del circuito de puente de strain gages, la señal resultante es retornada al amplificador donde esta es amplificada y convertida en una señal de salida que es proporcional a la fuerza aplicada, es objetivo de este trabajo que esta señal de salida ya no llegue a un graficador, sino que esta salida es llevada a un computador.

#### **2.2.1.1. Calibración de la celda de carga.**

Para la calibración de la Celda de Carga tipo Tensión-Compresión, se utilizó el siguiente material y equipo:

- Anillo de Carga marca SOILTEST 2623 con capacidad máxima 10,000 lbs (50 KN).
- Anillo de Carga marca ELE de capacidad máxima de 50 KN.
- Máquina de Ensayo de Compresión del Laboratorio



de Suelos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

- FieldPoint AI-110 para la medición del voltaje.
- Módulo de red FP-1000.
- Fuente de poder de 0 a 5V.
- Computadora Personal.

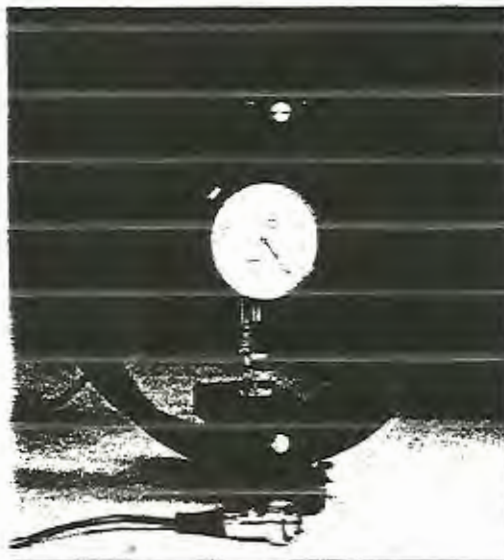
La calibración de la celda de carga se la hizo con un anillo de carga, dicha calibración se la realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias de la tierra, en la máquina de compresión que posee un anillo de carga marca SOILTEST el cual no se encontraba calibrado, por tal motivo hubo la necesidad primaria de calibrar este anillo de carga, la máquina para ensayos de compresión cuenta con los implementos necesarios para la sujeción del anillo de carga SOILTEST por lo que se decidió hacer la calibración en ese mismo lugar.

El laboratorio de suelos cuenta además con un anillo de carga marca ELE de capacidad máxima de 50 KN que poseía su curva de calibración (Ver Apéndice C), este anillo fue utilizado como patrón para calibrar el anillo de

carga SOILTEST y así cumplir con el requisito de trazabilidad de todo proceso de calibración. Este último anillo una vez calibrado se lo utilizó como patrón para la calibración de la Celda de Carga tipo Tensión-Compresión marca INSTRON con capacidad máxima de 10,000 lbs (44,482 N).

El motivo por el cual no se calibró directamente la Celda de carga con el anillo de carga ELE fue porque no se disponía de los implementos necesarios para instalar dicho anillo de carga directamente en la máquina de ensayos de compresión.


En la siguiente figura se muestra el anillo de carga ELE utilizado como patrón de referencia.





## FIGURA 2.2. ANILLO DE CARGA MARCA ELE

A continuación describiré los pasos que se siguieron para la calibración del anillo de carga SOILTEST 2623:

1. Se montó el anillo de carga SOILTEST 2623.
2. Se asentó el anillo de carga ELE entre el anillo de carga SOILTEST 2623 y la base inferior de la máquina de ensayos de compresión logrando que quede bien sujeta y completamente estabilizada.
3. Se movió manualmente el volante que posee la máquina de ensayos de compresión lentamente provocando una transmisión de carga de compresión.
4. Luego, se fue anotando el número de divisiones del indicador de carátula del anillo de carga marca  con su respectivo valor de división de la carátula del anillo."/>
5. Se obtuvo una lectura de 3,0141 en el anillo de carga SOILTEST 2623.

Donde  $y_2$  representa el



de carátula del anillo de carga ELE, y X2 representa el número de divisiones del medidor de carátula del anillo de carga SOILTEST. Luego de obtener esta ecuación, los valores de gráfica #divisiones anillo de carga SOILTEST. Se reemplazaron en cada uno de los valores de X1 de la ecuación de calibración del anillo de carga patrón para obtener el valor de la carga en Newtons de acuerdo al número de divisiones registrado por el medidor de carátula del anillo de carga SOILTEST. La ecuación del anillo de carga patrón es:  $y_1 = 46,63412x_1 + 48,62646$

Donde Y1 representa la carga en Newtons del anillo de carga ELE., y x1 representa el número de divisiones del medidor de carátula del anillo de carga ELE. Se hizo este reemplazo con la finalidad de obtener la ecuación de calibración del anillo SOILTEST expresada en Carga en Newtons vs Número de divisiones del indicador de carátula del mismo anillo, esta ecuación de calibración es:  $Y_3 = 42,68728x_3 - 91,93228$

Donde  $y_3$  representa la carga en Newtons y  $x_3$  representa el número de divisiones del medidor de carátula del anillo de carga SOILTEST, de esta manera puedo saber a cierta deformación registrada por el indicador de carátula cuanta carga representa en Newtons.

La curva de calibración obtenida para el anillo de carga SOILTEST se muestra en el Apéndice C.

El procedimiento desarrollado para la calibración de la celda de carga fue el siguiente:

1. Se ensambló el módulo FP-AI-110 junto con el módulo FP-1000 y se enchufó a la computadora por medio de un cable al puerto serial (RS-232).
2. Se conectó el cable de salida de la Celda de Carga a la caja de interfase, (la caja de interfase se explica en la sección 2.3).
3. Se encendió la fuente de poder de la caja de interfase.
4. Luego se prendió el computador y se ejecutó el programa FieldPoint Explorer.

5. Se configuró el módulo FP-AI-110 (Ver la sección 2.5.3).
6. Se montó el anillo de carga SOILTEST previamente calibrado en la Máquina de ensayos de compresión.
7. De la ventana del FieldPoint Explorer se anotó la primera lectura del voltaje de salida del puente correspondiente a cero carga.
8. Se le fue aplicando lentamente la carga de compresión y se fue anotando uno por uno los valores de los voltajes registrados por el módulo FP-AI- 110.
9. Se obtuvo la siguiente ecuación:  $Y4 = 201512,85756x4 + 17,33305$

Donde  $y4$  representa el número de divisiones del medidor de carátula del anillo de carga SOILTEST y  $x4$  representa el voltaje registrado en el módulo FP-AI-110 , finalmente se obtuvo la curva de calibración de la celda de carga reemplazando los valores de  $y4$  en  $X3$  de la fórmula  $Y3 = 42,68728x3 - 91,93228$ , y se obtuvo la ecuación:  $Y5 = 8602035,77407x5 + 647,96839$ .

Donde  $x5$  representa el voltaje registrado en el Módulo de adquisición de datos FieldPoint FP-AI-110, y  $y5$



representa la carga aplicada en Newtons.

Observando la distribución de los puntos una vez obtenida la curva final que representa la curva de calibración de la celda de carga se puede fácilmente intuir que se trata de una relación lineal sin embargo para confirmar que la ecuación lineal representa la mejor curva que se ajusta a los datos se hizo una comparación con lo que especifica la Norma ASTM E74 Standard Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines (Calibración de instrumentos de medición de fuerzas para la verificación de la indicación de fuerzas de Máquinas de ensayos) siguiendo paso a paso lo que establece esta Norma en el anexo A1 sobre el procedimiento para obtener el grado del polinomio que mejor se ajusta a los datos de la calibración para instrumentos medidores de fuerza de alta resolución.

Los pasos que se siguieron y que establece la Norma fueron los siguientes:

1. Se Hallaron los polinomios de grado 1,2,3,4 y 5 usando el método de los mínimos cuadrados y las respectivas desviaciones estándares residuales mediante la siguiente fórmula.

$$s_m = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n_1 - m_1 - 1}} \quad \text{EC 2.1.}$$

Donde:

- = Diferencias entre la curva ajustada y los n valores medios observados a partir de los datos de calibración.
- = Número de incrementos de fuerza diferentes de cero.
- = El grado del polinomio de ajuste.

2. Los valores de las desviaciones estándar residuales se usan en un procedimiento secuencial para probar si el coeficiente del término de mayor orden es significativo. Si  $\frac{s_{m1-1}}{s_{m1}} > C(n_1, m_1)$  entonces el coeficiente del término de grado m1 es significativo y el polinomio de grado m1 es el que mejor se ajusta a los datos. Esta constante  $C(n_1, m_1)$  depende del número de datos y del grado del polinomio y se



obtiene de la tabla A1.1

FACTORES  $C(N_i, M_i)$  PARA DETERMINAR EL GRADO DEL  
POLINOMIO QUE MEJOR SE AJUSTA.

$n_i$	$m_i=2$	$m_i=3$	$m_i=4$	$m_i=5$
10	1.373	1.455	1.582	1.801
11	1.315	1.373	1.455	1.582
12	1.273	1.315	1.373	1.455
14	1.221	1.248	1.285	1.334
15	1.195	1.215	1.241	1.273
20	1.131	1.141	1.151	1.163

A continuación se presenta el desarrollo del método de los mínimos cuadrados.

Para hallar el polinomio de grado uno.

Carga (N) $y_i$	$V - V_0$ $X_i$	$X_i \cdot Y_i$	$X_i^2$
0	-91.93228	0	0
307	2042.43172	0.627026538	9.4249E-08
515	4176.79572	2.151049796	2.65225E-07
733	6311.15972	4.626080075	5.37289E-07
975	8445.52372	8.234385627	9.50625E-07
1333	10579.88772	13.04500156	1.52029E-06
1787	12714.25172	18.90609231	2.21117E-06
21753	14848.61572	26.02962336	3.07301E-06
2999	16982.97972	33.94897646	3.996E-06
32249	19117.34372	42.99490603	5.058E-06
32517	21251.70772	53.49054833	6.33529E-06
32776	23386.07172	64.91973509	7.70618E-06
33028	25520.43572	77.27587936	9.16878E-06
33327	27654.79972	90.48650468	1.0706E-05
340,0721	$\sum X_i=0,022844$	$\sum X_i Y_i = 436,7358092$	$\sum X_i^2=5.1622E-0.5$



$$r = \frac{\sum(x_i * y_i)}{\sum x_i^2} = \frac{436.7358092}{0.000051622} = 8460250.432 \quad \text{Ec. 2.2}$$

Así el polinomio de primer grado es:

$$y = 8460250.43185 * X \text{ con } R^2 = 0,99954.$$

En el Apéndice C, se muestra la curva de calibración de la Celda de Carga marca INSTRON.

Siguiendo un procedimiento similar se determinan los polinomios de grado 2, 3, 4 y 5. A continuación se presentan los polinomios obtenidos, por el método de los mínimos cuadrados:

$$\text{GRADO 2: } y = -114832260,354x^2 + 8875877,869x - 278,043$$

$$\text{GRADO 3: } y = 37755003777,438x^3 - 300723149,857x^2 + 9112252,860x - 333,015.$$

$$\text{GRADO 4: } y = 102752384969472x^4 - 631504343587x^3 + 1066433484,346x^2 + 8205043,519x - 231,222.$$

$$\text{GRADO 5: } y = -126455515990458000x^5 + 1134892436692990x^4 - 3578112770064x^3 + 4494592949x^2 + 6826956,668x - 161,421.$$

En el Apéndice C se muestra una tabla con los valores de  $y$  y pronosticado ( $\hat{y}$ ) con sus respectivos valores ( $d$ ), y los valores ( $s$ ) para cada uno de los polinomios encontrados.

Haciendo la comparación:  $\frac{S_{m-1}}{S_m} > C(n, m)$ , tenemos:

$$\frac{S_4}{S_5} = 1,151 < C(14,5) = 1.334$$

Como no se cumple que  $1,006 > 1,334$ , un polinomio de grado 5 no es el mejor ajuste a los datos y ahora intentaremos con un polinomio de grado 4.

$$\frac{S_3}{S_4} = 1,092 < C(14,4) = 1.285$$

Ya que nuevamente no se cumple con el requerimiento establecido, un polinomio de cuarto grado no es satisfactorio e intentaremos con un polinomio de tercer grado.

$$\frac{S_2}{S_3} = 0,975 < C(14,3) = 1.248$$

Ahora tampoco se cumple que un polinomio de tercer grado es el que mejor se ajusta a la distribución de datos



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

y realizaremos un nuevo cálculo para ver si un polinomio de segundo grado se ajusta a los datos

$$\frac{S_1}{S_2} = 1,175 < C(14,2) = 1.221$$

Esta última desigualdad me indica que el polinomio que mejor se ajusta a los datos es el polinomio de grado 1, lo que era de esperarse al observar la distribución de los puntos.

Finalmente el polinomio que se debe usar es el siguiente:  
 $y = 8460250.43185 \cdot X$  con  $R^2 = 0,99954$ , que es un polinomio del tipo:  $Y = M \cdot X$ . Para el cual  $M = 8460250.43185$  y este es el coeficiente que usaremos en el programa para calcular la fuerza a partir del voltaje leído en el módulo FieldPoint de adquisición de datos.

## 2. Medición de deformación.

Para la medición de la deformación se siguen dos métodos, el primero utilizando extensómetros los cuales son ubicados directamente en la probeta para medir la deformación que ésta sufre a lo largo del ensayo, el principio de funcionamiento de



En el 1er ensayo - No se mide



estos extensómetros están basados en strain gages. El segundo método que se empleará para la medición de deformación en el presente trabajo es por medio de un sensor óptico, estos dos métodos utilizados directo e indirecto se explicarán más adelante en la sección 2.2.2.1 y 2.2.2.3 respectivamente.

#### **2.2.2.1. Método directo utilizando extensómetros.**

Los extensómetros serán utilizados para la medición directa de la deformación unitaria colocando la señal de salida de los extensómetros al módulo FP-AI-110.

En cuanto a las características y especificaciones técnicas de dichos dispositivos consulte la sección 1.4.

#### **2.2.2.2. Calibración de los extensómetros.**

Antes de explicar el proceso de calibración de los extensómetros considero necesario explicar paso a paso el procedimiento de sujetado de los extensómetros en la probeta a ensayar.

A continuación se describe el procedimiento:

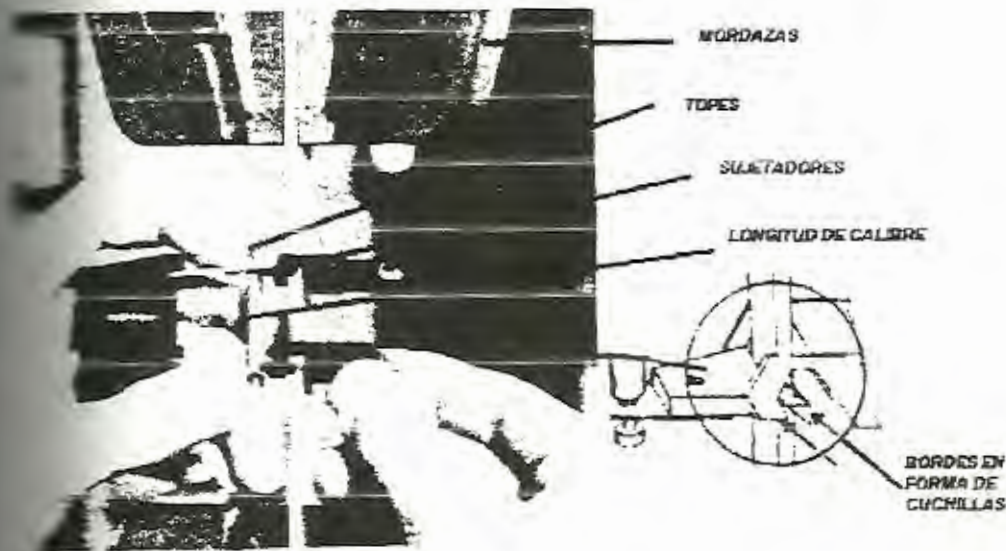


FIGURA 2.3 SUJETADO DEL EXTENSÓMETRO EN LA PROBETA

1. Como se muestra en la Figura 2.3, cerrar el extensómetro, tanto como sea posible a la longitud del espaciador del calibre, acogiéndolo con el dedo pulgar en uno de los extremos y con el dedo índice en el extremo que tiene la longitud mas larga al tope, observando siempre que la posición del extensómetro sea horizontal. La sección que permitirá el desplazamiento debe quedar ubicada siempre hacia arriba.
2. Posicionar los extremos en forma de cuchilla de los extensómetros en el espécimen (accesorio en forma de probeta) y las puntas que sobresalen de dichos extremos





BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

deben estar libres del espécimen para poder mantener contacto con las grapas sujetadoras.

3. Con las grapas sujetadoras en la otra mano y con el extremo abierto de los ganchos hacia abajo, monte el espécimen sobre los extremos en forma de cuchilla del extensómetro. Presione la grapa sujetadora contra el espécimen para comprimir el embolo con resorte y enganche la grapa sujetadora en el soporte para la grapa que tiene forma de cuchillas. (Asegurarse de que los extremos en forma de cuchilla asienta apropiadamente en los sujetadores los cuales tienen un asiento en forma de "V"). Hacer lo mismo con el otro gancho sujetador.
4. Se le pueden hacer unas marcas ligeras en el espécimen que coincida con la longitud cerrada de los extremos en forma de cuchillas de la galga extensométrica con la finalidad de evitar la inestabilidad de los sujetadores después de quitar las manos del extensómetro, y asegurar de esta manera que el elemento permanezca en posición antes de la salida de una prueba.
5. Después de remover las manos del extensómetro, una despreciable abertura aparecerá sobre el espaciador de la longitud del calibre. Esta característica se ha



incorporado en el diseño para asegurar que el elemento esta libre de cualquier restricción antes de iniciar el ensayo.

La calibración de los dos extensómetros se la realizó con un aparato calibrador precisamente de extensómetros marca INSTRON propiedad del Laboratorio de Sólidos que se muestra en la siguiente figura:

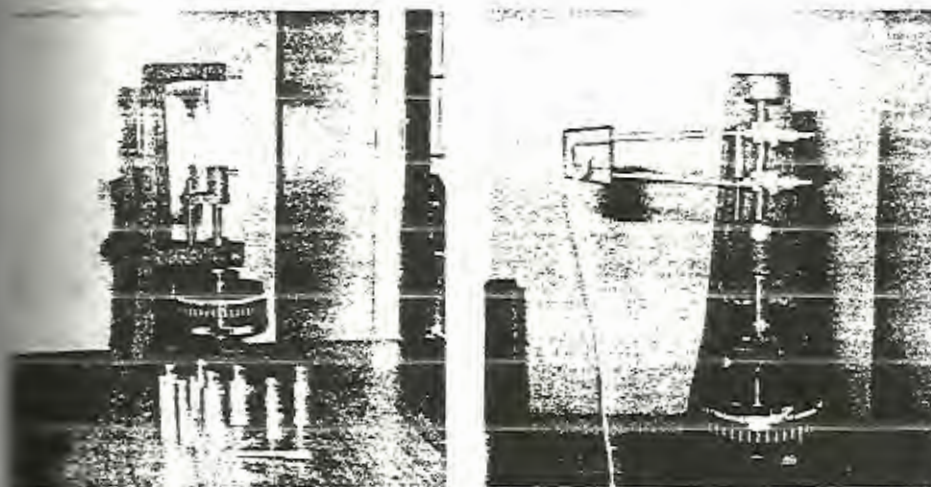


FIGURA 2.4: DISPOSITIVO CALIBRADOR DE EXTENSÓMETROS

El procedimiento de calibración de ambos extensómetros fue exactamente el mismo. A continuación se detalla paso a paso el procedimiento empleado:

1. Para mayor exactitud de la medición, el dispositivo calibrador debe permanecer en posición vertical y con el medidor (micrómetro) en la parte de abajo.

2. Se seleccionó el dispositivo que tiene forma de probeta para tensión de entre todos los demás accesorios que vienen en la caja y se lo ubicó en la parte superior del aparato calibrador de extensómetros, y asegurarse de que esté fijo apretando el tornillo sujetador.
3. Se rotó preliminarmente el tambor del dispositivo de calibración en la dirección a favor de las manecillas del reloj para prevenir cualquier trabamiento.
4. Se colocó el extensómetro con su respectivo sujetador en el accesorio en forma de probeta siguiendo los pasos descritos en el procedimiento anterior de procedimiento de sujetado.
5. Se enceró el micrómetro haciendo coincidir el cero fijo y el cero del tambor móvil.
6. Se enchufó el conector (plug) del extensómetro al FieldPoint AI110, de tal manera que el cable no interfiera con el movimiento del extensómetro.
7. Luego de esto se configuró el módulo FP-AI-110 en el programa FieldPoint Explorer y se corrió el software.
8. Anotar en una tabla los valores que se obtienen del



FieldPoint. Explorer (Voltaje).

9. Anotar las mediciones leídas del micrómetro (mm).

10. Obtener la curva V vs mm.

En el Apéndice C, se muestra la curva de calibración (V vs mm) obtenida para el extensómetro G-51-14 -MA

Hallamos el polinomio de grado 1, usando el método de los mínimos cuadrados. Obteniendo la siguiente ecuación:

$$Y=2009.03475*X$$

A continuación se presenta el desarrollo del método de mínimos cuadrados.

DEFORMACIÓN (MM) $y_i$	V-Vo $x_i$	$\Sigma x*y$	$X_i^2$
0,00	0	0	0
2,50	0,001259	0,0031475	1,5851E-06
5,00	0,002493	0,012465	6,215E-06
7,50	0,003736	0,02802	1,3958E-05
10,00	0,004966	0,04966	2,4661E-05
12,50	0,006203	0,0775375	3,8477E-05
15,00	0,007466	0,11199	5,5741E-05
17,50	0,008701	0,1522675	7,5707E-05
20,00	0,009956	0,19912	9,9122E-05
22,50	0,011208	0,25218	0,00012562
25,00	0,012453	0,311325	0,00015508
$\Sigma x_i=137,50$	$\Sigma x_i=0,068441$	$\Sigma x_i*y_i=1,1977125$	$\Sigma x_i^2=0,000596163$



$Y = m * X$

$$m = \frac{\sum(x_i * y_i)}{\sum x_i^2} = \frac{1,19771}{0.000596163} = 2009.03475$$

Ahora siguiendo el mismo procedimiento empleado en la calibración del extensómetro anterior, procedemos a calibrar el extensómetro G-51-15 -MA .

Hallamos el polinomio de grado 1, usando el método de los mínimos cuadrados.

DEFORMACIÓN	V-Vo xi	$\Sigma x * y$	$x_i^2$
0	0	0	0
1.50	0,0015	0,00375	0,00000225
3.00	0,002992	0,01496	8,9521E-06
4.50	0,004486	0,033645	2,0124E-05
6.00	0,005981	0,05981	3,5772E-05
7.50	0,007469	0,0933625	5,5786E-05
9.00	0,008963	0,134445	8,0335E-05
10.50	0,010467	0,1831725	0,00010956
12.00	0,011966	0,23932	0,00014319
13.50	0,013464	0,30294	0,00018128
15.00	0,014953	0,373825	0,00022359
16.50	$\Sigma x_i = 0,082241$	$\Sigma x_i * y_i = 1,43923$	$\Sigma x_i^2 = 0,00086083$

$$Y = m * X$$



$$m = \frac{\sum(x_i * y_i)}{\sum x_i^2} = \frac{143923}{0.00086083} = 1671,9097$$

la ecuación resultante de calibración entonces queda:

$$y = 1671,9097 * X$$

La curva de calibración de este extensómetro GS-51-MA, se encuentra en el Apéndice C.

Como conclusión de la calibración tanto de la celda de carga como de los extensómetros se presenta la siguiente tabla.

**TABLA 7: CONSTANTES DE CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES-  
TRANSDUCTORES**

Sensor	Modelo	Coefficiente de calibración	Unidades
Celda de carga	INSTRON, tipo Strain Gage.	8460250.432	N/voltios
Extensómetro 1	G-51-14-MA	2009.03475	mm/voltios
Extensómetro 2	G-51-15-MA	1671.9	mm/pulso

### 2.2.2.3. Método indirecto utilizando sensor de pulsos.

El segundo método desarrollado en el presente trabajo para la medición de la deformación es el método indirecto utilizando un sensor de pulsos. Este método consiste en



medir el desplazamiento angular del eje del motor , esta medición se transforma en el desplazamiento vertical del cabezal móvil por medio de la siguiente relación proporcional:

$$\frac{\text{Desplazamiento}}{\text{Pulso}} = \frac{1 \text{ rev motor}}{1 \text{ rev disco}} * \frac{1 \text{ rev eje salida reductor}}{60 \text{ rev motor}} * \frac{1 \text{ rev piñón}}{1 \text{ rev eje salida reductor}} * \dots$$

$$\frac{1 \text{ rev engrane}}{1 \text{ rev piñón}} * \frac{\text{Paso del tronillo}}{1 \text{ rev engrane}} = \frac{\text{Desplazamiento en mm}}{\text{Pulso}}$$

EC: 2.3

Reemplazando numéricamente dichos valores tenemos:

$$\frac{\text{Desplazamiento}}{\text{Pulso}} = \frac{1 \text{ rev motor}}{1 \text{ rev disco}} * \frac{1 \text{ rev eje salida reductor}}{60 \text{ rev motor}} * \frac{1 \text{ rev piñón}}{1 \text{ rev eje salida reductor}} * \dots$$

$$\frac{1 \text{ rev engrane}}{1 \text{ rev piñón}} * \frac{12 \text{ mm}}{1 \text{ rev engrane}} = \frac{0.003125 \text{ mm}}{\text{Pulso}}$$

EC:2.4

Este método no es muy exacto con respecto al método directo de medición de deformación, ya que no toma en consideración aspectos como resbalamiento entre la probeta y las mordazas y deformaciones elásticas del cabezal móvil, de ahí que los resultados que se obtienen no sean muy exactos en cuanto a deformación, pero es un método útil en el caso de ensayar probetas en las que



no se pueden utilizar extensómetros.

#### **2.2.2.3.1. Selección y ubicación del sensor de pulsos.**

Existen diferentes sensores en el mercado que permiten medir el desplazamiento angular de ejes entre los que se encuentran los sensores ópticos, sensores de proximidad, infrarrojos, sensores magnéticos, y sensores láser.

En este trabajo se decidió utilizar un sensor óptico tomando en consideración la disponibilidad del espacio físico de instalación, el costo, los rangos de operación, y la temperatura de funcionamiento.

El sistema consiste básicamente del sensor óptico y de un disco con agujeros. El dibujo de este último con todas sus dimensiones se muestra en el plano 1.

Se escogió el optoaislador modelo ECG 3102.

Básicamente un optoacoplador u optoaislador es una combinación integrada de un diodo emisor de luz infrarroja (LED) de arseniuro de galio y un fototransistor de silicio, acoplados dentro de una cubierta protectora plástica y separados por una ranura, la separación en la cubierta protectora provee un medio para que se pueda interrumpir la señal por medio de un material opaco de suficiente densidad como para bloquear la luz (en este caso el disco es metálico) esto ocasiona que el rayo de luz entre al LED y el fototransistor se interrumpa, proveyendo de este modo un interruptor de conteo encendido-apagado (ON-OFF).

El sistema está diseñado para optimizar la resolución mecánica, la eficiencia de acoplamiento, tamaño, costo, y proveer confiabilidad, aislamiento de alto voltaje, aislamiento de ruido.

Las características técnicas de este optoacoplador se muestran en el Apéndice D.

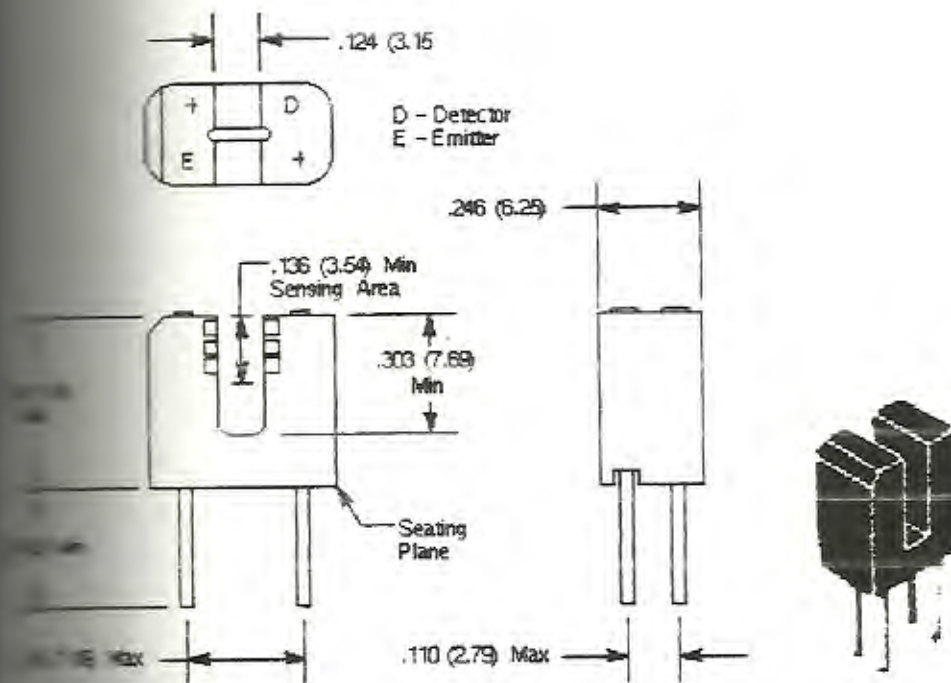


FIGURA 2.5: DIMENSIONES DEL OPTOACOPLADOR.

### 2.2.2.3.2. Diseño y construcción del circuito electrónico para la medición de los pulsos.

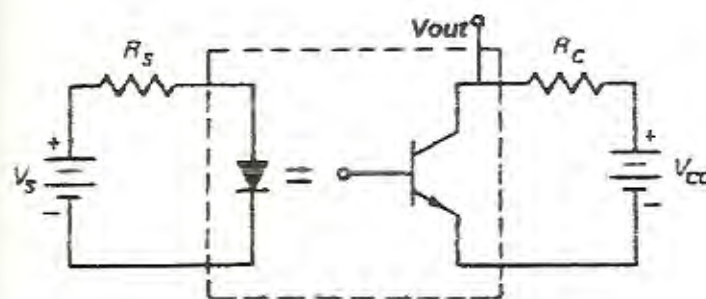
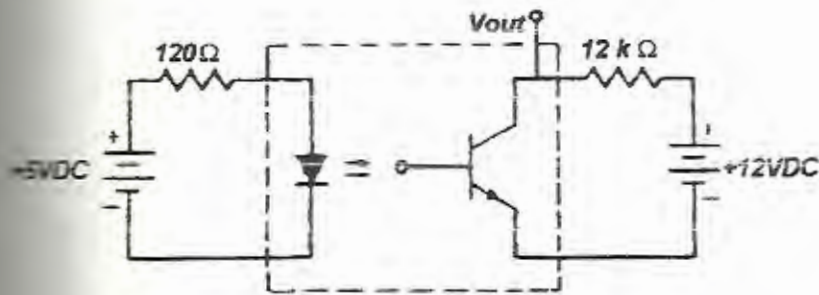


FIGURA 2.6: ESQUEMA DEL CIRCUITO DEL ACOPLADOR ÓPTICO.



La Figura 2.6 anterior representa el esquema de funcionamiento del sensor optoacoplador, podemos observar dos circuitos sin interacción de línea, uno es para el diodo y el otro es para el fototransistor, la señal de salida  $V_{out}$  está colocada en el pin colector del transistor. Al aplicar el voltaje  $V_s$  circulará una corriente por el Led esta corriente inducirá una corriente en la base del transistor si esta corriente inducida es mayor que la corriente que circula por el fototransistor debido al voltaje  $V_{cc}$  el circuito se cerrará, si es menor continuará abierto.

La fuente de poder utilizada posee voltajes de 5 VDC y 12 VDC los cuales se han usado para el diodo y para el fototransistor respectivamente. Las resistencias que se han elegido para el circuito del diodo y del transistor son 120 Ohm y 12 k Omhs respectivamente.



ESQUEMA DEL CIRCUITO DEL SENSOR ÓPTICO CON LOS VALORES DE LAS RESISTENCIAS Y DE LA ALIMENTACIÓN.

La corriente de saturación de fototransistor viene dada por la siguiente fórmula:

$$I_{\text{csat}} = \frac{V_{\text{cc}}}{R_c} = \frac{12\text{V}}{12000\Omega} = 1\text{mA} \quad \text{EC 2.5}$$

De acuerdo a las características técnicas del optoacoplador ECG 3102, descritas en el Apéndice D, el valor máximo de corriente es de 100 mA, de manera que estamos en el rango permitido.

La corriente que circula a través del diodo,  $I_d$ , se la puede hallar por medio de:

$$I_d = \frac{V_s}{R_s} = \frac{5}{120} = 42 \text{ mA}$$

EC: 2.6

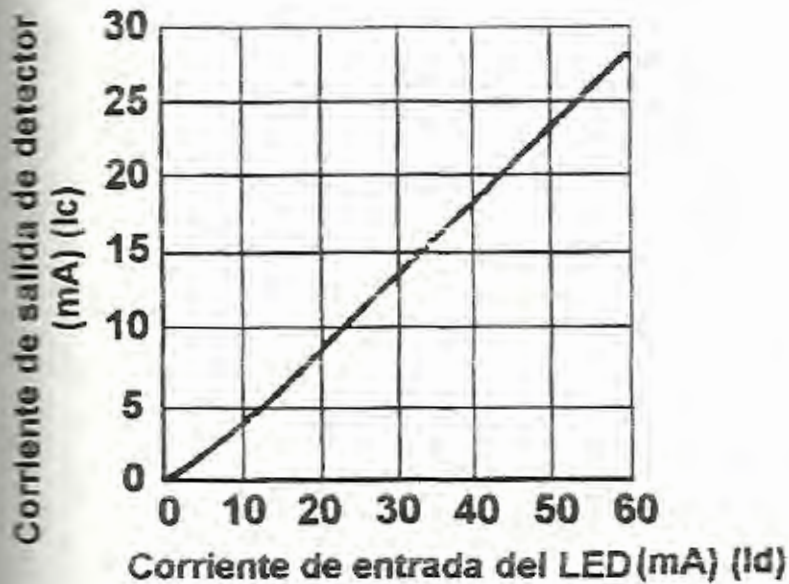


FIGURA 2.8: CURVA ESTÁTICA

Esta corriente  $I_d=42 \text{ mA}$  de acuerdo a la curva estática de transferencia para optoacopladores induce un valor de corriente  $I_c=18 \text{ mA}$  en la lente del fototransistor. Cuando pase por la ranura del acoplador óptico una sección no agujereada del disco la corriente  $I_c$  inducida por  $I_d$  será mayor que  $I_{csat}$  y el circuito del fototransistor se cerrará haciendo que el voltaje medido en  $V_{out}$  sea cero. Mientras que cuando una porción sólida del disco atraviese la ranura del optoaislador se obstruirá el



paso de luz haciendo que la corriente  $I_c$  disminuya casi a cero siendo menor que  $I_{csat}$  provocando que el circuito interno del fototransistor se abra y el voltaje que se mida en  $V_{out}$  sea casi igual  $V_{cc}$  o sea 12 VDC.

#### 2.2.2.3.3. Diseño y construcción de elementos adicionales para la medición de pulsos

Para que quede funcionando de manera permanente y en óptimas condiciones el sensor de pulsos hubo la necesidad de construir unos elementos adicionales. Se trata de una pieza en forma de "C" sujeta con dos pernos en la base que sostiene al motor, y la otra pieza tiene forma de "L" en cuya parte superior se encuentra la tarjeta que contiene el circuito eléctrico del sensor de pulsos. Estas dos piezas hacen posible que dicha tarjeta pueda moverse en los tres grados de libertad conocidos (arriba, abajo, izquierda, derecha, hacia adentro, hacia fuera), lo que permite conseguir la posición exacta que debe tener el optoacoplador



ECG3102 con respecto a la rueda dentada.

En los planos 1, 2, y 3, se muestran los planos con todas las dimensiones de los dos elementos de sujeción y el plano con todas las dimensiones de la rueda dentada.

En el Apéndice E, se encuentra una foto que muestra la ubicación del sensor con sus respectivos elementos de sujeción, este se encuentra en la parte trasera de la Máquina Universal de Ensayos junto al motor.

#### **Diseño y construcción de una tarjeta para alimentación de sensores.**

Para la transferencia y la alimentación de las señales de los sensores en campo se ha diseñado y construido una tarjeta de circuitos impresos en la que están dispuestos elementos electrónicos, esta tarjeta se muestra en el Apéndice F.

La alimentación es diferente para cada sensor dependiendo de sus características técnicas con la particularidad que todos están alimentados con voltaje de corriente directa. En el Apéndice F

Además se muestra un dibujo de la pista de la tarjeta y una tabla donde se indica el canal con su respectiva señal ya sea de salida o alimentación que provienen de los sensores y que van hacia los terminales de los FieldPoints. Esta tarjeta se encuentra dentro de una caja metálica llamada caja interfase diseñada con la finalidad de conectar todos los elementos involucrados en la adquisición de los datos estos son la fuente de poder de +5V con +15 A máx, -5V 0,5 A máx, +12V 6 A max, -12V 0.5 A máx., la tarjeta, los módulos FieldPoints FP-AI-110, y FP-CTR-500,

En el Apéndice G, se muestra una foto de la caja interfase.

#### **11.1. Circuito de alimentación de celda de carga.**

El circuito es como se muestra a continuación en la siguiente figura:





## Circuito Puente de Wheatstone

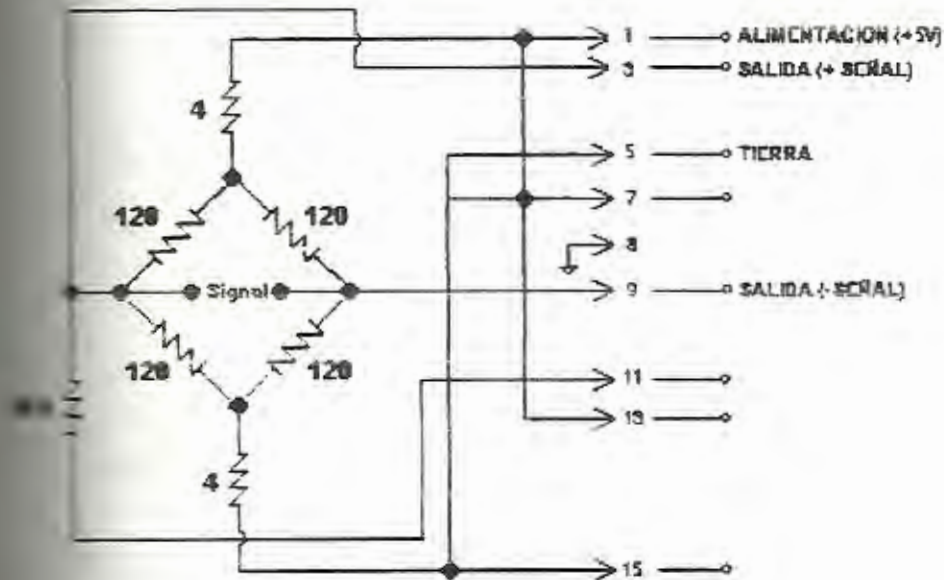


Figura 2.9: Circuito de la celda de carga.

### 2.12 Circuito de alimentación de extensómetros.

Este dispositivo posee un plug el mismo que se conecta a la caja de interfase, y las señales son transferidas a un circuito electrónico, el mismo que alimenta al extensómetro con un voltaje de +5VCD por medio de una fuente, este circuito transfiere las señales hacia el módulo FP-AI-110.

En el Apéndice F, se muestra la tabla de conexiones tanto para los 2 extensómetros como para los demás dispositivos.

A continuación se muestra un esquema del circuito del

extensómetro.

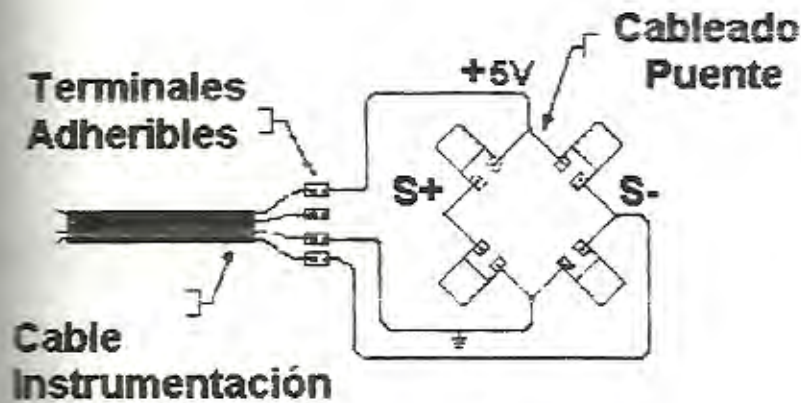
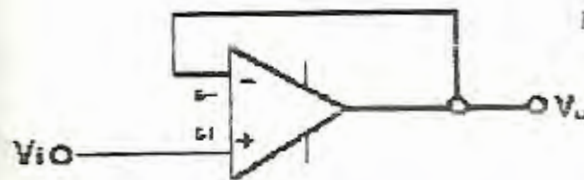


FIGURA 2.10. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DEL EXTENSÓMETRO.

### 2.3.1 Circuito de alimentación y acople de impedancia para el sensor de pulsos.

Al querer conectar la señal de salida del circuito del sensor de pulsos  $V_{out}$  directamente al módulo contador FP-CTR-500, la señal de +12 VDC se reduce a +5 VDC debido a la elevada impedancia del circuito integrado del optoacoplador en comparación con la impedancia del módulo contador, necesitamos entonces de un dispositivo que permita el aislamiento de impedancias entre los dos circuitos, este dispositivo es un circuito Seguidor de Voltaje, construido con un amplificador operacional, cuyas características se detallan en el

Apéndice D y luce de la siguiente manera:



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

FIGURA 2.11. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

De esta forma, el circuito de alimentación y acondicionamiento de señal queda finalmente estructurado de la siguiente manera:

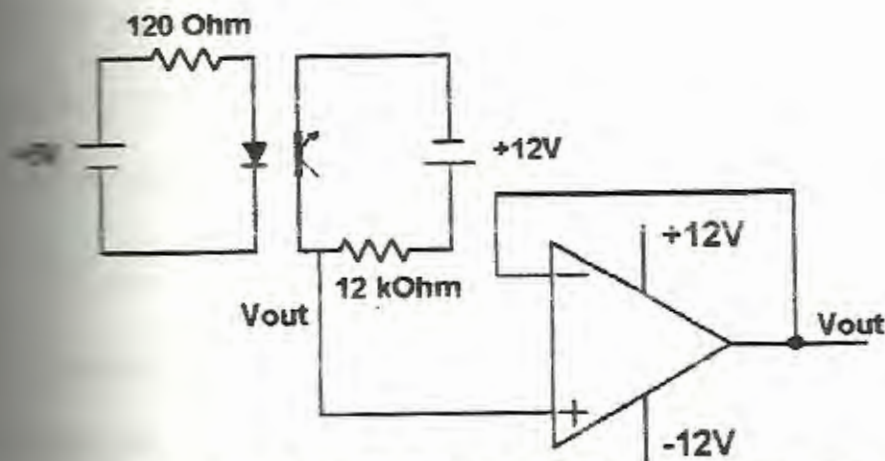


FIGURA 2.12. ESQUEMA COMPLETO DEL CIRCUITO DEL SENSOR DE PULSOS.



**Descripción de los módulos de adquisición de datos (Field Points).**

FieldPoint (Punto de campo), es un sistema modular distribuido de entradas y salidas al cual pueden adaptarse una variedad de módulos tanto analógicos como digitales. Los módulos utilizados en el presente trabajo son: el contador FP-CTR-500 para señales de pulsos, y el FP-AI-110 para señales analógicas de voltaje, las mismas que se traducen al lenguaje binario y se comunican al computador por medio del protocolo RS-232. Estas señales en cualquier momento pueden ser monitoreadas desde el programa FieldPoint o desde el que se hablará más adelante y a su vez desde el mismo programa configurar los rangos de amplitud y tipos de señales que se esperan en cada módulo.

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

- Módulo de entradas y salidas,
- Bases que contienen terminales para conectar los cables que vienen del campo, estas bases son universales y pueden aceptar cualquier módulo FieldPoint. Estos componentes se conectan a los carriles DIN normalizados y sirven como un soporte para



los módulos (E/S) y el cableado.

Módulos de red que proveen conexión entre la red industrial y los módulos de Entradas/Salidas (E/S). El módulo de red se comunica con los módulos locales de Entradas/Salidas (E/S) por medio del bus local formado por las bases de terminales conectadas. Actualmente, se pueden tener hasta 9 módulos en un banco y hasta 25 bancos en una red de FieldPoints. Las opciones actuales para módulos de red incluyen protocolos de comunicación RS-232 y RS-485, Ethernet, y Fieldbus.

En el presente trabajo se optó por escoger el protocolo de comunicación RS-232, el RS-232 es un conector muy comúnmente utilizado en mini computadoras, impresoras, módems y equipos de adquisición de datos.

El RS-232 fue originalmente especificado para comunicaciones de datos entre un dispositivo controlador y un dispositivo receptor con distancias de hasta 15 metros (50 pies) y con velocidades de hasta 19,200 bits/seg. Estas distancias y velocidades límites han demostrado ser conservadoras; el RS-232 es ahora frecuentemente usado a velocidades de 115-230 Kbits/seg. El



RS-232 está siendo también operado a distancias mayores de 25 metros. La habilidad para alcanzar esos parámetros de operación depende del ambiente y la calidad del cableado usado. Generalmente hablando, un sistema no puede proveer al mismo tiempo velocidades y distancias máximas.

El conector RS-232 tradicional fue un diseño D-Shell con 25 pines. Sin embargo, algunos productos seriales ahora incluyen puertos seriales de 9 pines con (o en lugar de) la versión de 25 pines. Ambos tipos de puertos contienen las mismas 9 líneas de señales, aunque el número de los pines para especificar señales es diferente. Una conexión RS-232 completa incluye: Tx (transmite), Rx (recibe), señal de tierra y algunas líneas adicionales.

#### **2.4.1. Características generales del módulo FP-1000.**

El FP-1000 es un módulo de red para el sistema FieldPoint, el mismo que proporciona una conexión a una red RS-232 usando un sencillo protocolo ASCII. Además, tiene un repetidor aislado RS-485 incorporado para transparentemente añadir hasta 24 módulos de red FP-1001 al mismo puerto serial de la



computadora.



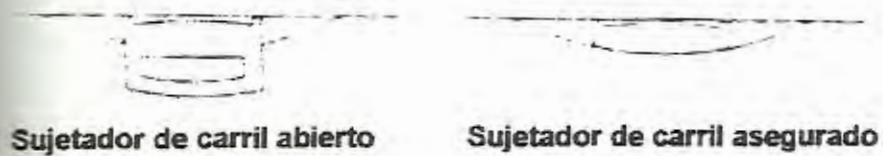
FIGURA 2.13. MÓDULO FP-1000

#### 2.4.1.1. Instalación del módulo FP-1000.

El FP-1000 tiene un sencillo carril sujetador para montarse apropiadamente en un carril de 35 mm fabricado según la Norma DIN. Para instalar el módulo FP-1000 al carril DIN, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Con un destornillador plano cambiar a la posición de abierto el sujetador del carril, como se muestra en la

Figura 2.14.



Sujetador de carril abierto

Sujetador de carril asegurado

FIGURA 2.14. SUJETADOR DE CARRIL DIN

- Enganchar la parte de abajo del módulo FP-1000 a la parte superior del carril DIN. Como se muestra en la Figura 2.15.

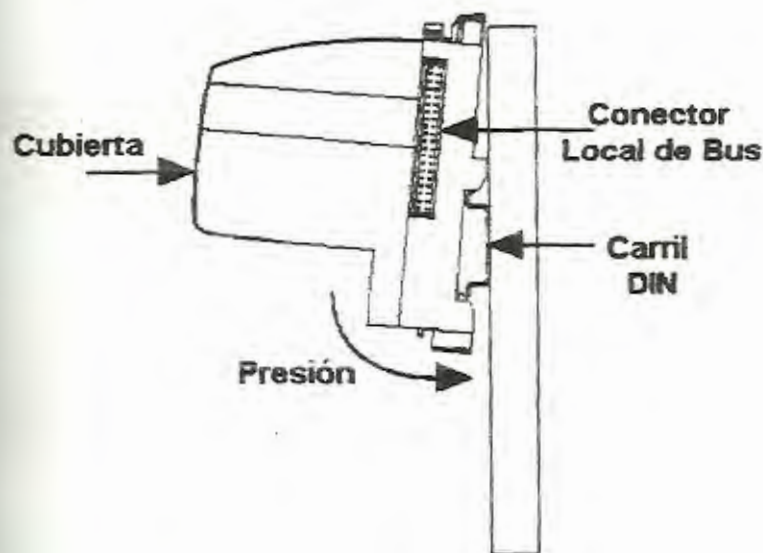
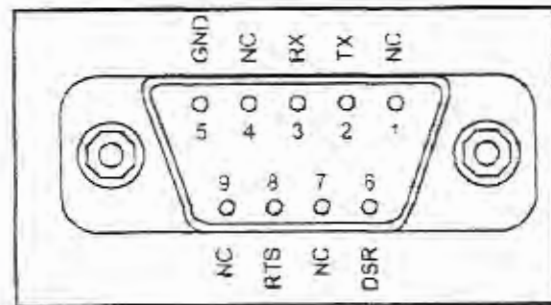


FIGURA 2.15. INSTALANDO EL MÓDULO DE RED EN UN CARRIL DIN.

- Deslizar el FP-1000 a la posición deseada a lo largo del carril DIN. Luego de que el FP-1000 este en posición, asegurarlo al carril DIN presionando el sujetador del carril.

Conectar el FP-1000 a la computadora usando el conector RS-232 de 9 pines que se encuentra en el FP-1000. Conectar el puerto RS-232 del FP-1000 al puerto RS-232 de la computadora usando un cable hembra a macho. A continuación en la

Figura 2.17 se muestran los pines de salida del conector RS-232 del FP-1000.



Leyenda:

NC: No Conectado	TX: Transmite
GND: Tierra	RTS: Petición de envío
RX: Recibe	DSR: Conjunto de datos listos

FIGURA 2.17. CONECTOR RS-232 DEL FP-1000

Hasta 24 módulos de red FP-1001 adicionales se pueden conectar a este módulo FP-1000 usando el repetidor empotrado RS-485. Este repetidor hace que el puerto RS-485 del FP-1000 aparente a los módulos



adicionales FP-1001 como si hubiera un puerto RS-485 en la computadora. Los pines de salida del RS-485 se muestran en la siguiente figura.

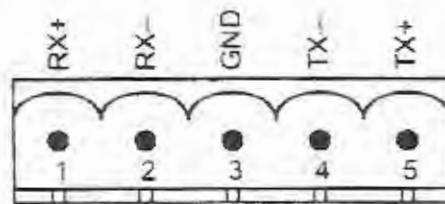


FIGURA 2.18. CONECTOR RS-485.



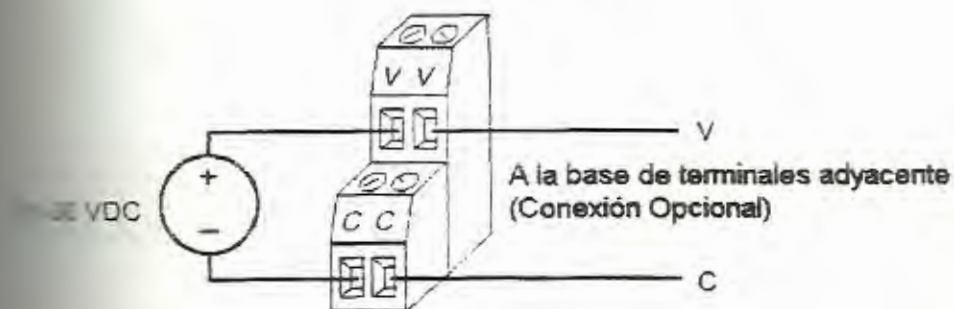
BIBLIOTECA GONZALE ZEVALLOS G.  
E. I. M. C. P.

### Alimentación del FP-1000

Se requiere una fuente de alimentación de 11-30 VDC para cada conjunto de FieldPoints.

El FP-1000 filtra y regula esta alimentación suministrada y provee energía para todos los módulos de Entrada/Salida (I/O) del conjunto. Por lo tanto no es necesario proveer alimentación separadamente para cada módulo del conjunto. Si el dispositivo Entrada/Salida de campo necesita ser alimentado separadamente, se pueden usar terminales suministradas en cada base de terminales para aquellas

conexiones de suministro de poder. El conector de alimentación es un terminal conector de 4 pines tipo tornillo. Estos pines se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



#### CONEXIONES DE ALIMENTACIÓN DEL FP-1000 Y FP-1001.

Los dos terminales etiquetados V están internamente conectados al módulo de red, así como lo están los dos terminales etiquetados C. Para la operación del sistema FieldPoint la energía debe ser aplicada a un par V y C.

Si se desea alimentar los dispositivos E/S desde la misma fuente de alimentación, el segundo par V y C provee un recurso conveniente para conectar la alimentación a los terminales V y C de una base de terminales adyacentes. La **¡Error! No se encuentra el**



origen de la referencia. muestra la conexión opcional.

**NOTA:** Las bases de Terminales deben estar conectadas al FP-1000, y el interruptor de velocidad de baudios debe estar fijado, antes de alimentar al FP-1000.

#### 2.4.1.2. Especificaciones técnicas del módulo FP-1000.

##### Especificaciones Técnicas del Módulo FP-1000

Conectividad.....	1 Puerto RS-232 , 1 puerto repetidor RS-485
Velocidad de Baudios.....	300, 1200, 2400, 9600,19200, 38400, 57600, 115200 (seleccionable por interruptores)
Formato de comunicación.....	1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit parada, Sin paridad.
Voltaje de RS-485.....	2500 Vrms colapso, 250 Vrms operacional
Consumo de Potencia.....	1 W + 1.15 * $\Sigma$ (requerimientos de potencia de los módulos E/S)
Rango de operación.....	-40° C a +70° C
Rango de almacenamiento.....	-55° C a +100° C
Humedad Relativa.....	5% a 90% sin condensación.
Peso.....	250 g (8.7 oz.)

#### Dimensiones Mecánicas

En la Figura 2.20 se muestran las dimensiones mecánicas del FP-1000.



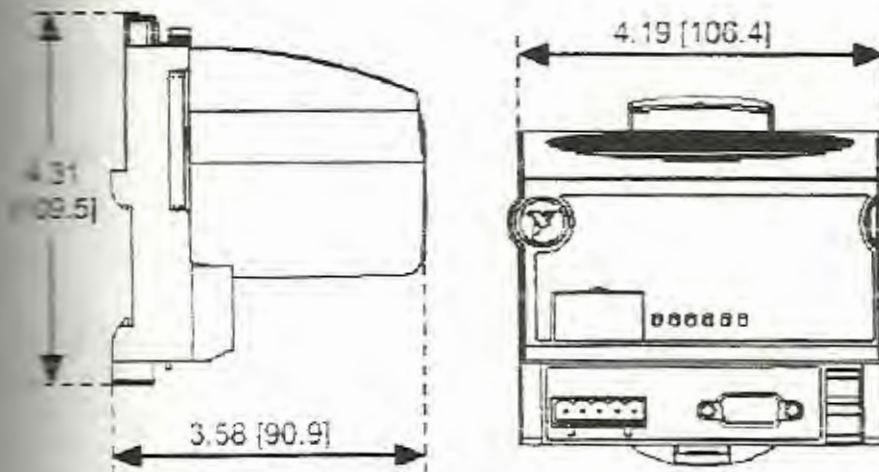


FIGURA 2.20. DIMENSIONES MECÁNICAS

### 2.2.1 Características generales del módulo FP-AI-110.

El FieldPoint FP-AI-110 es un módulo de ocho entradas analógicas. El FP-AI-110 puede ser usado con señales de entrada de corriente o de voltaje. El FP-AI-110 es ideal para señales de baja frecuencia, y tiene tres filtros configurables para eliminar el ruido. Su operación hot plug and play, aislamiento de seguridad, y los 11 rangos de entrada aseguran que tanto la instalación como el mantenimiento estén libres de problemas tanto como sea posible.

Esta sección cubre solo instrucciones básicas de operación como son: la instalación, importancia, y características del FP-

AI-110. Para más detalles en cuanto a configuración y acceso del FP-AI-110 a través de una red, refiérase al manual del usuario del FP-1000.

#### **2.4.2.1. Instalación y cableado del módulo FP-AI-110.**

El FP-AI-110 se monta sobre una base de terminales Field Point (FP-TB-01). La operación hot plug and play del FP-AI-110 permite instalarlo sobre una base de terminales alimentada sin perturbar la operación de otros módulos o bases de terminales. El FP-AI-110 recibe la energía para su operación desde la base de terminales.

Para instalar el FP-AI-110, vea la Figura 2.21 y siga los siguientes pasos:

1. Deslice la clavija de la base de terminales a la posición X (usada para cualquier módulo) o a la posición 1 (usada para el módulo FP-AI-110).
2. Hacer coincidir las ranuras de alineación del FP-AI-110 con los carriles guías en las bases de terminales.



3. Presionar firmemente para asentar el FP-AI-110 sobre la base de terminales. Cuando este es firmemente asentado, el pestillo de la base de terminales asegura la posición del FP-AI-110.

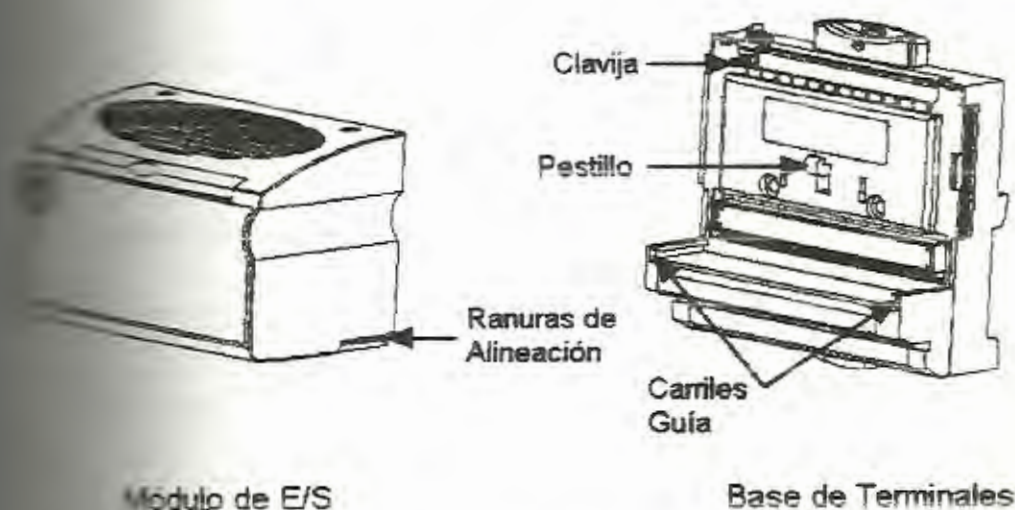


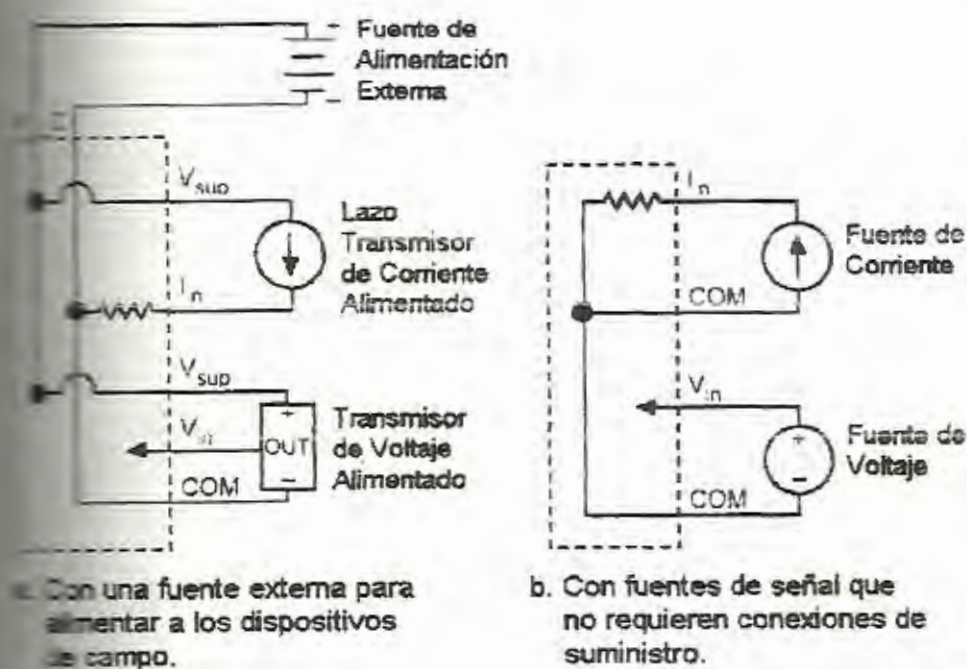
FIGURA 2.21. DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DEL MÓDULO.

### Cableado

La base de terminales provee conexiones para cada uno de los ocho canales de entrada y un suministro externo para energizar dispositivos de campo. Cada canal tiene un terminal separado tanto para entradas de voltaje ( $V_{in}$ ) o entradas de corriente ( $I_{in}$ ). Ambas entradas (de voltaje y corriente) están referenciadas a las terminales COM.



Se puede conectar una fuente externa para alimentar dispositivos de campo conectándola a las terminales V y C de la base de terminales. Si se usa una fuente externa esta energía estará disponible para los dispositivos de campo en las terminales  $V_{sup}$  y COM en cada canal. Las Figura 2.22 a y b muestran ejemplos de conexiones básicas con y sin fuente de alimentación externa respectivamente.



## 2.22 CONEXIONES DE CAMPO BÁSICAS CON DOS CANALES MOSTRADOS

La Tabla 8 muestra una lista de las terminales asignadas para cada canal.

TABLA 8: TERMINALES ASIGNADAS PARA EL FP-AI-110

Canal	Número de Terminal			
	$V_{in}$	$I_{in}$	$V_{sup}$	COM
0	1	2	17	18
1	3	4	19	20
2	5	6	21	22
3	7	8	23	24
4	9	10	25	26
5	11	12	27	28
6	13	14	29	30
7	15	16	31	32

### Entradas de Voltaje

Conectar los voltajes de entrada positivos a la terminal  $V_{in}$  y las entradas de voltaje negativas a la terminal COM. Los rangos de entrada para señales de voltaje son  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 1$  V,  $\pm 300$  mV,  $\pm 60$  mV, 0-10 V, 0-5 V, y 0-1 V.

### Entradas de corriente

Las entradas de corriente deben ser conectadas a las terminales  $I_{in}$  y referenciadas a las terminales COM o C. La corriente que fluye hacia la terminal  $I_{in}$  es leída como positiva por el FP-AI-110; la corriente que fluye hacia fuera de la terminal es leída como negativa. La corriente fluye desde la terminal  $I_{in}$ , a través de una resistencia de 100 Ohm, y sale por las terminales COM o C. La Figura

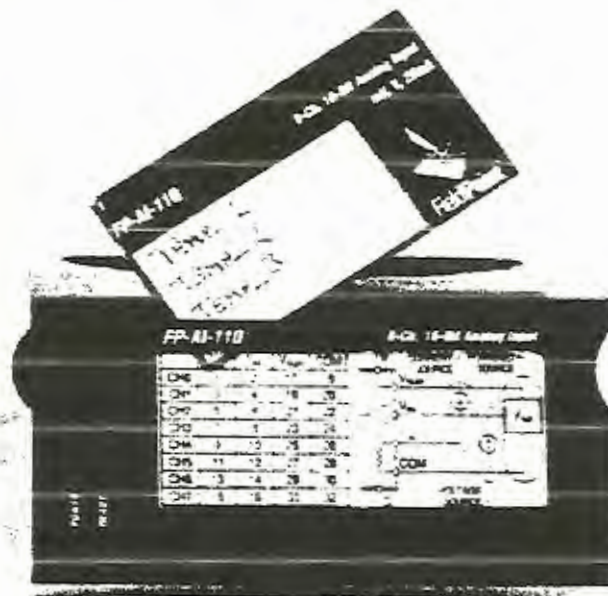




2.22 muestra diferentes métodos para conectar fuentes de corriente. Los rangos de entrada para fuentes de corriente son 0-20 mA, 4-20 mA, y  $\pm 20$  mA.

### Indicadores de estado

La Figura 2.23 muestra la etiqueta del módulo y los indicadores de estado. Se puede remover la etiqueta insertable para ver los diagramas de cableado para los canales de entrada.



2.23. INDICADORES DE ESTADO Y ETIQUETA DEL MÓDULO

FP-AI-110.

Después de que el módulo ha sido insertado en la base



de terminales (y suministrada la energía), el indicador de PODER de color verde (POWER) se enciende y el FP-AI-110 informa al módulo de red de su presencia. Cuando el módulo de red reconoce al FP-AI-110, envía una información inicial de configuración al FP-AI-110. Después de recibir la información inicial, el indicador de color verde LISTO (READY) se enciende y el FP-AI-110 esta en su modo de operación normal.

#### **Fijación del Filtro interno.**

Están disponibles tres filtros internos por cada canal. Los filtros en los canales de entrada son filtros que proveen rechazo a múltiplos o armónicos de una frecuencia fundamental. Se puede seleccionar una frecuencia fundamental de 50 Hz, 60 Hz, o 500 Hz. Aunque el filtro es sintonizado para rechazar armónicos de la particular frecuencia fundamental que se ha elegido, el FP-AI-110 también provee al menos 60 dB de rechazo de señales con frecuencias entre esos armónicos. En muchos casos, la mayoría de los componentes del ruido de la señal están relacionados a la frecuencia de la línea de poder local, y así se debería usar en nuestro caso 60 Hz.

La velocidad a la cual las entradas son muestreadas está determinada por el filtro que se esté usando. Todos los canales son remuestreados a la misma velocidad. Cuando todos los canales están fijados a filtros de 50 Hz o 60 Hz, cada canal es remuestreado cada 1.47 o cada 1.23 segundos, respectivamente. Cuando todos los canales están fijados a filtros de 500 Hz, cada canal es remuestreado cada 0.173 segundos. Cuando se usan diferentes filtros en diferentes canales, se puede usar la siguiente fórmula para determinar la velocidad de muestreo:

(número de canales con filtros de 50 Hz) \* 184 ms

(número de canales con filtros de 60 Hz) \* 154 ms

(número de canales con filtros de 500 Hz) \* 21.6 ms

= velocidad de actualización.

Así si algunos de los canales de AI-110 no se están usando en la aplicación, fijarlos a filtros de 500 Hz, y se mejorará el tiempo de respuesta del módulo. Por ejemplo, si un canal se fija a un filtro de 60 Hz, y los otros siete canales se fijan a 500 Hz, cada canal es



muestreado cada 0.3s (cuatro veces más rápido que en el caso de que los ocho canales estén fijados a 60 Hz).

Es importante notar que la velocidad de muestreo no afecta la velocidad a la cual los datos pueden ser leídos desde la red. El FP-AI-110 siempre tiene datos disponibles para leer desde el módulo de red; la velocidad de muestreo es la velocidad a la cual los datos son actualizados. Así, generalmente no es útil recibir los datos desde el FP-AI-110 a una velocidad más rápida que la velocidad a la cual se actualizan los valores.

#### 2.4.2.2. Especificaciones técnicas del módulo FP-AI-110.

Las siguientes especificaciones son típicas para temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $70^{\circ}\text{C}$ .

##### Características de entrada

Número de canales.....	8
Resolución ADC.....	16 bits
Topología de ADC .....	Delta-sigma
Amplificación .....	3,000 Vrms.
Amplificación de seguridad, voltaje de operación.....	250 Vrms.

Rango de señales de entrada (Seleccionable por medio



del programa FieldPoi Explorer para cada canal).

	Rango nominal de entrada	Con sobre-rango	Resolución efectiva*
Voltage	±10 V	±10.4 V	380 µV
	±5 V	±5.2 V	190 µV
	±1 V	±1.04 V	40 µV
	±300 mV	±325 mV	16 µV
	±60 mV	±65 mV	3 µV
	0-10 V	0-10.4 V	190 µV
	0-5 V	0-5.2 V	90 µV
Current	0-1 V	0-1.04 V	25 mV
	4-20 mA	3.5-21 mA	0.5 µA
	0-20 mA	0-21 mA	0.5 µA
	±20 mA	±21 mA	0.7 µA

\*La resolución efectiva incluye errores de cuantización y ruido rms con filtro fijado a 50 o 60 Hz.

Fijación del filtro (Seleccionable por medio del programa FieldPoi Explorer para cada canal):

Característica	Filtro		
	50 Hz	60 Hz	500 Hz
Tiempo de actualización*	1.47 s	1.23 s	0.173 s
Ancho de banda de entrada (-3dB)	13 Hz	16 Hz	130 Hz

\*El tiempo de actualización enlistado se aplica cuando todos los ocho canales están fijados al mismo filtro.

Resolución (500 Hz) .....	95 dB (con filtro 50/60 Hz)
Resolución .....	0.0015%

### Entradas de voltaje

Resistencia de entrada .....	> 100 Mohm
Resistencia de sobrevoltaje .....	$\pm 40$ V
Corriente de entrada	
.....	50 pA typ., 1 nA max.
.....	3 nA typ., 100 nA max.
Resistencia de entrada (filtro 50 o 60 Hz)	
..... (rango) .....	$\pm 3$ LSB pk-pk
..... (rango) .....	$\pm 2$ LSB pk-pk
..... (rangos) .....	$\pm 1$ LSB pk-pk
Resistencia FOCET	
.....	$\pm 20$ mV + 2 LSB
..... (-70 °C) .....	$\pm 150$ mV + 2 LSB
Resistencia del error de desplazamiento.....	$\pm 2$ mV/°C
Resistencia de Ganancia	
.....	$\pm 0.03\%$
..... (-70 °C) .....	$\pm 0.1\%$
Resistencia del error de ganancia.....	$\pm 20$ ppm/°C

### Entradas de corriente

Resistencia de entrada.....	100 Ohm
Resistencia de sobrecorriente.....	$\pm 50$ mA
Resistencia de entrada (filtro 50 o 60 Hz filter).....	0.3 mA rms
Resistencia de desplazamiento.....	$\pm 0.1$ mA
Resistencia del error de desplazamiento.....	$\pm 20$ nA/°C
Resistencia	
.....	$\pm 0.03\%$
.....	$\pm 0.2\%$
Resistencia del error de desplazamiento.....	$\pm 40$ ppm/°C

### Física

.....	Indicadores verdes PODER Y LISTO.
.....	140 g (4.8 oz.)





### Requerimientos de potencia

Requerimiento desde el módulo de red .....	350 mW
--	--------

### Ambiente

Temperatura de operación.....	-40 °C a +70 °C
Temperatura de almacenamiento.....	-55 °C a + 100 °C
Humedad relativa.....	5% a 90% sin condensación

### Dimensiones Mecánicas

La Figura 2.24 muestra las dimensiones mecánicas del FP-AI-110 instalado en una bases de terminales.

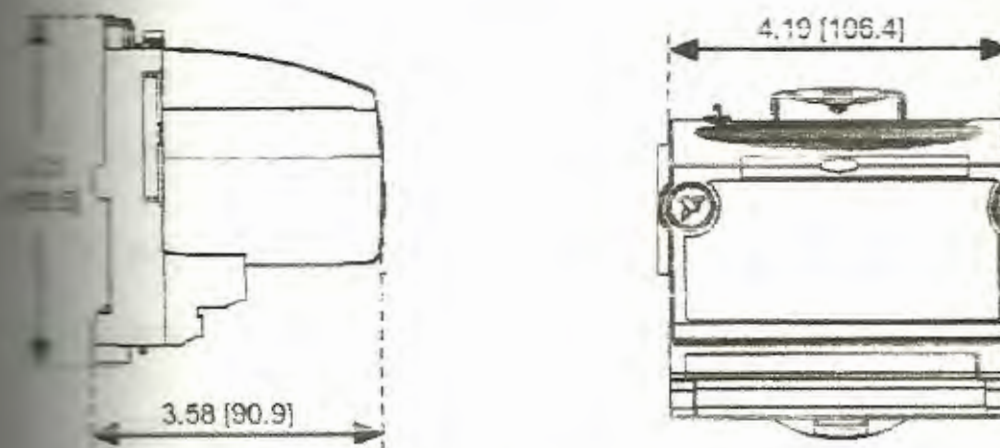


FIGURA 2.24. DIMENSIONES MECÁNICAS DEL MODULO FP-AI-110.

### 2.3.3 Características generales del módulo FP-CTR-500.

El FP-CTR-500 es un módulo FieldPoint contador con las





BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS G.'  
F. I. M. C. P.

siguientes características:

- Ocho contadores de 16 bits con terminales de entrada contadores individuales.
- Referencias de frecuencia internas de 1 kHz y 32 kHz.
- Contadores internos en cascada.
- Cuatro entradas de compuerta (gate) configurables tanto como compuerta (gate) de entrada o entradas discretas.
- Cuatro salidas configurables tanto como contadores de salida o salidas discretas.
- Entradas hundidas (Sinking inputs) y salidas flotantes (sourcing outputs) compatibles con dispositivos de 12 o 24 VDC.
- Filtros pasa bajo de 200Hz habilitables por medio del programa en las canales contadores.
- LEDs indicadores de encendido/apagado.
- Aislamiento entrada a salida de 3000 Vrms.
- Doble aislamiento para voltaje de operación seguro a 250V.
- Operación Hot plug and play.

Para más información acerca de la configuración y la accesibilidad del FP-CTR-500 en una red refiérase al manual del usuario para el módulo FP-1000.

#### **2.4.3.1. Instalación y cableado del módulo FP-CTR-500.**

El FP-CTR-500 está montado en una base de terminales Fieldpoint (FP-TB-01). La instalación y cableado de este módulo es básicamente igual al empleado en el módulo anterior FP-AI-110. Ver la sección 2.4.2.1.

##### **Preparando el cableado**

La base de terminales provee conexiones para cada canal de E/S y para una fuente externa para alimentar los canales de salida del FP-CTR-500 y los dispositivos de campo. Aunque el módulo no necesita la alimentación externa para su operación interna, los canales de salida toman la corriente de esta fuente externa y la requieren para operar.

Cada canal de entrada tiene un terminal de entrada,  $V_{in}$  y cada canal de salida tiene un terminal de salida  $V_{out}$ . Cada canal también tiene terminales  $V_{sup}$  y COM que



pueden suministrar energía a los dispositivos de campo. Se pueden conectar las ocho entradas del contador y las cuatro compuertas de entrada. Se pueden conectar las cuatro salidas a dispositivos con sinking inputs.

En la Tabla 9 se enlista el terminal asignado para cada canal, la letra C denota un contador de entrada, la letra G una compuerta de entrada, y la letra O denota una salida. Las terminales asignadas y los diagramas de cableado se muestran en la tarjeta deslizante ubicada en el frente del módulo FP-CTR-500.

Tabla 9 ASIGNACIONES DE LOS TERMINALES PARA EL FP-CTR-500

	Número del terminal		
	V <sub>in</sub>	V <sub>sup</sub>	COM
<b>Entradas Contadoras</b>			
C0	1	17	18
C1	2	17	18
C2	3	19	20
C3	4	19	20
C4	5	21	22
C5	6	21	22
C6	7	23	24
C7	8	23	24

Canal	Número del terminal		
	V <sub>in</sub>	V <sub>sup</sub>	COM
<b>Compuertas</b>			
G0	9	25	26
G1	10	25	26
G2	11	27	28
G3	12	27	28
<b>Salidas</b>			
O0	13	29	30
O1	14	29	30
O2	15	31	32
O3	16	31	32



## INDICADORES DE ESTADO

La Figura 2.25 muestra la etiqueta del módulo y los indicadores de estado. Se puede remover la etiqueta deslizante para ver los diagramas de cableado para los canales de entrada.



FIGURA 2.25. INDICADORES DE ESTADO Y ETIQUETAS DEL MÓDULO  
FP-CTR-500.

Después de que el módulo ha sido insertado en la base de terminales (y una vez suministrada la energía), el LED POWER (PODER) de color verde se enciende y el FP-CTR-500 informa al módulo de red de su presencia. Cuando el módulo de red reconoce al FP-CTR-500, le envía una información inicial de configuración. Después de recibir la información inicial, el LED de color verde READY (LISTO) se enciende y el FP-CTR-500 está en su modo de operación normal.

Además de la luz verde de poder y de los indicadores de listo, cada canal tiene un indicador de estado numerado de color verde que se enciende cuando el canal está en el estado activado (ON).

### **Operación del canal contador**

Cada canal contador (Canal 0 al 7), tiene un contador ascendente de 16 bits binarios que se puede configurar para operar de muchas maneras diferentes. Principalmente, los canales contadores incrementan en respuesta a un evento de activación de conteo (count trigger event). Se puede seleccionar la fuente de la activación de muchas fuentes diferentes.

La sección siguientes describen el funcionamiento de los canales contadores.

### **Circuito de Conteo de entrada (Count Input Circuit)**

El circuito para las entradas de conteo consiste de un optoaislador con un circuito limitador de corriente. Cada canal tiene una señal de entrada,  $V_{in}$ , que esta referenciada al terminal común (C o COM). Cuando se



aplica un voltaje sobre el umbral de voltaje a la terminal  $V_{in}$  de un canal contador, la señal de corriente fluye a través de la entrada y enciende al optoaislador, registrando el estado de encendido (ON). El umbral de voltaje es típicamente 8 V, pero puede ser tan bajo como 7 V, o tan alto como 9 V.

Cada entrada de conteo externo tiene un filtro pasa bajo habilitado por medio de software que se puede fijar para rechazar frecuencias por debajo de 200 Hz. Si se fija 200 Hz, pulsos de 2.5 ms o mayores activan la entrada de conteo. Con el filtro deshabilitado, pulsos de 10  $\mu$ s (50 kHz) o mayores activan la entrada de conteo.

#### **Fuente de activación del conteo**

Se puede fijar cada canal contador para usar una de cuatro diferentes fuentes de activación: conteo externo, referencia interna de 1 kHz (1 ms de periodo), referencia interna de 32 kHz, o una salida interna del canal contador previo. Cuando se seleccione ya sea entrada externa o una de las referencias internas, el canal cuenta



transiciones de OFF a ON (bajo a alto o pendiente creciente) de la fuente de activación .

Cuando se seleccione la salida interna del canal contador previo, el canal cuenta el número de veces que el canal contador previo alcanza su valor terminal y se resetea a cero. En efecto, se puede configurar múltiples contadores para operar como un gran contador. El canal contador es esclavizado al canal previo en número, e incrementa en valor numérico. El canal 1 puede ser esclavizado al canal 0, el canal 0 al canal 7, canal 7 al canal 6, y así sucesivamente. Si se selecciona esta opción para todos los canales, no ocurre conteo.

### **Valor terminal**

El valor máximo para cada uno de los canales contadores del FP-CTR-500 es 65535. Este es el valor terminal por omisión, pero se puede usar para cada uno de los canales contadores cualquier número entre 0 y 65535 como valor terminal. Si un contador está en su valor terminal y recibe una activación de conteo, se

resetea a 0 y activa cualquier salida asociada con el. Este también envía una activación de conteo al siguiente canal contador si ese canal está programado a usar la salida del canal previo como su fuente de activación.

#### **Compuerta de entrada (Gate Input).**

Se puede configurar cada canal contador para usar una de las compuertas externas de entrada (external gate inputs) o ninguna compuerta. Si el canal contador no usa compuerta, se puede fijar el canal como permanentemente habilitado, o permanentemente deshabilitado. Si el canal contador usa una de las compuertas externas de entrada (external gate inputs), el conteo es habilitado cuando la compuerta de entrada (gate input) esta en ON (alto) y deshabilitado cuando esta en OFF (bajo).

#### **Capacidad de Reseteo al leer (reset on read)**

Se puede configurar cada canal contador para que se resetee cada vez que el Fieldpoint de red (FP-1000) lo lee. Un reset read -initiated también resetea cualquier



salida asociada con el canal objetivo (target channel).

### **Comandos**

Cada canal contador mantiene un comando de control con dos acciones incrementar y resetear. El comando de control de incremento aumenta al canal objetivo (target channel) un valor de uno. El comando de control de reseteo encera el canal objetivo (target channel). Los comandos de control ignoran el seteo de la fuente de compuerta (gate source) y el estado de la compuerta de entrada (gate input).

### **Operación del canal de compuerta (gate channel)**

Las cuatro entradas de compuerta (gate inputs) (canales 8-11) usan un circuito de entrada que es idéntico al de los canales contadores, excepto que las compuertas de entrada no tienen un filtro pasa bajo programable.

Los estados de las entradas de compuerta pueden leerse siempre como entradas discretas simples en los canales del 8 al 11.



### **Operación de los canales de salida**

El FP-CTR-500 incluye cuatro salidas (canales 12 al 15) que pueden ser usados tanto como salidas discretas o asociadas con uno de los ocho canales contadores. Algunos atributos programables por medio del FieldPoint Explorer controlan la operación de los canales de salida

### **Circuito de salida**

Las salidas discretas del FP-CTR-500 tienen salidas flotantes aislados ópticamente con circuitería de protección para corrientes altas. En el estado ON, un transistor se abre entre el suministro positivo externo (las terminales V y  $V_{sup}$ ) y la terminal de salida  $V_{out}$ . En el estado de apagado este transistor se cierra permitiendo fluir una pequeña corriente. Seleccione la impedancia de las cargas controladas por los canales de salida de tal manera que la corriente suministrada por cualquier canal en el estado ON no sea mayor que 1 A.

Los canales de salida necesitan una fuente de poder externa entre 10 y 30 VDC conectada a las terminales C

y  $V$  del módulo.

En el estado de encendido, la resistencia efectiva entre la salida y el voltaje de la fuente de poder externa es de  $0.3 \Omega$ , lo que causa una caída de voltaje.

La Figura 2.26 muestra un diagrama del circuito de salidas discretas de un canal.

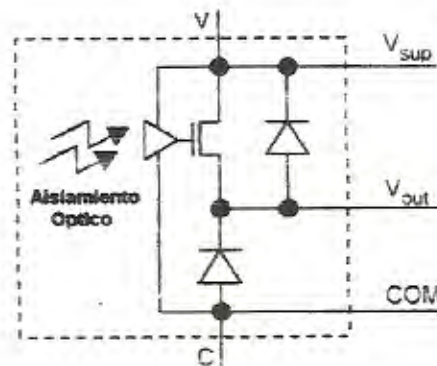


FIGURA 2.26. ESQUEMA DE LAS SALIDAS DEL FP-CTR-500.

#### 2.4.3.2. Especificaciones técnicas del módulo FP-CTR-500.

Las siguientes especificaciones son típicas para

temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $70^{\circ}\text{C}$ .

### Entrada

Número de canales.....	12 (8 contadores, y 4 compuertas)
Tensión de entrada.....	12 o 24 VDC
Voltaje de entrada.....	30 VDC
Nivel de entrada.....	8 V Típicamente 7 V Mínimo 9 V Máximo
Corriente de entrada.....	5 mA
Ancho de banda de entrada.....	50 kHz con filtro pasa bajo de 200 Hz habilitado por software en las entradas contadoras.
Ancho de pulso de entrada.....	10 $\mu\text{s}$ con 50 kHz, 2.5 ms con 200 Hz
Tensión.....	3000 Vrms
Nivel de seguridad, voltaje de.....	250Vrms

### Salida

Número de canales.....	4
Tensión de salida.....	24 VDC, sourcing
Nivel de alimentación.....	10 a 30 VDC, proporcionado por el usuario.
Corriente de salida.....	1 A, con un circuito de protección incorporado para corrientes altas.
Resistencia de salida.....	0.3 $\Omega$
Ancho de banda.....	16 kHz

### Física

Indicadores.....	Indicadores verdes PODER Y LISTO ( <b>POWER</b> y <b>READY</b> ), 16 luces verdes indicadores de estado entrada/salida.
Peso.....	130 g (4.5 oz.)



### Requerimientos de potencia

Consumo de potencia desde el módulo de.....	800 mW máximo
---	---------------

### Ambiente

Temperatura de operación.....	-40 °C a +70 °C
Temperatura de almacenamiento.....	-55 °C a + 100 °C
Humedad relativa.....	5% a 90% sin condensación

### Dimensiones mecánicas

La Figura 2.27 muestra las dimensiones mecánicas del FP-CTR-500 instalado en una base de terminales.

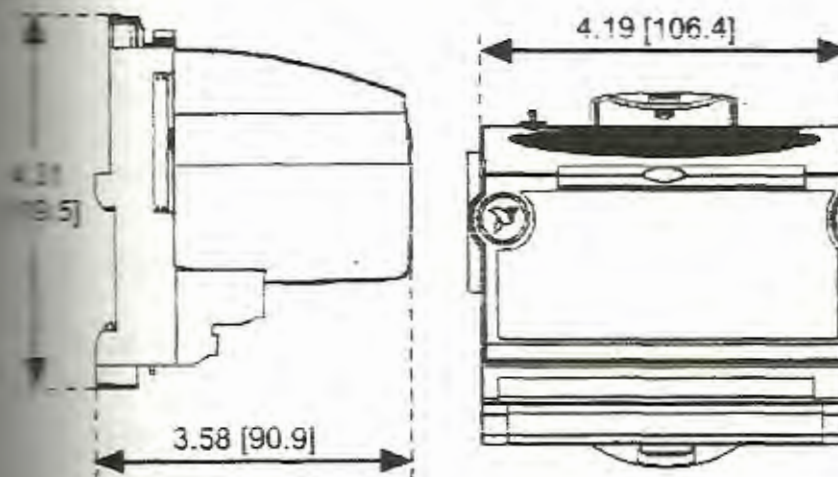


FIGURA 2.27. DIMENSIONES MECÁNICAS MÓDULO FP-CTR-500

### Programa Field Point Explorer

FieldPoint Explorer es un programa basado en Windows que el

Desde luego, el primer paso para usar el programa de FieldPoint es ejecutar el FieldPoint Explorer. En la Figura 2.28 se muestran las partes de la ventana del FieldPoint Explorer.

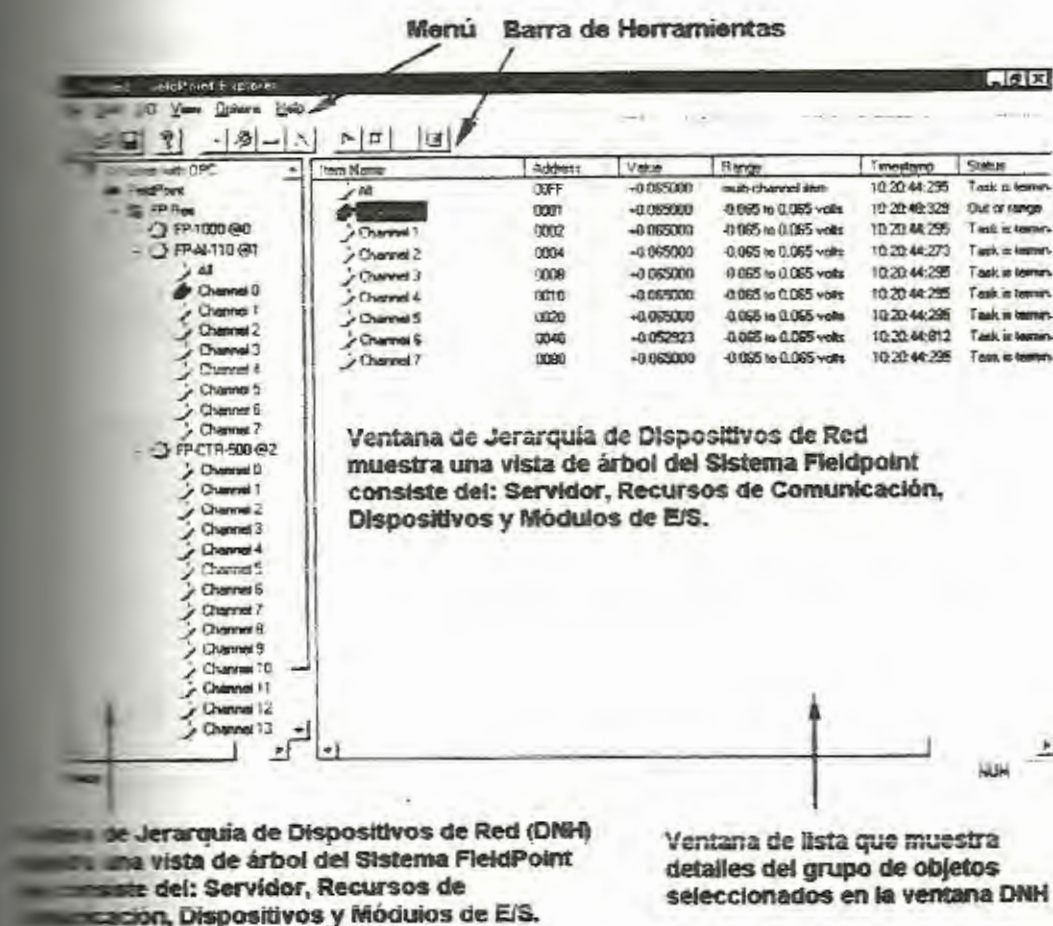


FIGURA 2.28. VENTANA DEL FIELDPOINT EXPLORER

### 2.2.2 Configuración del módulo FP-1000

Verifique que el Sistema FieldPoint está enchufado y que los





módulos tienen encendidos sus LEDs **READY**.

Abrir el Programa FieldPoint Explorer seleccionando **Inicio>> Programas>> National Instruments FieldPoint>> FieldPoint Explorer**. Cuando aparezca la pantalla de inicio, abra su archivo con extensión . iak seleccionando **File>>Open**.

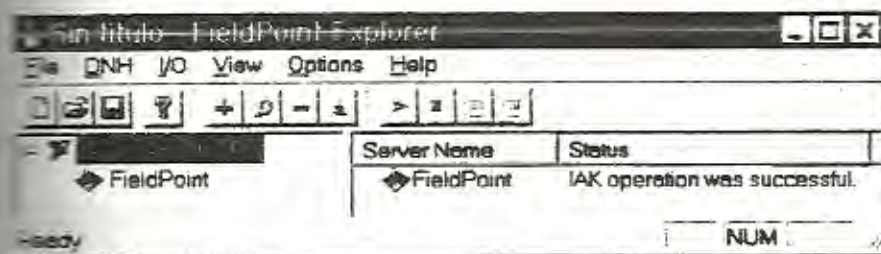


FIGURA 2.29: PANTALLA DE INICIO

Para añadir un recurso de comunicaciones, expandir el menú, haciendo un click en el símbolo + que se encuentra junto a **IA Server with OPC** en la ventana de la Jerarquía de Dispositivos de Red (Device Network Hierarchy –DNH). Haga click derecho en la palabra **FieldPoint** en la vista de árbol y seleccione **Add a comm resource to this server...** (Figura 2.30) y aparecerá la caja de diálogo de recursos de comunicaciones (communications resource dialog box), como se muestra en la Figura 2.31.



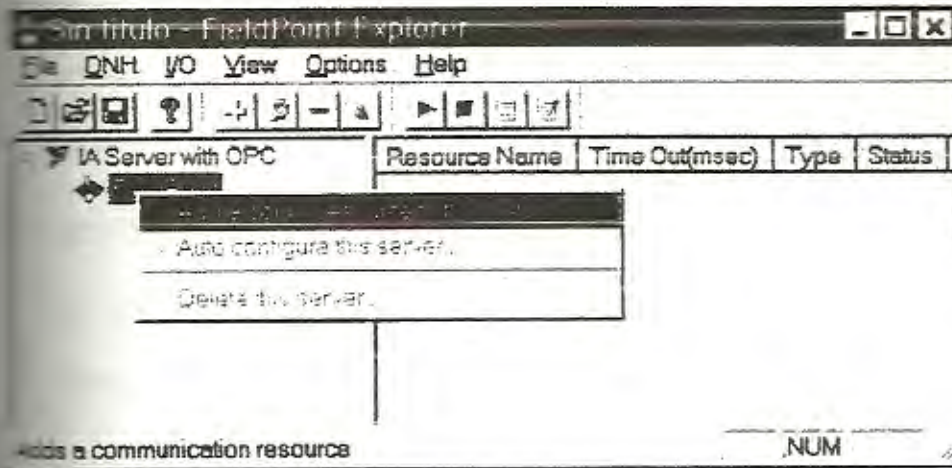


FIGURA 2.30. AÑADIENDO UN RECURSO DE COMUNICACIÓN AL SERVIDOR

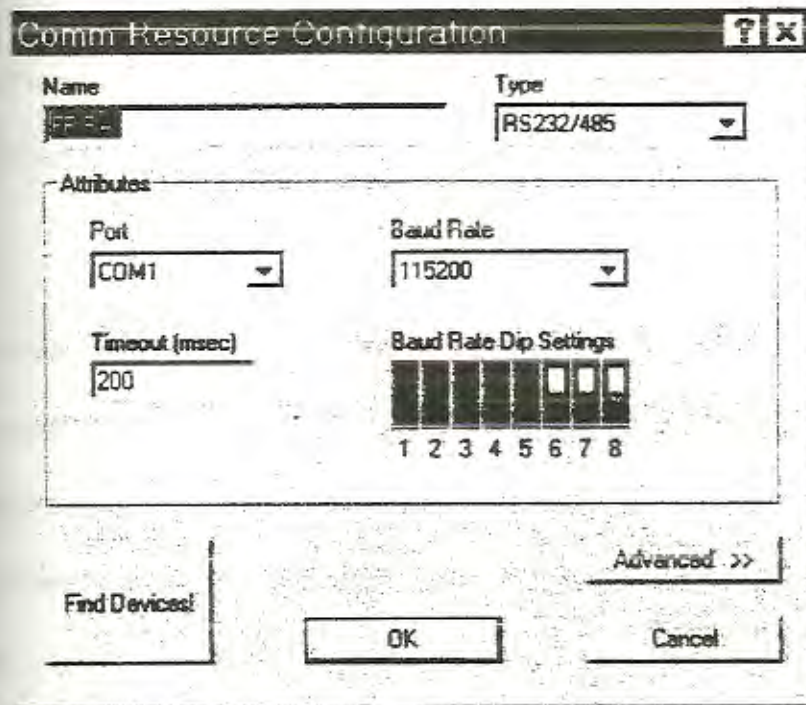


FIGURA 2.31. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE LOS RECURSOS DE COMUNICACIÓN

El recurso comm (comm resource) representa el camino a través del cual el Servidor Fieldpoint accesa a la red de dispositivos FieldPoint. En este caso el recurso comm representa el puerto serial en la computadora. Seleccionar de la lista Port, el puerto COM de la computadora al se ha cableado el Sistema FieldPoint. El módulo de red FP-1000 está pre-configurado para una velocidad de transmisión en baudios (baud rate) de 115200 kbps; así, no se tiene que cambiar la velocidad de transmisión en baudios o el tiempo de retardo fijado, a menos que se hayan modificado los interruptores de velocidad en baudios en el módulo de red. El nombre por defecto del puerto COM es FP Res.

Haga click en el botón **Find Devices!**. El FieldPoint Explorer encontrará todos los módulos FieldPoint conectados al recurso comm configurado y los añadirá al archivo de configuración con extensión \*.iak. Si no se encuentran dispositivos, asegurarse de que el equipo FieldPoint esta encendido, y de que se seleccionó el puerto de comunicaciones al que se conectó el sistema FieldPoint. Asegúrese también de que la fijación de los interruptores para la velocidad de transmisión en baudios hecha en la ventana de Configuración de Recursos de Comunicación



coincida con la que se realizó en el módulo y de que dos módulos de red conectados al mismo puerto de comunicaciones no tengan fijado los mismos interruptores de dirección. Si el FieldPoint Explorer reporta que este no pudo enlazarse con el puerto COM, como se muestra en la Figura 2.33, asegúrese de que se ha seleccionado un puerto COM que esta apropiadamente configurado en su computadora y de que no esta siendo usado por otro programa.

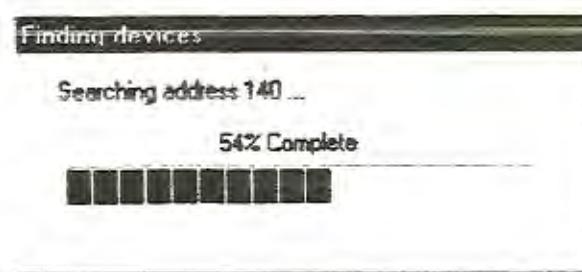


FIGURA 2.32. ENCONTRANDO DISPOSITIVOS



FIGURA 2.33. MENSAJE DE ERROR.

Una vez que se han encontrado los módulos FieldPoint haga click en el signo + junto a **FP Res** en la ventana DNH para expandir la jerarquía de dispositivos y mostrar los módulos



encontrados en la red. La jerarquía debe incluir todo los módulos que están conectados al puerto de comunicaciones. La Figura 2.34 muestra un ejemplo de una jerarquía de dispositivos expandida. El nombre por defecto de cada dispositivo encontrado incluye el número de modelo del módulo FieldPoint, seguido por el símbolo @, luego la dirección del modulo –por ejemplo, “FP-1000 @0”. Para cada módulo de E/S encontrado, se crea un elemento de E/S para cada canal del módulo, y además, se crea un elemento para representar colectivamente todos los canales de ese módulo.

Item Name	Address	Value	Range	Timestamp	Status
All	00FF	+0.065000	multi-channel item	10:20:44:295	Task is termin...
FP-1000 @0	0001	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:329	Out of range
Channel 1	0002	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:295	Task is termin...
Channel 2	0004	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:273	Task is termin...
Channel 3	0008	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:295	Task is termin...
Channel 4	0010	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:295	Task is termin...
Channel 5	0020	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:295	Task is termin...
Channel 6	0040	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:812	Task is termin...
Channel 7	0080	+0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10:20:44:295	Task is termin...
FP-CTR-500 @2					
Channel 0					
Channel 1					
Channel 2					
Channel 3					
Channel 4					
Channel 5					
Channel 6					
Channel 7					
Channel 8					
Channel 9					
Channel 10					
Channel 11					
Channel 12					
Channel 13					

FIGURA 2.34. JERARQUÍA DE DISPOSITIVOS DISPONIBLES.

### 2.3.3 Configuración del módulo FP-AI-110.

Para configurar los valores de los elementos físicos (hardware settings) del modulo FP-AI-110, seleccione el dispositivo en la ventana DNH.

Haga click derecho en el nombre del dispositivo FP-AI-110 y seleccione **Edit this device** del menú desplegable (Figura 2.35) y aparecerá la caja de diálogo de configuración de dispositivos (Figura 2.36).

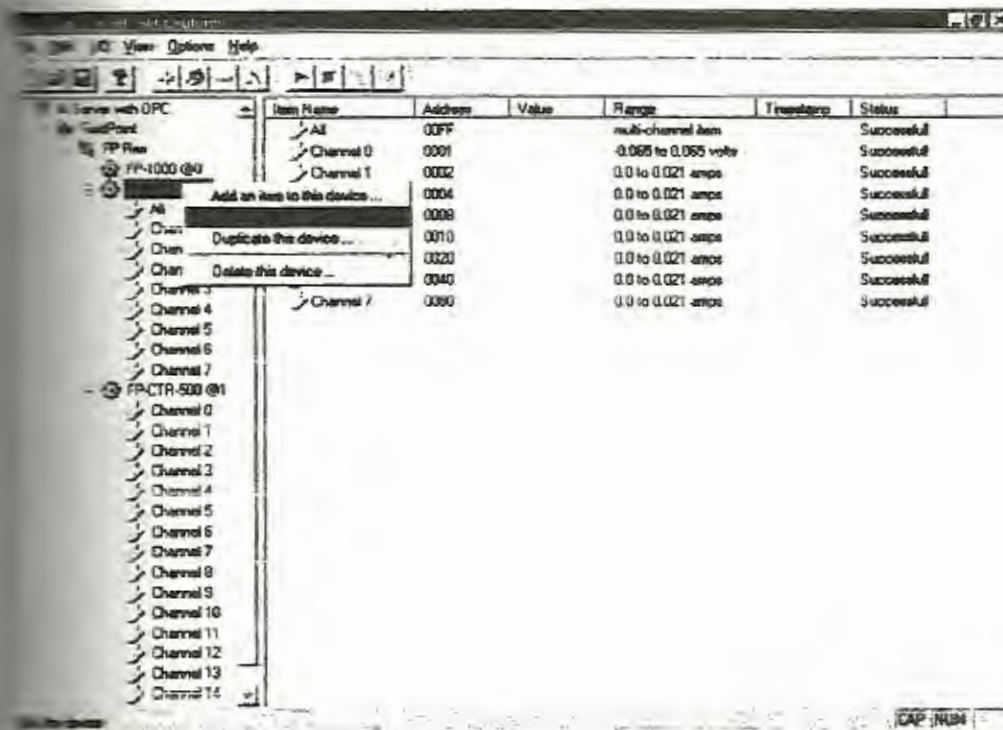


FIGURA 2.35: EDITANDO EL DISPOSITIVO FP-AI-110

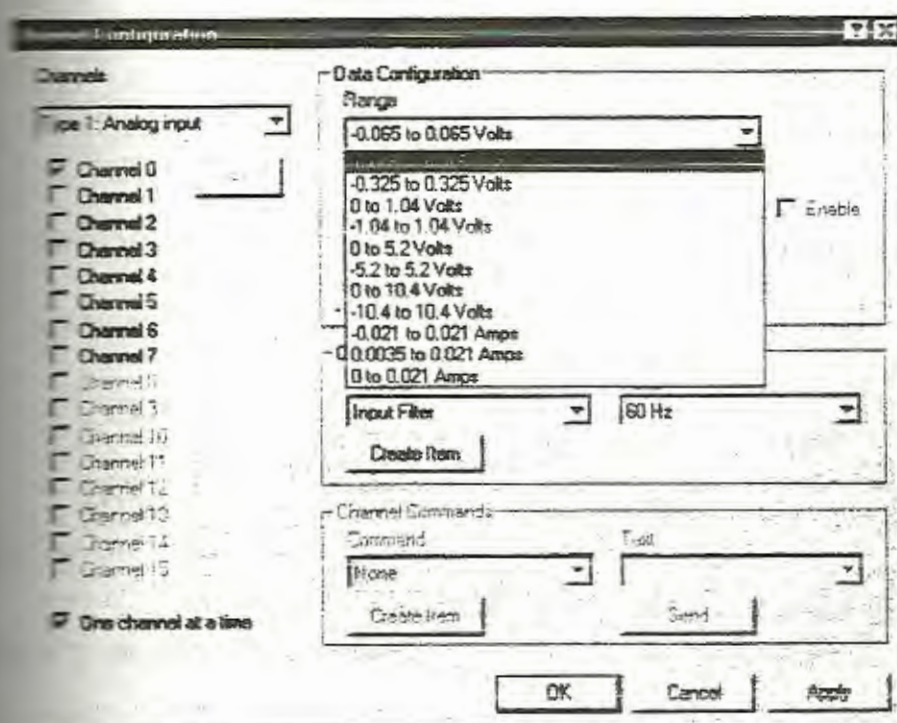


## VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE CANALES DEL FP-AI-

110.

Para configurar un canal seleccione el número del canal de la lista que aparece en la izquierda de la caja de diálogo, si se desactiva la casilla de verificación **One channel at a time** se podrá seleccionar y configurar múltiples canales al mismo tiempo.

Cambie el rango del canal donde se ha conectado el medidor de fuerza seleccionando en la lista de Rango (Range), el rango que va desde  $-0.065\text{ V}$  a  $+0.065\text{ V}$  (Figura 2.38).



## CONFIGURACIÓN DEL RANGO DEL MEDIDOR DE FUERZA.



Haga clic en el botón **OK**, cuando haya terminado de configurar los canales que va a utilizar. Haga clic en el botón **YES (SI)** cuando le pregunte el programa si desea escribir estos valores al dispositivo.

Una vez terminada la configuración del módulo FP-AI-110 debe aparecer una pantalla como la que se muestra a continuación:

Item Name	Address	Value	Range	Timestamp	Status
All	00FF	-0.065000	multi-channel done	10.20.44.295	Task is broken.
Channel 1	0001	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.295	Out of range
Channel 2	0002	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.295	Task is broken.
Channel 3	0004	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.273	Task is broken.
Channel 4	0009	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.295	Task is broken.
Channel 5	0010	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.295	Task is broken.
Channel 6	0020	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.295	Task is broken.
Channel 7	0040	-0.052923	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.912	Task is broken.
	0080	-0.065000	-0.065 to 0.065 volts	10.20.44.295	Task is broken.

FIGURA 2.39: CONFIGURACIÓN DEL FP-AI-110 COMPLETA.

#### 3.4 Configuración del módulo FP-CTR-500

La señal de entrada (proveniente del sensor óptico colocado en el motor) se alimentará a los canales contadores 1 y 2, mientras que el canal contador 0 servirá como base de tiempo de 1 seg, el cual se conectará a un canal de compuerta (canal 9); dicha compuerta dependiendo de su estado habilitará o deshabilitará el conteo del canal 1. Ya que no es posible conectar directamente el canal 0 al canal de compuerta, lo que se hace es configurar por medio del programa FieldPoint Explorer al canal 0 para que actúe sobre uno de los canales de salida, el mismo que cada vez que el canal 0 alcance su valor terminal y vuelva a cero cambiará su estado de ON a OFF o viceversa, el estado ON implica que por las terminales del canal de salida habrá aproximadamente el mismo voltaje que el que se ha aplicado desde una fuente externa de 12V a las terminales V y C de la base de terminales del FP-CTR-500, el estado OFF obviamente significa que habrá un voltaje de cero en las terminales del canal de salida. Por medio de un cable se conecta la terminal  $V_{in}$  del canal de salida con la terminal  $V_{in}$  del canal de compuerta, esto servirá para que el canal de compuerta tenga el mismo voltaje que el canal de salida, en consecuencia al tener 12 voltios en sus terminales la compuerta



angular usando la siguiente fórmula.

$$\text{Total de pulsos} = 65336 * \text{canal (3)} + \text{canal (2)}.$$

A continuación se explicará como configurar cada uno de los canales para obtener el resultado deseado:

1. Para configurar los valores de los elemento físicos del modulo FP-CTR-500 seleccione el dispositivo en la ventana DNH y haga click derecho en el nombre del dispositivo y seleccione **Edit this device** desde el menú desplegable, entonces aparecerá la ventana de configuración de dispositivos (Figura 2.41).

Item Name	Address	Value	Range	Timestamp	Status
Channel 0	0001		0.0 to 65535.0 counts		Successful
Channel 1	0002		0.0 to 65535.0 counts		Successful
Channel 2	0004		0.0 to 65535.0 counts		Successful
Channel 3	0008		0.0 to 65535.0 counts		Successful
	0016		0.0 to 65535.0 counts		Successful
	0020		0.0 to 65535.0 counts		Successful
	0040		0.0 to 65535.0 counts		Successful
	0080		0.0 to 65535.0 counts		Successful
	0100		Boolean		Successful
Channel 9	0200		Boolean		Successful
Channel 10	0400		Boolean		Successful
Channel 11	0800		Boolean		Successful
Channel 12	1000		Boolean		Successful
Channel 13	2000		Boolean		Successful
Channel 14	4000		Boolean		Successful
Channel 15	8000		Boolean		Successful

FIGURA 2.40. EDITANDO EL DISPOSITIVO FP-CTR-500.

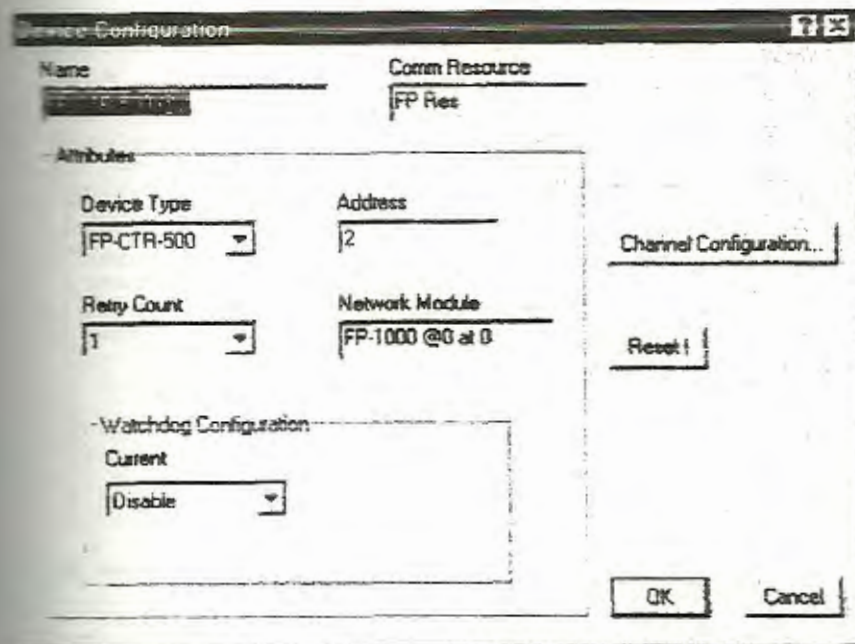
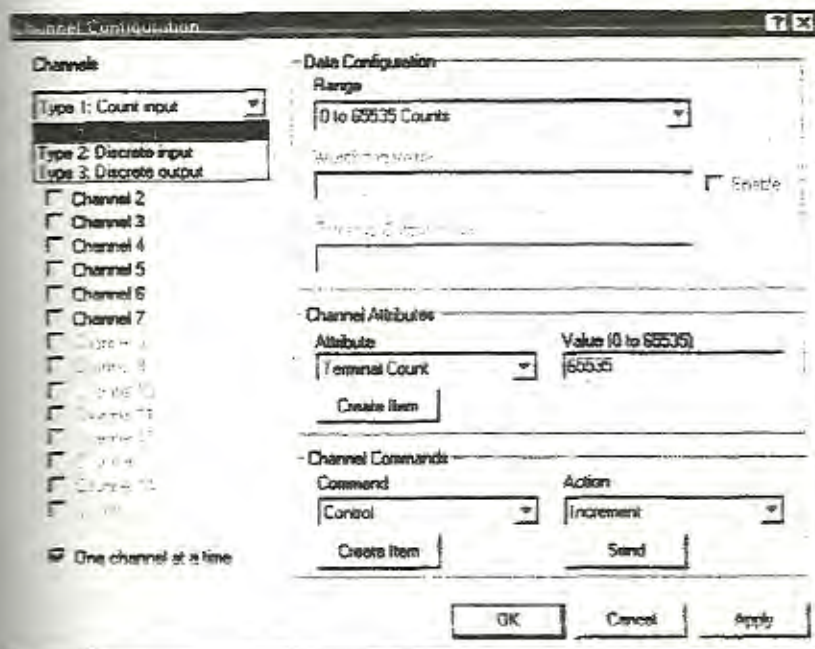


FIGURA 2.41. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS DEL  
FP-CTR-500

2. Haga click en el botón **Channel Configuration** y la caja de diálogo de configuración de canales (Figura 2.42).





2.42 VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE CANALES DEL FP-CTR-500.

3. Para configurar un canal seleccione el número del canal de la lista que aparece en la izquierda de la caja de diálogo. Si se desactiva la casilla de verificación **One channel at a time** se podrá seleccionar y configurar **múltiples canales al mismo tiempo**.
4. *Para el canal contador 0, de la lista **Attribute** escoger la primera opción **Terminal Count**, y en la casilla **Value** introducir el valor de 999, (Figura 2.43) esto implica que el conteo será de 0 a 999 y cuando llegue a este último valor se encerrará para empezar otro ciclo. En la segunda opción de la lista **Attribute** que es **Count Source***

seleccionar en la lista Value, la opción Internal Reference 1kHz (Figura 2.44), esto significa que el Canal 0, contará pulsos provenientes de una señal interna de periodo igual a 0.001 segundo. En la tercera opción que es Gate Source seleccionar Always Enabled (Figura 2.45), esto permitirá que esté siempre habilitado el conteo. En la cuarta opción que es Read Reset Mode, seleccionar Don't, Reset on Read (Figura 2.46), en la quinta opción que es Noise Rejection seleccionar 50 kHz (Figura 2.47).

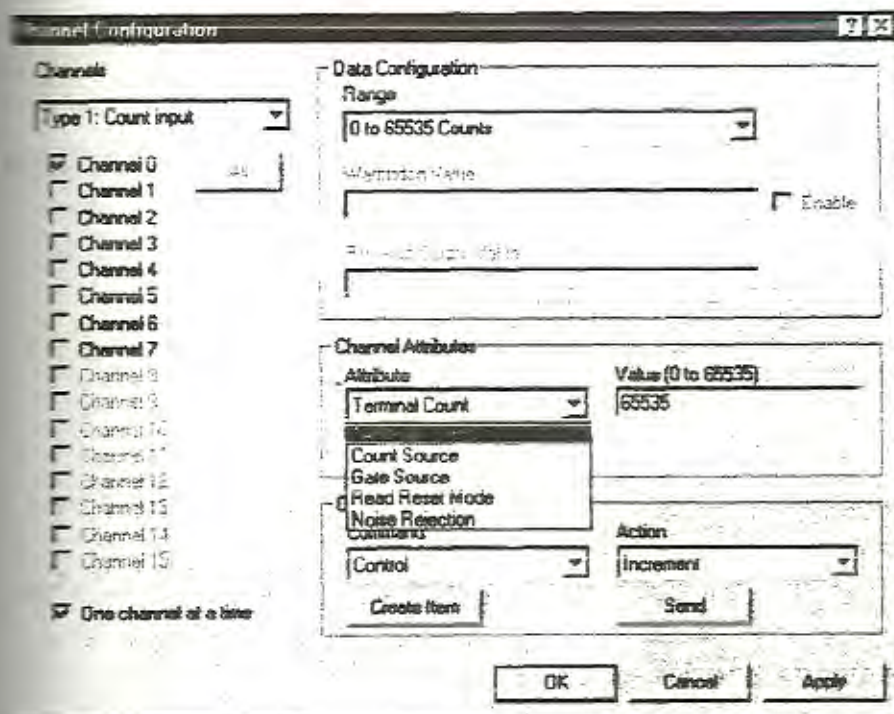


FIGURA 2.43. ATRIBUTOS DE LOS CANALES CONTADORES.



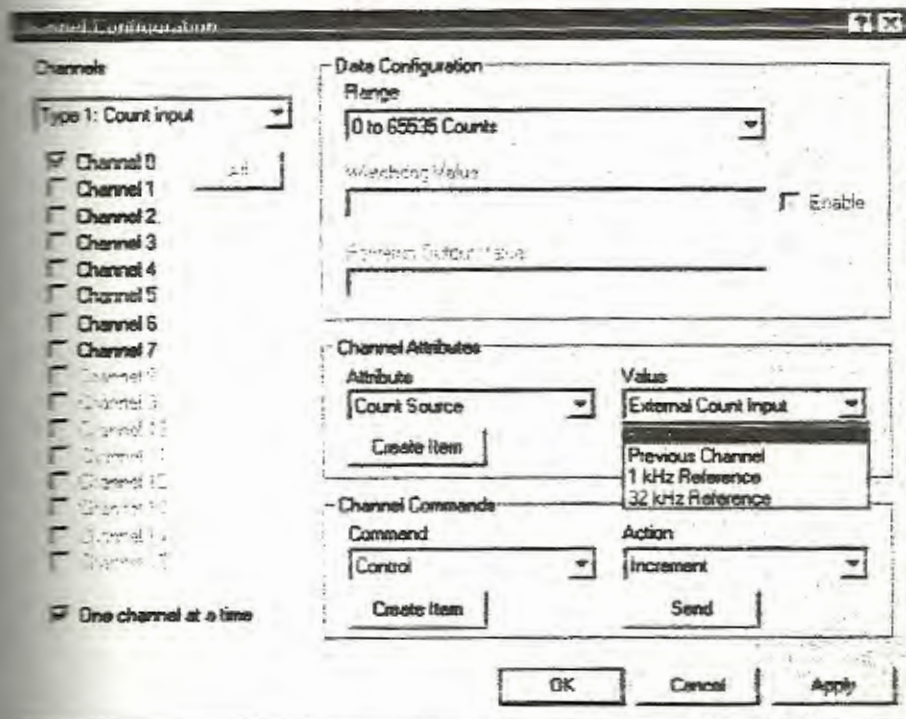


FIGURA 2.44. VALORES PARA EL ATRIBUTO COUNT SOURCE.

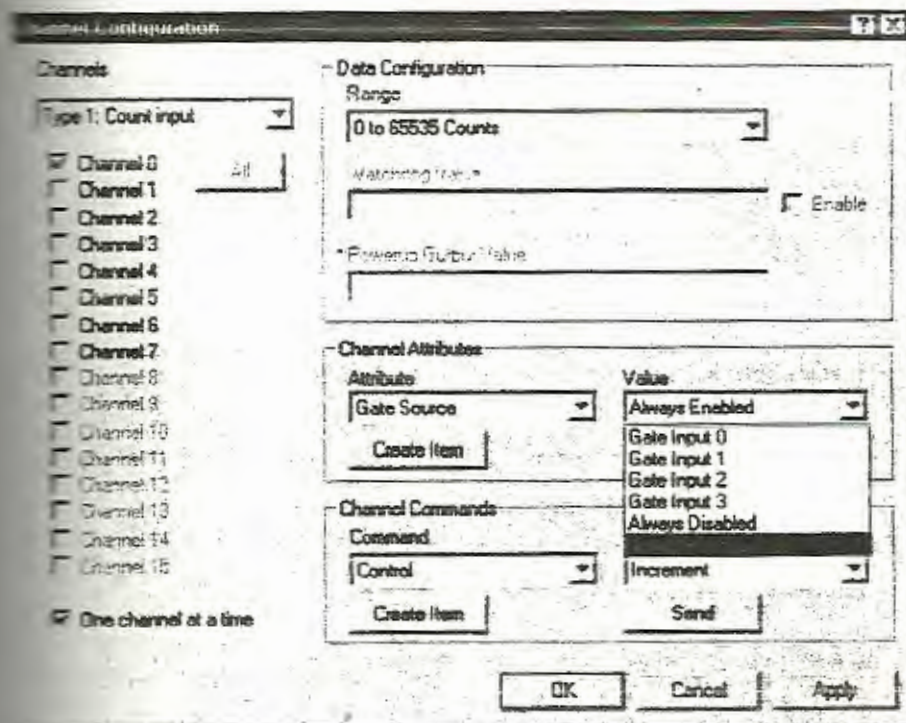


FIGURA 2.45. VALORES PARA EL ATRIBUTO GATE SOURCE.

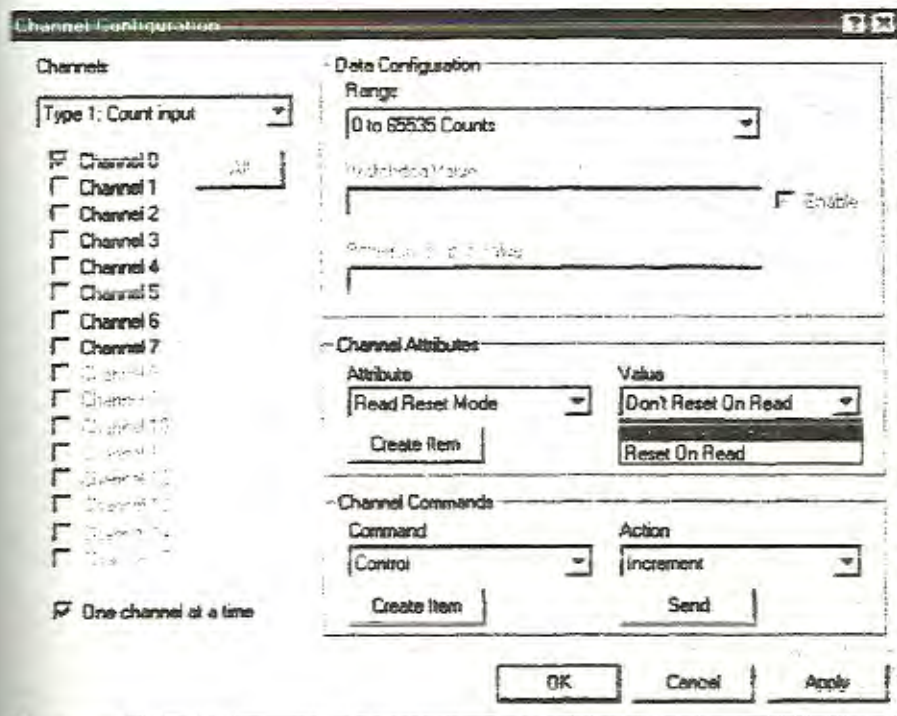


FIGURA 2.46. VALORES PARA EL ATRIBUTO READ RESET MODE.

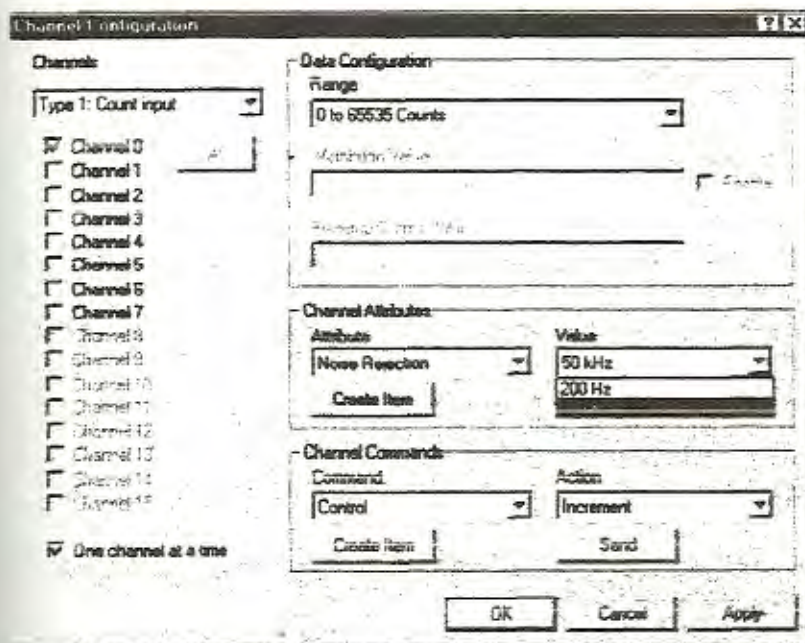


FIGURA 2.47. VALORES PARA EL ATRIBUTO NOISE REJECTION.





BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
E. I. M. C. P.

5. Para el canal contador 1, de la lista de Attribute seleccionar **Terminal Count**, en la casilla Value introducir el valor máximo que es 65535 (Figura 2.43), seleccione **Count Source** de la lista Attribute y en la lista Value seleccionar, **external count input** (Figura 2.44), ya que este canal será la entrada de la señal proveniente del sensor óptico. En la tercera opción **Gate Source** seleccionar en la lista Value Gate Input 0 (Figura 2.45), de tal manera que el canal 1 podrá contar cuando haya un voltaje en el Gate Input 0, de lo contrario no podrá contar, aún con la presencia de la señal externa. En la cuarta opción que es **Read Reset Mode**, seleccionar **Don't Reset on Read** (Figura 2.46). Y por último en la quinta opción que es **Noise Rejection** seleccionar 50 kHz (Figura 2.47).
  
6. Para el canal 2, de la lista de atributos seleccionar **Terminal Count**, en la casilla Value introducir el valor máximo que es 65535 (Figura 2.43), en la segunda opción de la lista de atributos que es **Count Source** seleccionar, **external count input** (Figura 2.44), ya que por este canal también ingresan las señales de campo del sensor óptico. En la tercera opción **Gate Source** seleccionar **Always**

Enabled (Figura 2.45). En la cuarta opción **Read Reset Mode**, seleccionar **Don't, Reset on Read** (Figura 2.46). Y en la quinta opción que es **Noise Rejection** seleccionar **50kHz** (Figura 2.47).

7. Para el canal 3, de la lista de atributos seleccionar **Terminal Count**, en la casilla **Value** introducir el valor máximo que es 65535 (Figura 2.43), en la segunda opción de la lista de atributos que es **Count Source** seleccionar, **Previous Channel** (Figura 2.44), en la tercera opción que es **Gate Source** seleccionar **Always Enabled** (Figura 2.45), en la cuarta opción **Read Reset Mode**, seleccionar **Don't, Reset on Read** (Figura 2.46). En la quinta opción que es **Noise Rejection** seleccionar **50 kHz**.
8. Ahora en la lista **Channels** seleccionar **Type3: Discrete output** (Figura 2.42), para configurar el canal de salida. Seleccionar la casilla de verificación del canal 12, el cual es el primer canal de salida, esto es **Output 0**, luego de la lista de atributos (Figura 2.48) seleccionar **Output source** y en la casilla **Value** seleccionar **Counter Channel 0** (Figura 2.49), esto permite que cada vez que el canal contador 0 llegue a su valor final y empiece a contar desde 0, cambie la condición del canal de salida, esto es si se



encuentra activado se desactivará y si se encuentra desactivado se activará. Y en la otra opción **Output Mode** elegir ON Pulse (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

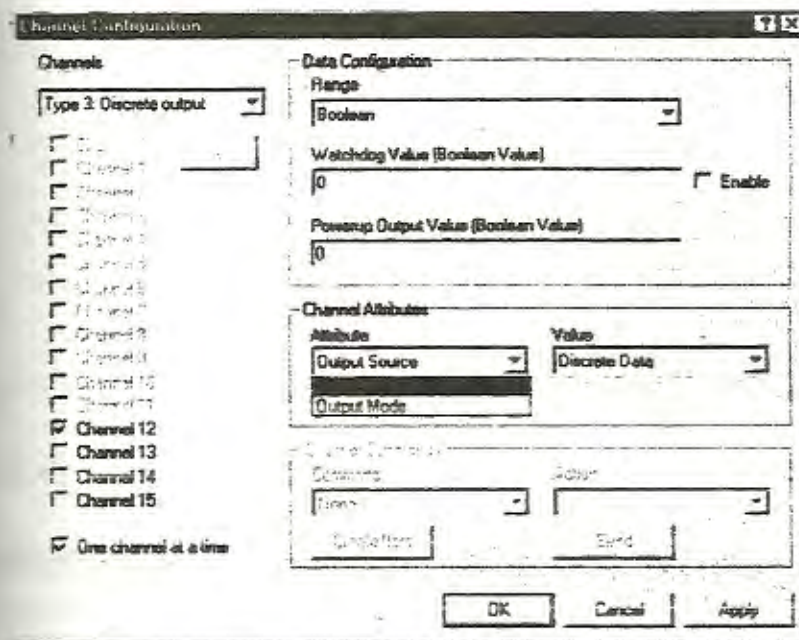


FIGURA 2.48: ATRIBUTOS DE LOS CANALES DE SALIDA.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

para los Ingenieros y Científicos. Después de que se ha  
 el programa con diagramas de bloques, LabVIEW lo compila  
 código de máquina.

Para desarrollar un programa en LabVIEW, se ensamblan varios  
 del paquete de presentación de datos creando rápidamente  
 interfaces, gráficos y construyendo códigos fuentes esquemáticos a  
 través de unas paletas flotantes que ayudan a crear y operar los  
 programas, estas paletas son: la paleta de herramientas, la paleta de  
 controles y la paleta de funciones.

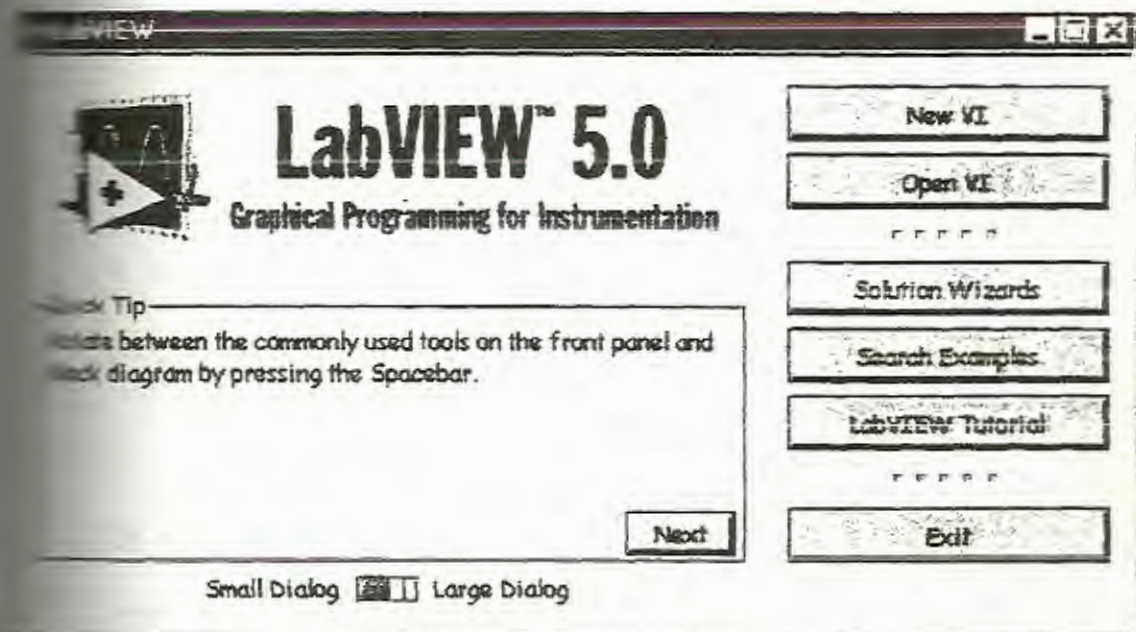


Figura 2.51. Pantalla inicial de Labview 5.0



Al ingresar al programa Labview 5.0 cargado del menú inicio del computador aparecerá una ventana primaria tal como se muestra en la figura 2.51.

Es un lenguaje de programación de propósito general como es el lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo KADA.

### 3.1.1 Características Generales

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

Es un sistema abierto, en cuanto a que cualquier fabricante de tarjetas de adquisición de datos o instrumentos en general puede proporcionar el driver de su producto en forma de VI dentro del entorno de LabVIEW.

### 2.3.3. Filosofía del lenguaje

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

Existen dos conceptos básicos en LabVIEW: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque).

#### 2.3.3.1. Panel frontal

El panel frontal permite dar valores de entrada y ver los valores de salida del diagrama de bloques del VI. Dado que el panel frontal es análogo al panel frontal de un instrumento, las entradas son llamadas controles y las salidas son llamadas indicadores. Se pueden utilizar gran variedad de controles e indicadores como perillas, interruptores, botones, gráficos, etc., estos elementos ayudan a que el panel frontal sea más fácil de entender y a que dichos elementos se identifiquen rápidamente

Ya que el Panel Frontal es el interfaz que el usuario esta



conectan entre sí para definir el flujo de datos dentro del programa.

La ventana gráfica o también llamada diagrama de bloques es el conexionado de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento.

El Diagrama de Bloques del VI sería la cara oculta del Panel Frontal, una cara que el usuario del sistema no puede ver. En ella están todos los controles e indicadores interconectados, pareciéndose mucho a un diagrama de esquema eléctrico. Esta cara es mucho menos conceptual que el Panel Frontal y para el usuario sería muy difícil entenderla.

Todos los módulos están interconectados, mediante líneas de conexión, por donde circulan los diferentes datos o valores del VI., de esta manera se logra que el VI funcione como un conjunto de elementos, módulos y sub-módulos.

La ventana gráfica es como se muestra a continuación:

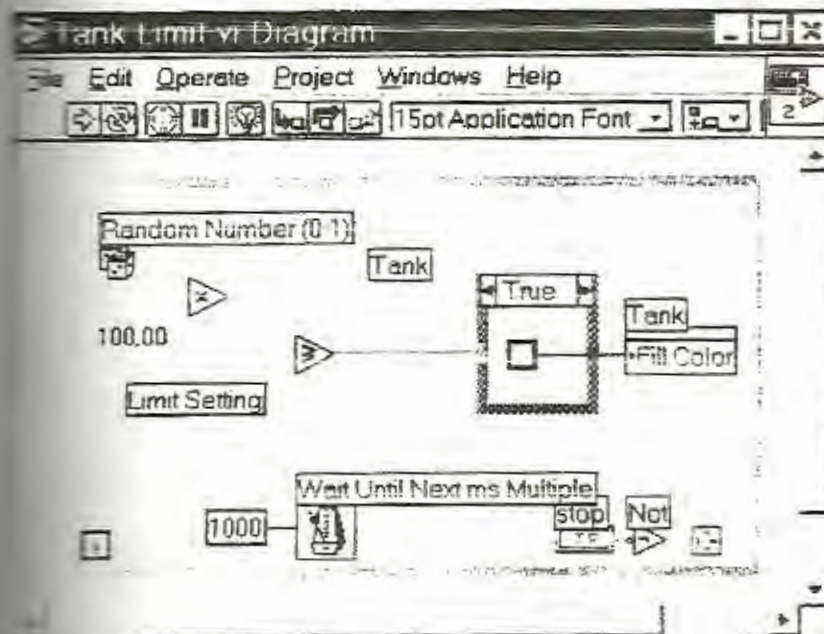


FIGURA 2.53. VENTANA GRÁFICA

### 2.6.3.3. Paletas

Labview tiene paletas gráficas flotantes que ayudan a crear y operar a los Vis. Estas paletas son tres y son:

- **Paleta de Herramienta:**

Se puede crear, modificar, y depurar Vis utilizando las herramientas localizadas en la paleta flotante de herramientas.

La paleta de herramientas se hace visible seleccionando en la barra de estado tanto del panel frontal como de la ventana gráfica la opción windows y luego seleccionando Show Tool Pallette, o también la paleta de herramienta puede accionarse presionando shift y el botón izquierdo



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.



del mouse, la paleta de herramientas que aparecerá es como se muestra a continuación:



FIGURA 2.54. PALETA DE HERRAMIENTAS

- **Paleta de Funciones:**

Las paletas de Funciones y Controles consisten en íconos de alto nivel que representan las subpaletas, dando acceso a un gran rango de objetos que están disponibles para crear un VI. Se puede acceder a las subpaletas al oprimir el botón del ratón sobre un ícono de alto nivel.

Los diagramas de bloques se construyen utilizando la paleta de funciones. Cada opción en la paleta despliega una subpaleta con los íconos de alto nivel.

La paleta de funciones únicamente está disponible cuando la ventana Gráfica está activa.

La paleta de funciones se activa presionando en el icono windows la opción Show Functions Palette (Mostrar paleta de funciones) o también se puede acceder a la paleta de funciones presionando el botón derecho del ratón sobre un área abierta de la ventana de diagrama.

La paleta de funciones es como se muestra en la Figura 2.55.

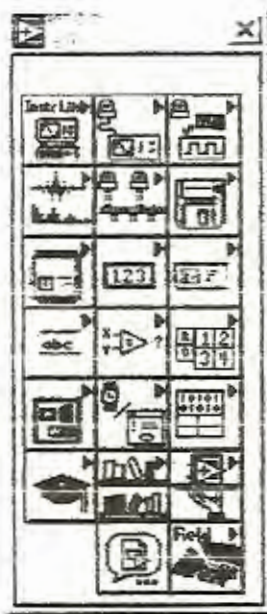


FIGURA 2.55. PALETA DE FUNCIONES

- **Paleta de Controles:**

Se puede añadir controles e indicadores al panel frontal utilizando la paleta de control. Cada opción de la paleta



despliega una subpaleta con los controles e indicadores disponibles para esa selección.

La paleta de funciones únicamente está disponible cuando la ventana de Panel frontal está activa.

La paleta de controles se puede activar seleccionando del menú Windows la opción Show Controls pallets (enseñar paletas de controles) también se puede acceder a la paleta de controles al oprimir el botón derecho del ratón en un área abierta de la ventana del panel.

La paleta de controles se muestra en la siguiente figura.

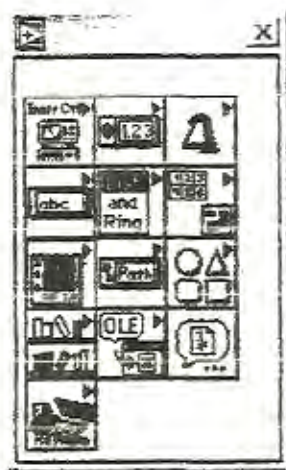


FIGURA 2.56. PALETA DE CONTROLES.

Para saber de forma más detallada acerca de las subpaletas de cada una de las paletas gráficas flotantes ir al Manual del Curso Labview Básico I.

## CAPITULO 3

### DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA ADQUISICIÓN DE DATOS EN LOS ENSAYOS DE TORSIÓN.

Desarrollo del programa para adquisición de datos.

El programa desarrollado tiene por nombre **Universal Testing Software (UTS)** y en el se encuentran el ensayo de torsión y el ensayo de tensión a más de otras opciones, se pensó en hacer un solo software para las dos máquinas con la finalidad de utilizar una sola computadora para las dos máquinas aprovechando la cercanía de los equipos y la similitud funcional del sistema de ambos equipos, con esto se logra mayor facilidad de uso ya que un sólo programa me permite realizar muchas opciones, y ocupar menos memoria, además me permite ahorrar el uso de otro computador.



El programa consta básicamente de una ventana de presentación, una ventana que muestra un Menú principal (Ver 3.1.2), el mismo que lleva a varias ventanas según la opción que se elija.

A continuación se muestra la ventana de apertura del programa en donde se encuentra información referente al computador que está siendo utilizado, el nombre del programa y la institución.



FIGURA 3.1. VENTANA DE APERTURA.

inmediatamente después de abrirse esta ventana se abre una segunda ventana llamada Menú principal.

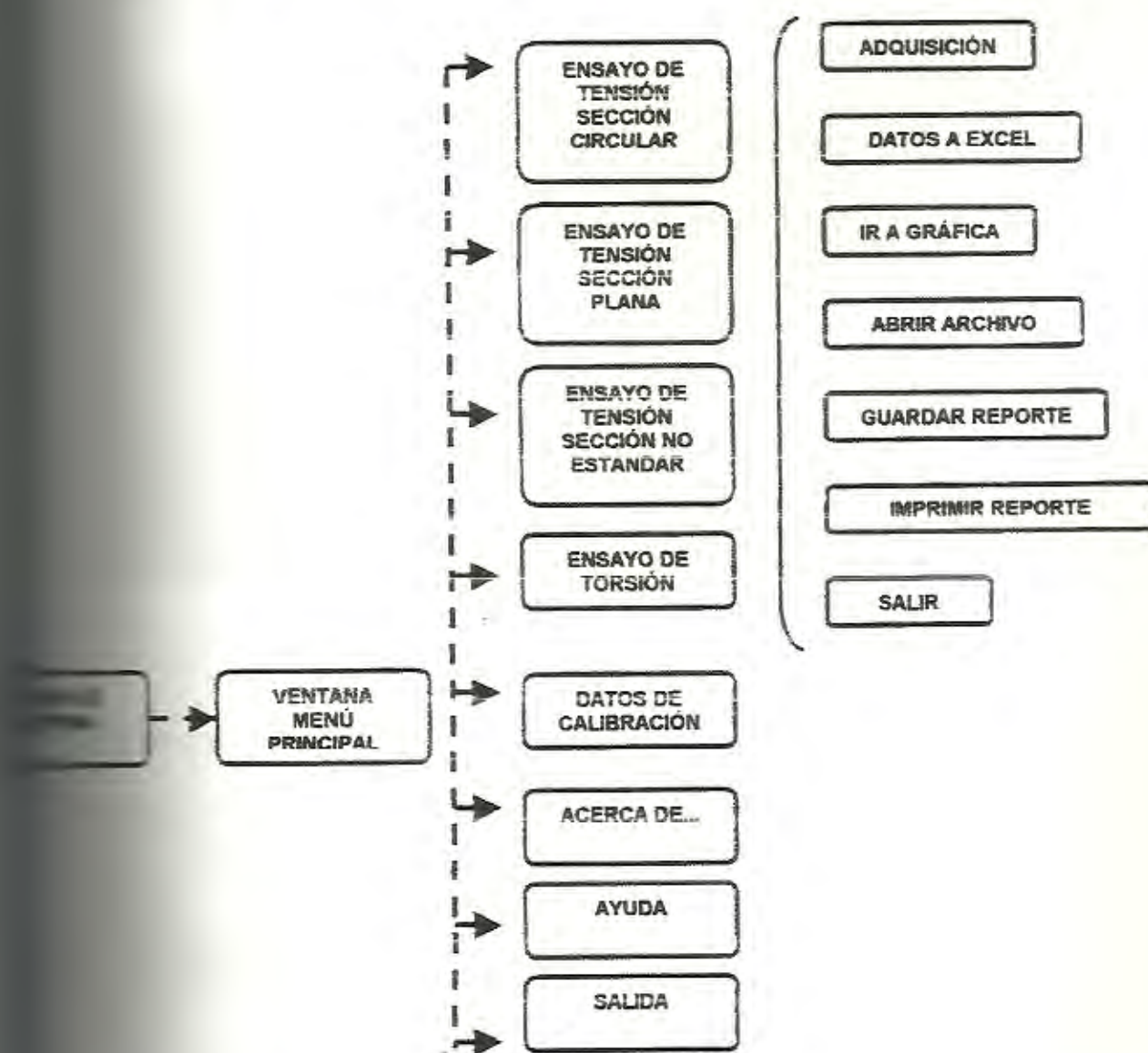
Al seleccionar una de las opciones de ensayos en el menú principal, el

El programa habilita una tercera ventana en donde se permite ingresar los datos del espécimen a ensayar, datos correspondientes a la parte administrativa, en esta ventana se presentan opciones como la introducción de datos de fuerza y deformación aplicada a un material, el acceso a la gráfica, permite obtener reportes para un mejor control de los ensayos realizados, el programa permite que los datos obtenidos puedan ser enviados a una hoja electrónica de excel, y además permite guardar el ensayo y abrir ensayos realizados anteriormente, finalmente en esta ventana se permite imprimir los resultados obtenidos a partir del ensayo. En el transcurso de este capítulo se explica el contenido de cada ventana y el funcionamiento de cada una de las opciones o teclas.



### 3.1.1. Diagrama de flujo general del programa.

En el siguiente diagrama se muestra cada una de las ventanas constitutivas del programa con sus diferentes opciones, siguiendo la misma secuencia que tiene el programa Universal Testing Software.



Además del Apéndice I el diagrama de flujo de las rutinas creadas

correcta operación del programa.

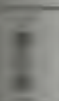

## 3.2. Menú principal.

A continuación se muestra la ventana del Menú principal:




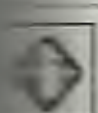




FIGURA 3.2. VENTANA MENÚ PRINCIPAL.

El menú principal consta de las siguientes opciones:

	Ensayo de Tensión en probetas de sección circular
	Ensayo de Tensión en probetas de sección rectangular



	Ensayo de Tensión en probetas no estandarizadas
	Ensayo de Torsión
	Menú de configuración de parámetros
	Información del Programa
	Ayuda
	Salida

Además de estas opciones, la ventana muestra en la parte inferior el nombre del ensayo o leyenda correspondiente a cada opción una vez que esta ha sido seleccionada, los otros casilleros muestran la fecha y hora.

### 3.3. Programa para el ensayo de tensión en probetas de sección rectangular.

En esta sección se explicará el contenido tanto de la ventana de información técnica y administrativa como de la ventana de graficación, y la función de cada una de las teclas que se encuentran en dichas ventanas.

### 3.1.3.1. Ventana de información técnica y administrativa.

Una vez que se activa el botón correspondiente al ensayo de tensión en probetas de sección rectangular se abre la ventana de información técnica y administrativa.

Los datos ingresados en esta ventana administrativa son utilizados para llevar los registros de las pruebas realizadas, así como para hacer los cálculos que permiten obtener las características del material.

A continuación se muestra esta ventana:

NOMBRE DE ELOCACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA PROBETA	
Cliente: <input type="text" value="Cot e Bonitez Ordóñez"/>		Cliente: <input type="text" value="Cot e Bonitez Ordóñez"/>	
Organización: <input type="text" value="ESPOL"/>		Organización: <input type="text" value="ESPOL"/>	
Lugar de la Prueba: <input type="text" value="Chau"/>		Lugar de la Prueba: <input type="text" value="Chau"/>	
Fecha Test hoy: <input type="text" value="22-01-2002"/>		Fecha y hora recepción: <input type="text" value="22-01-2002"/>	
Etiqueta: <input type="text" value="001"/>		Etiqueta: <input type="text" value="001"/>	
Tipo de acero: <input type="text" value="A 36"/>		Tipo de acero: <input type="text" value="A 36"/>	
Muestra: <input type="text" value="001"/>		Muestra: <input type="text" value="001"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Posición dirección de la muestra		<input type="checkbox"/> Sin deformar	
<input type="checkbox"/> Sin deformar		<input checked="" type="checkbox"/> Deformado	
<input type="checkbox"/> Maguado		<input type="checkbox"/> Maguado	
<input checked="" type="checkbox"/> Dirección de las líneas de grano		<input checked="" type="checkbox"/> Dirección de las líneas de grano	
NOTAS Y RESPONSABILIDAD TÉCNICA			
Nota: Primera prueba tensión 10 septiembre 2001			
Nombre: <input type="text" value="Cota Bonitez Ordóñez"/>		Posición: <input type="text" value="gran rets"/>	
Firma: <input type="text" value="ALV"/>		Firma: <input type="text" value="ALV"/>	
CERTIFICACIÓN DE CERTIFICADO			
Número: <input type="text" value="123456"/>		Número: <input type="text" value="123456"/>	
Fecha de Certificación: <input type="text" value="24-01-2002"/>		Fecha de Certificación: <input type="text" value="24-01-2002"/>	

2001/02 - 08-08

## 3.1.3.1. VENTANA DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA DEL ENSAYO DE TENSIÓN DE PROBETAS DE SECCIÓN RECTANGULAR.





Esta ventana consiste de las siguientes partes:

✓ **Medidor de elongación**

En la parte superior izquierda de la pantalla el usuario puede elegir que método de deformación quiere usar esto es: por medio del sensor de pulsos o por medio de extensómetros, si escoge esta última opción se activa una casilla en donde el usuario debe escoger el tipo de extensómetro considerando el rango de deformación que puede medir, si por el contrario escoge la primera opción automáticamente se deshabilita la casilla que permite escoger el tipo de extensómetro.

✓ **Datos del espécimen.**

En esta sección se deben ingresar los siguientes parámetros: peso de la probeta, su longitud total, ancho y espesor y el programa automáticamente calcula los parámetros masa y área.

Luego de esto se debe especificar si el material es proporcional o no, y por último en esta sección se debe ingresar la longitud inicial de la probeta y la longitud de

contigua en donde se ingresará esa cantidad de desplazamiento que tendrá la recta de proporcionalidad, este desplazamiento es generalmente 0.2%.

E: Es el módulo de elasticidad.

Por default el programa presenta los siguientes parámetros:

F<sub>MAX</sub>: Muestra la máxima fuerza al que ha sido sometida la probeta.

S<sub>UT</sub>: La resistencia última a la tensión

S<sub>yH</sub>: Resistencia a la fluencia en tensión máxima.

S<sub>yL</sub>: Resistencia a la fluencia en tensión mínima.

S<sub>r</sub>: Resistencia final o a la ruptura a la tensión.

En la sección derecha de esta ventana se debe ingresar los siguientes datos:

✓ **Descripción de la probeta**

Cliente: Nombre de la organización o persona receptora de los resultados o reporte final del ensayo, que puede ser interno o externo a la ESPOL.



**Organización:** Institución que realiza el ensayo en este caso la ESPOI.

**Lugar de la prueba:** El lugar donde se ejecuta el ensayo en este caso el Laboratorio de Sólidos.

**Fecha Test:** en este casillero se ingresa la fecha en que se realizó el ensayo.

**Fecha y hora de recepción:** se escribe la fecha y la hora en que la muestra ingresó al laboratorio.

**Etiqueta:** se debe ingresar la identificación de la probeta que debe ser un código otorgado por el cliente.

**Tipo de material:** se ingresa en esta casilla el tipo de material a ensayar.

**Muestra:** se ingresa en este casillero un código para identificar la muestra este código es otorgado por el operador.

**Posición dirección de la muestra:** se escribe la posición que tendrá la probeta en el momento del ensayo.

**Deformada (Si) (No):** en este casillero se escribe el estado de la probeta que puede ser deformada o proporcionada.

**Maquinada (Si) (No):** se escribe si la muestra o probeta ha sido maquinada o no antes de realizar la prueba.

✓ **Notas y Responsabilidad Técnica**

**Nota:** en este casillero se pone una información adicional al ensayo.

**Nombre:** se ingresa el nombre del operador responsable del ensayo.

**Posición:** Lugar del ensayo.

**Firma:** identificación del operador de la máquina.

✓ **Descripción de la certificación**

**Número:** en este casillero se ingresa un código al reporte del ensayo dado por el operador.

**Fecha del certificado:** se escribe la fecha en que se emite el reporte.

Además de todas las opciones anteriormente descritas, la ventana de ensayos de tensión en secciones rectangulares presenta 8 opciones las cuales son:

**Encerar:** al seleccionar esta opción el valor de fuerza y



deformación toman el valor de cero.

**Inicio**: al seleccionar esta opción se habilita la ventana de adquisición de datos.

**Excel**: esta opción permite enviar los datos adquiridos a esta hoja cálculo.

**Gráfico**: al seleccionar esta opción se tiene acceso al gráfico esfuerzo vs deformación, esta gráfica que se muestra ya no adquiere datos sino que se presenta tal y como quedó al terminar el ensayo.

**Abrir**: al presionar esta tecla se tiene acceso a todos los archivos que se encuentran en el disco duro de la máquina.

**Guardar**: al seleccionar esta opción el programa permite guardar el reporte del ensayo en la carpeta que mejor crea conveniente el operador dentro del disco duro de la máquina.

**Impresión**: al seleccionar esta casilla el programa permite imprimir tanto la gráfica como los resultados obtenidos a partir del ensayo.

**Salir**: esta opción permite retornar a la ventana del Menú principal.

Una vez que se ha ingresado toda la información en esta pantalla o ventana se esta listo para empezar la adquisición de datos lo cual se logra haciendo clic en el botón que tiene la flecha amarilla.

### 1.1.3.2. Ventana de graficación de la curva esfuerzo-deformación.

Esta ventana muestra la curva que se va formando al adquirir los valores correspondientes al esfuerzo y la deformación a medida que transcurre el ensayo.

Esta página consta de las siguientes partes:

La curva esfuerzo ( $N/mm^2$ ) vs deformación (%).

En la parte derecha de la ventana se encuentran los resultados obtenidos a partir del gráfico y que representan las propiedades del material ensayado.

En la parte inferior derecha de la ventana se encuentra una paleta de herramientas del gráfico estas teclas permiten realizar las siguientes tareas:



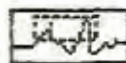


El botón autoescala en x permite ajustar la escala del eje x de la gráfica a los valores x correspondientes a la curva. De igual forma el botón autoescala en y permite ajustar la escala del eje y de la gráfica a los valores y correspondientes a la curva.

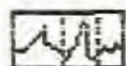
Esta tecla permite dar formato a las escalas tanto de x como de y, consiste en darle formato de connotación científica, decimal, binaria, a demás de precisión en cuanto a números de decimales.

Sirve para mover o seleccionar cualquier cursor dentro del área de la gráfica.

Al seleccionar esta tecla se tiene acceso a otras 6 opciones que son las siguientes:



**Zoom de rectángulo** sirve para ampliar secciones o partes de la curva del gráfico.



**Zoom de rectángulo restringido al eje x.**



**Zoom de rectángulo restringido al eje y.**



Sirve para deshacer el último **Zoom** y resetea el gráfico al estado anterior.



**Zoom de acercamiento** alrededor de un punto específico que depende del movimiento del ratón.



**Zoom de alejamiento** alrededor de un punto específico que depende del movimiento del ratón.



**Pan:** esta tecla permite al usuario desplazarse a lo largo de toda la gráfica dependiendo del movimiento del ratón.

En la misma parte inferior derecha de la ventana se encuentra otra paleta de herramientas del gráfico, a continuación se presenta un figura en donde se describe la función de cada tecla.



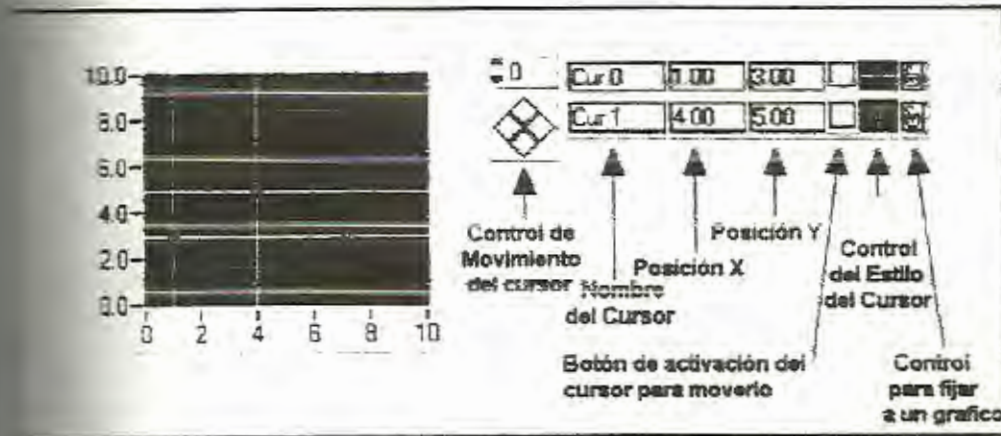


FIGURA 3.4. PALETA DE HERRAMIENTAS DEL GRÁFICO.

En la esquina inferior izquierda se encuentran cuatro botones que sirven para imprimir, mostrar la ayuda referente a esta ventana en formato html, el botón para detener la adquisición, el botón para salir de la ventana de adquisición y regresar a la ventana anterior.

En la parte inferior de esta ventana se muestra en un casillero en donde aparece el tiempo de actualización de los valores cuyo valor puede ser elegido por el operador según como lo crea conveniente, en este programa el tiempo está prefijado en un segundo. Seguidamente se encuentra un segundo casillero en la que se puede leer la velocidad a la que se está realizando el ensayo, esta velocidad no puede ser controlada automáticamente por

no disponer de módulos para enviar señales de control. Un tercer casillero muestra la fecha de realización de la muestra y por último un cuarto casillero muestra la hora de ejecución del ensayo.

A continuación se muestra esta ventana de graficación:



Fig. 3.5. VENTANA DE GRAFICACIÓN DE LA CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN PARA ENSAYOS DE TENSIÓN EN PROBETAS DE SECCIÓN RECTANGULAR.



### 3.1.4 Programa para el ensayo de tensión en probetas de sección circular.

#### 3.1.4.1. Ventana de información técnica y administrativa.

Una vez que se activa el botón correspondiente al ensayo de tensión en probetas de sección circular se abre la ventana de información técnica y administrativa que luce de la siguiente manera:

The screenshot shows a software window with the following sections and data:

- DATOS DE LA ORGANIZACIÓN:**
  - Nombre: Sanyo Optima
  - Administración: [ ]
- DATOS DEL ESPECÍMEN:**
  - Selección al material a ensayar:
    - ACERO
    - OTRO MATERIAL
    - DESIDRADO CONGELADO
  - Forma: [ ]
  - Diámetro: 0,000 (mm) / 0,000 (mm)
  - Longitud: 0,000 (mm) / 0,000 (mm)
  - Proporción de alargamiento: [ ]
- ESPECIFICACIONES DE LA PRUEBA:**
  - Cliente: Coto Domínguez O.
  - Organización: EPOL
  - Lugar de la Prueba: Laboratorio de Sólidos
  - Fecha Test: 18-01-2002 / Fecha y hora recepción: 17-01-2002 3:45
  - Elemento: AC04
  - Tipo de acero: SAE 1010
  - Muestra: 001
  - Presión dirección de la muestra
  - Sin deformar /  Deformada
  - Maquetado:  SI /  NO
- NOTAS Y RESPONSABILIDADES TÉCNICAS:**
  - Nota: Verificar longitud total
  - Nombre: Víctor Guadalupe / Cargo: [ ]
  - Firma: VO
- DETALLADO DEL CERTIFICADO:**
  - Número: 148
  - Fecha del Certificado: 19-01-2002 3:45

At the bottom, there are status bars for 'Número de prueba', 'Fecha de modificación', 'Fecha', and 'Hora'.

### 3.1.5 VENTANA DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA PARA ENSAYOS DE TENSIÓN EN PROBETAS DE SECCIÓN REDONDA.

La información (datos e íconos) que se muestran en esta ventana, son básicamente las mismas que se



presentaron en la ventana anteriormente descrita, por esta razón explicaré en esta sección la diferencia que existe entre estas dos ventanas.

En la sección de datos del espécimen en donde se hace la selección del material a ensayar que puede ser acero u otro material, si se escoge acero sale automáticamente la densidad del acero luego se debe ingresar el valor de peso, Lt y el programa calcula el valor de masa, diámetro y área. Al seleccionar otro material el programa permite escoger entre dos opciones densidad conocida y densidad desconocida, se debe ingresar el valor de densidad si es que se ha seleccionado la opción densidad conocida, ingresada la densidad. se la utiliza para hallar el diámetro, el cual se calcula usando la siguiente ecuación una vez conocida e ingresada la masa y la longitud total de la probeta.

$$d = 2 \sqrt{\frac{m}{\pi L \rho}} \quad \text{EC 3.1}$$

Con esta densidad el programa calcula el área de la sección transversal de la probeta.

El parámetro masa se calcula automáticamente y es en realidad una densidad lineal pues el programa lo halla



dividiendo la masa de la probeta para la longitud total de la misma.

Si por el contrario se ha seleccionado densidad desconocida la casilla densidad se deshabilita y se debe ingresar el valor del peso, la longitud total, diámetro, y el programa da el valor de masa y área.

En los últimos tres casilleros al igual que la ventana de ensayos de tensión en probetas de sección rectangular, se selecciona si el espécimen es proporcional o no, se debe ingresar la longitud inicial, y longitud de calibre en el caso de haber seleccionado en la sección de medidor de elongación la opción extensómetro.

#### **3.1.4.2. Ventana de graficación de la curva esfuerzo-deformación.**

Esta ventana es muy parecida a la ventana de graficación de la curva Esfuerzo- deformación para probetas de sección rectangular cuya información sobre el contenido de dicha ventana se explicó en la sección 3.1.3.2, por lo tanto se muestra en esta sección solamente como luce la ventana de graficación de la

curva Esfuerzo- deformación para probetas de sección circular.



Figura 3.7. VENTANA DE GRAFICACIÓN DE LA CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN PARA ENSAYOS DE TENSIÓN EN PROBETAS DE SECCIÓN REDONDA.

3.4 Programa para el ensayo de tensión en probetas de secciones no estandarizadas.

A mas de ensayar probetas normalizadas como es el caso de las probetas de sección transversal rectangular y las de sección transversal circular, se pueden ensayar en este programa especimenes no estandarizados como es el caso de



ensayos de tensión de cadenas, cable, alambre, etc.

### 3.1.5.1. Ventana de información técnica y administrativa.

En el caso de haber seleccionado el icono correspondiente al ensayo de tensión en probetas de secciones no estandarizadas se abre la ventana de información técnica y administrativa tal como se muestra a continuación:

## VENTANA DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA PARA ENSAYOS DE TENSIÓN EN PROBETAS EN SECCIONES NO ESTANDARIZADAS.

La información (datos e íconos) que se muestran en esta

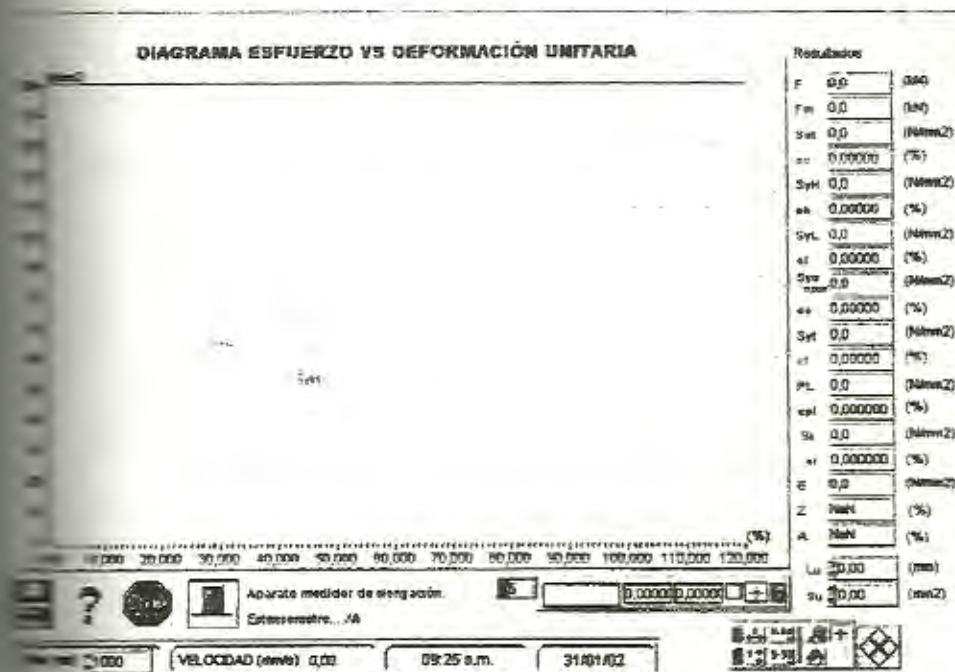
ventana, son básicamente las mismas que se presentaron en la ventana de información técnica y administrativa de probetas de sección rectangular anteriormente descrita, por esta razón explicaré en esta sección la diferencia que existe entre estas dos ventanas.

En la parte donde se ingresan los datos del espécimen, se deben ingresar el peso, la longitud total ( $L_T$ ), área, Longitud inicial, y longitud de calibre ( $L_e$ ) esta última en el caso de utilizar extensómetros, y el programa calcula el valor de masa dividiendo la masa de la probeta para la longitud total de la misma.

#### **3.1.5.2. Ventana de graficación de la curva esfuerzo-deformación.**

La información que contiene esta ventana es la misma que la de las ventanas de ensayo de sección rectangular y redonda. La única diferencia son los colores empleados. A continuación se muestra como luce esta ventana.





**FIGURA 3.9. VENTANA DE GRAFICACIÓN DE LA CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN PARA ENSAYOS DE TENSIÓN EN PROBETAS EN SECCIONES NO ESTANDARIZADAS.**

### 3.1.5. Rutinas creadas.

En el programa Universal Testing Software se crearon algunas rutinas para realizar funciones y operaciones específicas, dentro de cada rutina así mismo se han creado otras subrutinas, en esta sección se explicará que es lo que hace cada una de ellas. por ejemplo rutinas para que el computador permita encerrar las variables, rutina para la adquisición de los datos, para el almacenamiento de los ensayos realizados, luego de

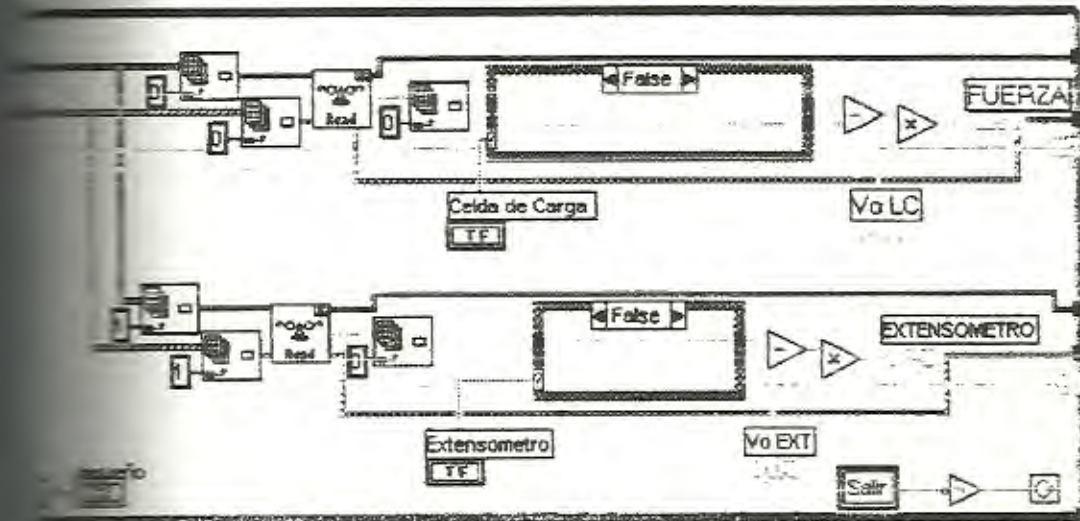


FIGURA 3.10. RUTINA DE ENCERRAMIENTO DE LAS VARIABLES.

### 3.1.6.2. Rutina de adquisición de datos

En esta parte del programa se adquieren las variables las cuales se leen en las subrutinas que tienen el icono Read estos valores provienen del FP-1000.



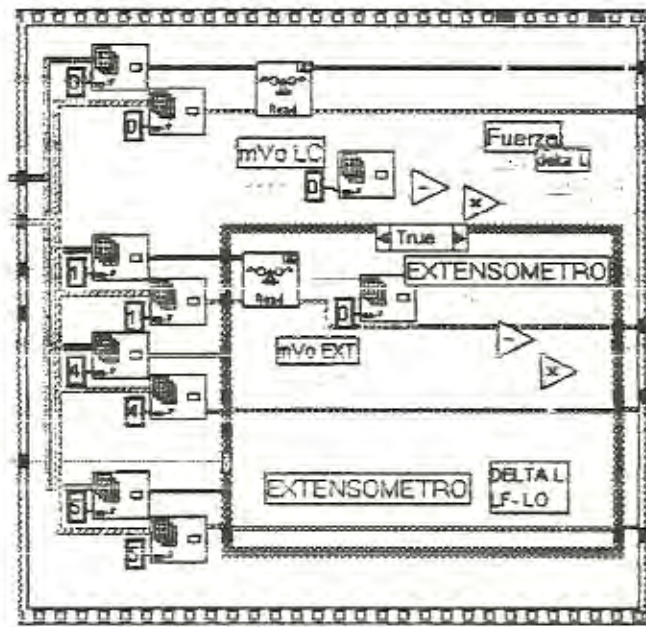


FIGURA 3.11: RUTINA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL EXTENSÓMETRO.

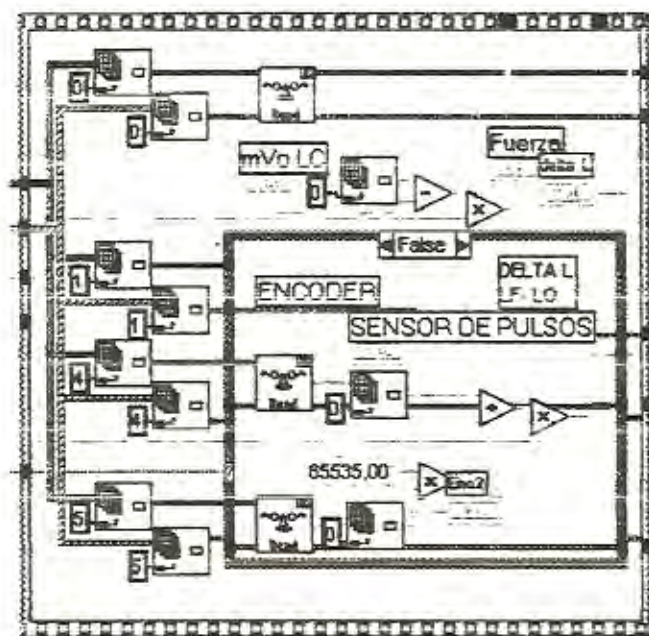


FIGURA 3.12: RUTINA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL SENSOR DE PULSOS.

### 3.1.6.3. Rutina para almacenamiento de datos.

Esta rutina nos permite almacenar todos los datos recopilados durante la prueba esto es la información de la probeta, del cliente, del operador, resultados de la prueba, etc, la misma que puede ser recuperada ya sea para cambiar los datos, o para revisar los resultados obtenidos.

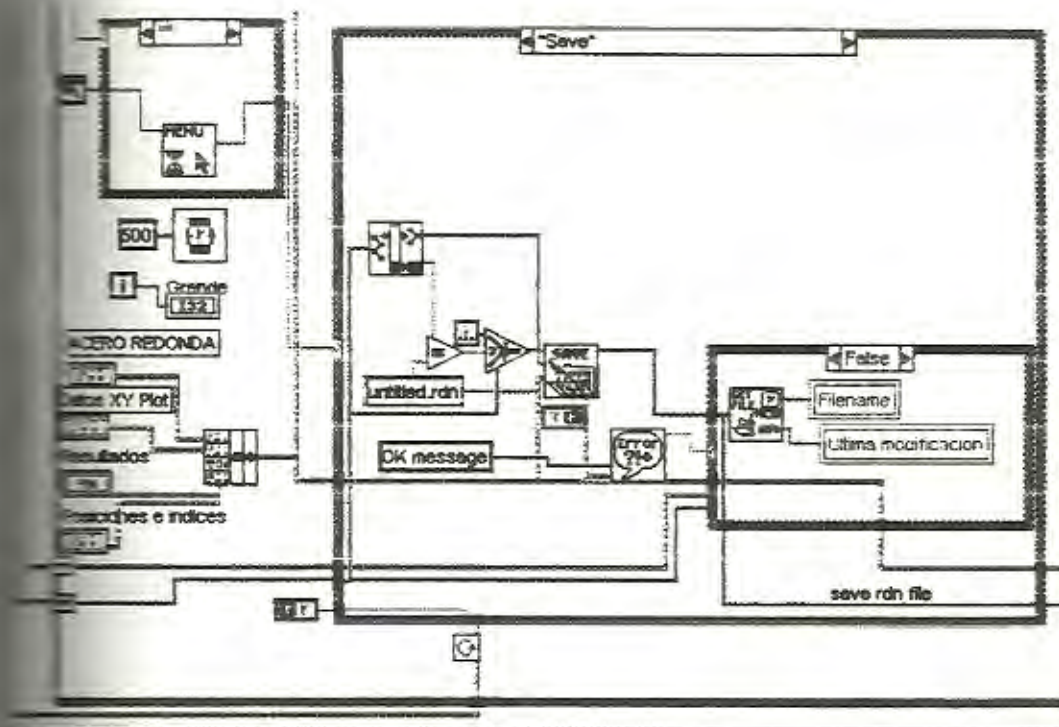


FIGURA 3.13. RUTINA PARA ALMACENAMIENTO DE DATOS.



### 3.1.6.4. Rutina para llamar archivos guardados.

Todos los archivos que han sido almacenados en el computador esto es la gráfica y los resultados referentes a las propiedades del material ensayado pueden ser recuperados o llamados a través de la siguiente rutina.

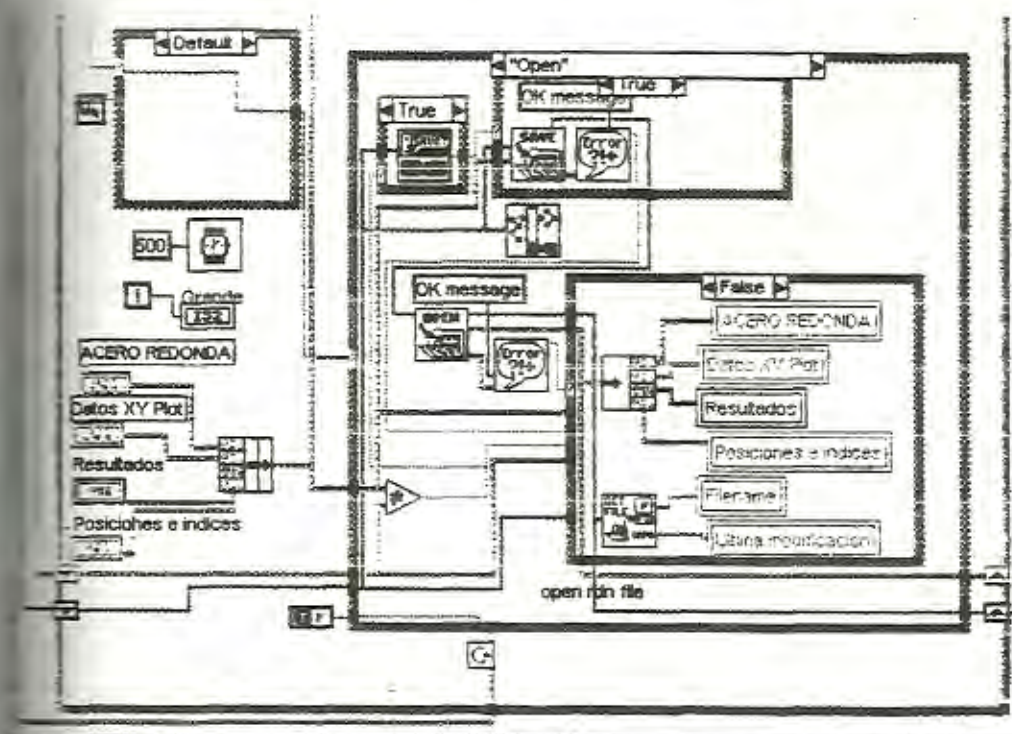


FIGURA 3.14. RUTINA PARA LLAMAR ARCHIVOS GUARDADOS.

### 3.1.6.5. Rutina para exportar datos a Excel.

Luego de haber adquirido los datos correspondientes al ensayo estos pueden ser exportados a una hoja de

excel, en donde el operador puede lograr ajustar la curva obtenida en el programa, realizar interpolaciones y otras funciones.

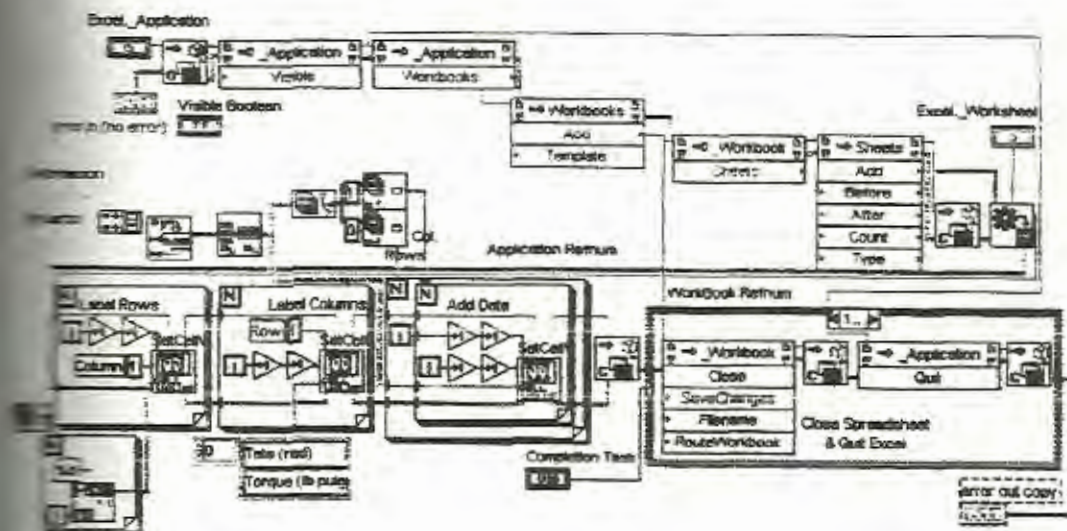


FIGURA 3.15. RUTINA PARA LLEVAR DATOS A EXCEL.

### 3.1.6.6. Rutina de operaciones matemáticas de los datos.

Dentro de la rutina de adquisición de datos se crearon rutinas adicionales que permiten hacer cálculos matemáticos como por ejemplo calcular la pendiente de una curva, cálculos de posición de cursores, y otras operaciones sencillas como la conversión de unidades, cálculos de densidad lineal, Fuerza máximo y los valores



de: (E), (Su), (SyH), (Sy L), (Sr).

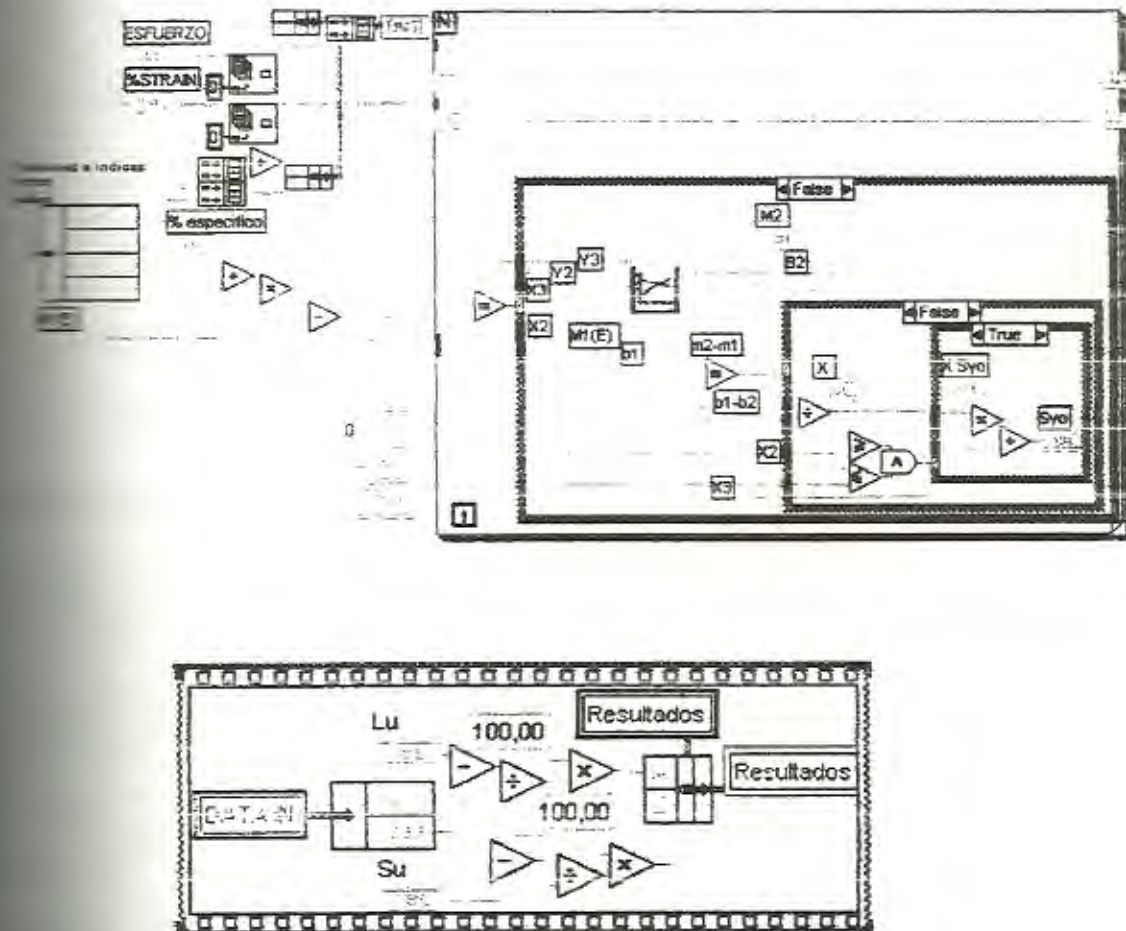


FIGURA 3.16. RUTINA DE OPERACIONES MATEMÁTICAS.

### 3.17. Ventana de calibración.

Esta ventana, permite que el operador de acuerdo a su conveniencia pueda fijar el canal, módulo, coeficiente de calibración, recurso de comunicación para el sensor de fuerza,



extensómetros, y el sensor óptico. Si algún transductor se descalibra el operador de la máquina tiene la posibilidad de encerrar todos los valores y volverlos a introducir.

Toda la información ingresada en esta ventana debe ser correcta pues de esto dependen los resultados obtenidos a partir del ensayo y la protección de los equipos, Todos estos datos una vez ingresados son guardados hasta que el operador requiera hacer algún cambio.

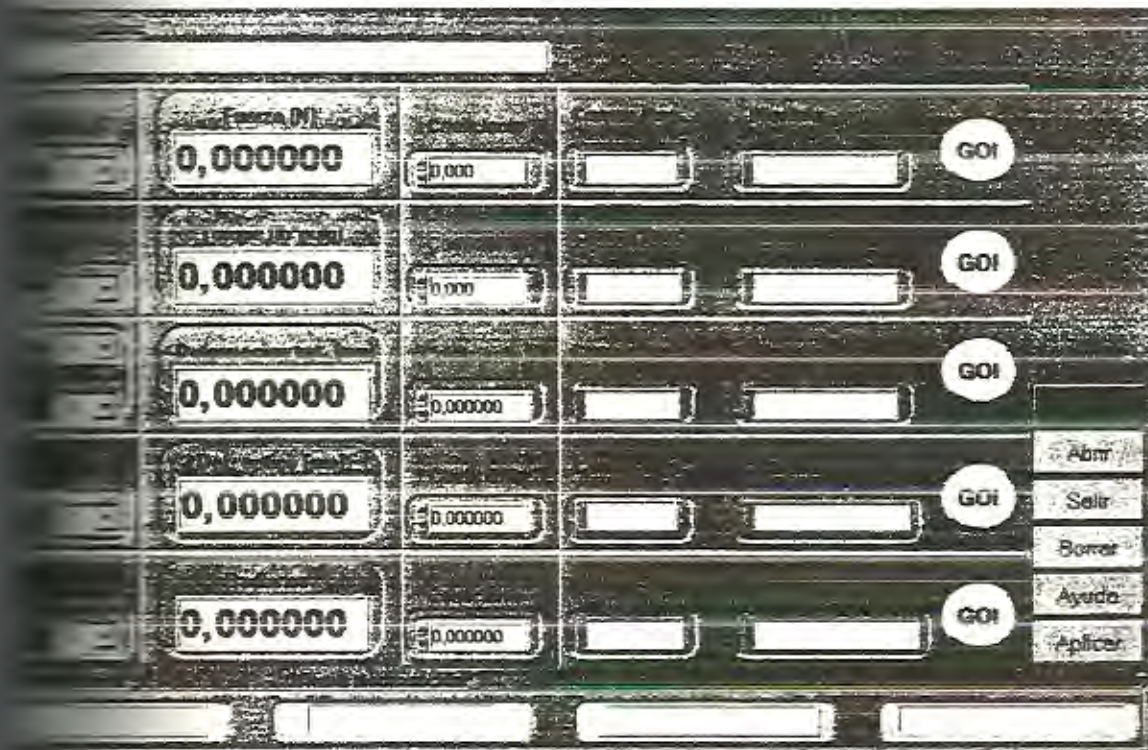


FIGURA 3.17. VENTANA DE CALIBRACIÓN.

En la parte superior de esta ventana se muestra la dirección del



archivo .iak que correspondiente a la configuración de los canales en el programa FieldPoint Explorer.

Explicaré a continuación toda la información correspondiente al ensayo de tensión.

#### **FILA 1**

En el bloque 1 debe llenarse información de la Celda de carga Tensión, en la primera casilla de este bloque debe ingresarse el canal al que está conectada la celda de carga de tensión que puede elegirse entre los canales del 0 al 7, seguidamente se encuentra otra casilla donde aparece la fuerza que la celda de carga sensa en un momento determinado como resultado de multiplicar el voltaje y la constante de calibración de la celda de carga, a continuación aparece un tercer casillero donde debe ingresarse el coeficiente de calibración de la celda de carga tomado de la curva de calibración de la misma, los dos últimos casilleros muestran el recurso de comunicación y el módulo de adquisición de datos. Los datos de estos dos últimos casilleros son leídos desde el archivo .iak al presionar la tecla Go que se encuentra al final de cada bloque.

#### **FILA 2**

En este bloque debe llenarse información de los

extensómetros utilizados, la primera casilla se divide en dos secciones, en la primera se escoge el tipo de extensómetro, existen cinco opciones A, B, C, D, y E, en el presente trabajo se acondicionó dos extensómetros pero se deja la posibilidad de incorporar otros extensómetros en el sistema, el extensómetro A cuyo modelo es G-51-15-MA que puede deformarse de 25mm hasta 50 mm, y el extensómetro B de modelo G-51-14-MA cuyo rango de deformación es desde 50mm hasta 75 mm, en el segundo casillero debe ingresarse el canal al que está conectado el extensómetro que puede elegirse entre los canales del 0 al 7, seguidamente se encuentra otra casilla donde aparece la deformación en (mm) que sensa el extensómetro en un momento determinado, a continuación aparece un tercer casillero donde se debe ingresarse el coeficiente de calibración del extensómetro tomado de la curva de calibración del mismo, los dos últimos casilleros muestran el recurso de comunicación que por default es FP Res y el módulo de adquisición de datos. Los datos de estos dos últimos casilleros son leídos desde el archivo .iak al presionar la tecla Go que se encuentra al final de cada bloque.

### **FILA 3**

En este bloque debe llenarse información del sensor óptico, en



el primer casillero debe ingresarse el canal al que está conectado el dispositivo que puede elegirse entre los canales del 0 al 7, seguidamente se encuentra otra casilla donde aparece la deformación en (mm) que sensa el transductor en un momento determinado, a continuación aparece un tercer casillero donde se debe ingresar el coeficiente del sensor óptico el cual está dado en número de revoluciones por pulso, los dos últimos casilleros muestran el recurso de comunicación que por default es FP Res y el módulo de adquisición de datos. Los datos de estos dos últimos casilleros son leídos desde el archivo .iak al presionar la tecla Go que se encuentra al final de este bloque.

En la parte derecha de esta ventana de calibración se encuentran las siguientes opciones:

**Error:** Si existe algún problema la tecla error cambia de color, si el operador activa esta tecla entonces se abrirá una pequeña ventana en donde se indica el tipo de error suscitado y una breve descripción del mismo y su posible solución.

Esta ventana luce de la siguiente forma:



FIGURA 3.18. VENTANA DE ERROR.

**Abrir:** al seleccionar esta opción se tiene acceso a los archivos \*.iak realizados anteriormente al hacer doble clic en algún archivo automáticamente los dos últimos casilleros de cada bloque de la ventana de calibración se llenan con la información proveniente del programa Field Point Explorer.

Estos archivos pueden identificarse con el icono siguiente:

A continuación se muestra la ventana que aparece al seleccionar la tecla Abrir en la ventana Calibración:





FIGURA 3.19. VENTANA PARA ABRIR LOS ARCHIVOS \*.IAK.

**Salir:** al seleccionar esta tecla se regresa al menú principal del programa Universal Testing Software.

**Borrar:** Al activar esta tecla automáticamente se borra todos los datos ingresados en los casilleros de la ventana de calibración.

**Ayuda:** Al seleccionar esta opción se tiene acceso a la ayuda hecha en formato HTML.

**Aplicar:** al accionar esta tecla inmediatamente se graban todos los datos ingresados.

En la parte inferior de esta ventana se encuentran los siguientes casilleros:

Nombre del archivo que tiene una extensión \*.cal

Fecha y hora de la última modificación.

Fecha y hora actual.

### **Elaboración del programa de ayuda en formato HTML**

El programa de ayuda está hecho en formato HTML y consiste de un texto que explica el contenido de cada una de las ventanas del programa Universal Testing Software, además explica la función que desempeñan todas y cada una de las teclas u opciones una vez que estas han sido seleccionadas.

Se tiene acceso a esta ayuda seleccionando en la ventana de menú principal el ícono ayuda.



# CAPITULO 4

## ELABORACIÓN DE GUÍA PRACTICA DE LABORATORIO.

### Práctica No. 1: Ensayo de tensión.

#### 4.1.1. Objetivo.

- Realizar ensayos de tensión en materiales diferentes determinando: las propiedades mecánicas que resultan de las mismas como son: modulo de elasticidad, resistencia a la fluencia o esfuerzo de fluencia de los materiales, la resistencia a ruptura o esfuerzo último de los materiales, así como el análisis y la interpretación de la curva Esfuerzo vs deformación unitaria.
- Comparar los modelos reales contra los teóricos.
- Predeterminar si un material es apto para un uso

determinado, en el cual se necesita cierto nivel de resistencia.

#### 4.1.2. Fundamentos teóricos.

Las relaciones entre el esfuerzo y la deformación unitaria son de importancia fundamental en la resistencia de materiales, e implican ciertas propiedades mecánicas de los materiales.

Tradicionalmente, las propiedades mecánicas de los materiales se han determinado en forma experimental, mediante ensayos de laboratorio de diferentes clases. Este procedimiento permite evitar el uso de consideraciones teóricas sobre la dependencia que tienen las propiedades de un material de su estructura interna y su composición.

La mayor parte de las propiedades de los materiales de importancia en la resistencia de materiales se determinan por ensayos mediante los cuales se cargan probetas adecuadas en forma gradual, ya sea en tracción o en compresión. Las especificaciones de las probetas normales para ensayos han sido establecidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM).



Se realiza este ensayo sometiendo una pieza de dimensiones normalizadas llamada probeta a un esfuerzo de tracción que se aumenta gradualmente hasta la rotura.

Como consecuencia, en el estudio experimental de las propiedades mecánicas de los materiales se acostumbra construir gráficas de la relación entre esfuerzo y deformación unitaria en una prueba en particular, como se muestra en la Figura 4.1. El caso (a) es el gráfico típico para el acero dulce o estructural, mientras que el caso (b) es el típico del aluminio.

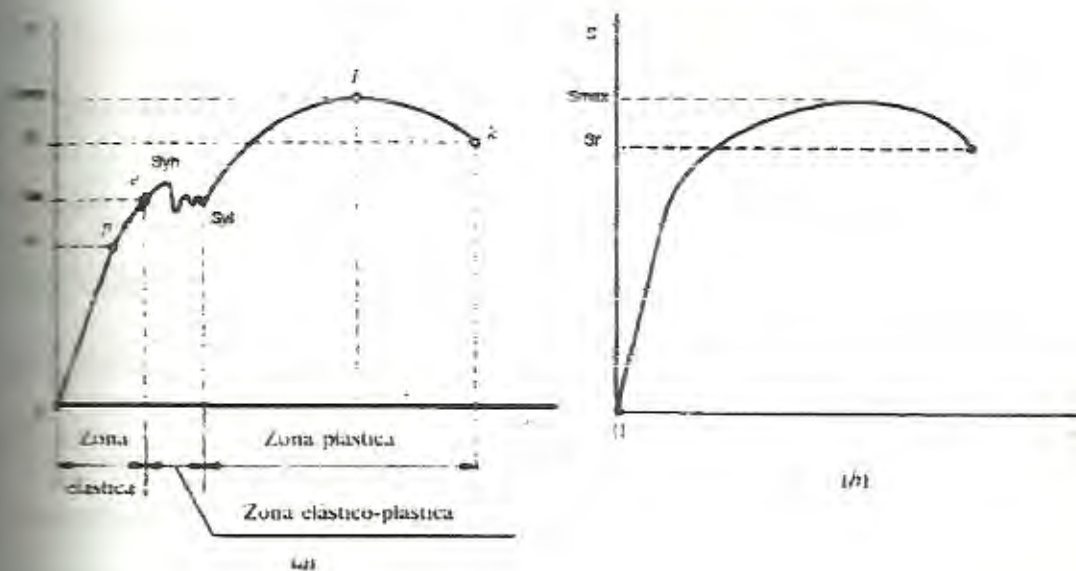


FIGURA 4.1. CURVA FUERZA-DEFORMACIÓN

En la primera parte del gráfico en el caso del acero dulce se observará que se satisface la Ley de Hooke, ya que el material se comporta elásticamente y el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria,

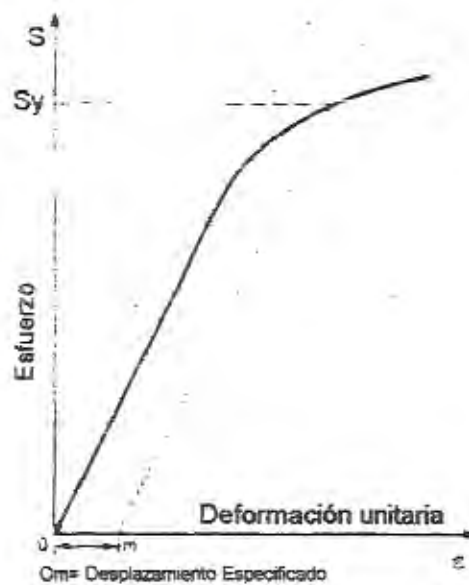
aliviándose la gráfica de línea recta que se indica. Sin embargo, se llegará a alcanzar un punto (p) en el que la naturaleza lineal de la gráfica se pierde. Ese punto se conoce como límite de proporcionalidad.

Durante un corto intervalo después de este punto el material aún se comporta elásticamente ya que las deformaciones se recuperan completamente cuando se suprime la carga (es decir, la deformación vuelve a ser nula o cero), pero no se cumple la Ley de Hooke. El punto límite (e) para esta condición se denomina límite elástico. Para la mayoría de los objetivos prácticos, puede suponerse que los puntos límite (p) y (e) coinciden.

Después del límite elástico se presenta la deformación plástica y las deformaciones ya no se recuperan totalmente. De este modo, habrá una deformación permanente cuando se suprima la carga. Después del punto ( $S_{YH}$ ), denominado límite superior de fluencia y ( $S_{YL}$ ), denominado límite inferior de fluencia se presentan incrementos relativamente rápidos en la deformación sin los incrementos elevados correspondientes de la carga o del esfuerzo. De este modo, la gráfica resulta mucho más extendida y abarca una porción mucho mayor del rango de deformación que el rango elástico del material.



Para ciertos materiales no es posible detectar diferencia alguna entre los límites superior e inferior de fluencia, en dichos casos se emplea el esfuerzo de prueba ( $S_{Y0}$ ) para señalar la aparición de la deformación plástica o como una comparación de las propiedades mecánicas con otro material semejante, este método llamado de desplazamiento se muestra en la Figura 4.2. Donde una recta desplazada una distancia arbitraria en muchos casos correspondiente al 0.2% de deformación se traza paralela a la porción rectilínea de la gráfica inicial esfuerzo-deformación. Entonces el punto ( $S_Y$ ) se toma como punto el punto de fluencia del material.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

#### FIGURA 4.2. MÉTODO DEL DESPLAZAMIENTO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE FLUENCIA DE UN MATERIAL.

Después del límite de fluencia se necesita un incremento de la

carga para que la deformación llegue al punto ( $S_{MAX}$ ) de la gráfica. Entre los puntos ( $S_{YL}$ ) y ( $S_{MAX}$ ) el material estará en un estado elástico-plástico donde partes de su sección permanecen elásticas, por lo que contribuyen a la recuperación de las dimensiones originales si se suprime la carga mientras que el material restante permanece en estado plástico. Después del al Esfuerzo máximo ( $S_{MAX}$ ), el área de sección transversal de la barra comienza a reducirse rápidamente en una longitud relativamente pequeña de la barra y se dice que la barra comienza a formar "cuello" o a estrangularse. Esta estrangulación se realiza mientras se reduce la carga; por último, ocurrirá la fractura en el punto r correspondiente al esfuerzo de ruptura ( $S_r$ ).

El esfuerzo nominal de falla, denominado esfuerzo máximo o final de tensión, se obtiene mediante la carga ( $S_{MAX}$ ) dividida entre el área de la sección transversal original de la barra (esto también se conoce como resistencia a la tensión del material de la barra).

$$S_{max} = \frac{F_{max}}{A_o} \quad \text{EC 4.1}$$

Donde:



$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4} \quad \text{Ec 4.2}$$

Debido a la gran reducción del área producida por el proceso de estrangulación, el esfuerzo real a la fractura muchas veces resulta mayor que el valor anterior. Sin embargo, debido a que el interés de los diseñadores se concentra en las cargas máximas que puede resistir la sección transversal completa de un elemento, el esfuerzo a la fractura rara vez tiene algún valor práctico. La Figura 4.3 muestra la forma de la probeta al inicio, al momento de llegar a la carga máxima y luego de la ruptura.



FIGURA 4.3. RUPTURA DE UNA PROBETA.

En la probeta se realizan previamente dos marcas, que determinan una longitud denominada *distancia entre puntos*,

sobre las que se efectúa, por medio de un extensómetro, la medida de los alargamientos.

Analizando las probetas después de rotas, es posible medir dos parámetros: El alargamiento final ( $L_f$ ) y el diámetro final  $D_f$ , que nos dará el área final  $A_f$ . Con estos valores se puede determinar el valor de ( $Z$ ), que representa el porcentaje de reducción de área y esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{(S_o - S_u)}{S_o} * 100$$

#### ECUACIÓN 4.3

Mientras que la deformación unitaria se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

#### ECUACIÓN 4.4

Y el porcentaje de elongación viene dado por la ecuación:

$$A = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100$$

#### ECUACIÓN 4.5



### 4.1.3. Dimensionamiento de las probetas.

En el ensayo de tracción un espécimen (probeta) se somete a una fuerza de tracción uniaxial la cual se incrementa continuamente, mientras se realiza observación simultánea de la elongación de la probeta. la probeta del ensayo se encuentra normalizada ( Según la Norma ASTM A-8).

La porción central del tramo es usualmente (no siempre), de sección menor que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los dispositivos de sujeción.

La forma de los extremos debe ser adecuada al material, y tal, que ajuste debidamente en el dispositivo de sujeción a emplear. Los extremos de las probetas redondas pueden ser simples, cabeceados, o roscados. La relación entre el diámetro o ancho del extremo y el diámetro o ancho de la sección reducida, es determinada en gran parte por la costumbre, aunque para los materiales quebradizos es importante tener los extremos suficientemente grandes para evitar la falla debida a la combinación del esfuerzo axial y los esfuerzos debidos a la

acción de las mordazas. Una probeta debe ser simétrica con respecto a un eje longitudinal a toda su longitud, para evitar la flexión durante la aplicación de la carga.

A continuación en la Figura 4.4 se muestra las dimensiones de la probeta tanto de sección circular como de sección plana.

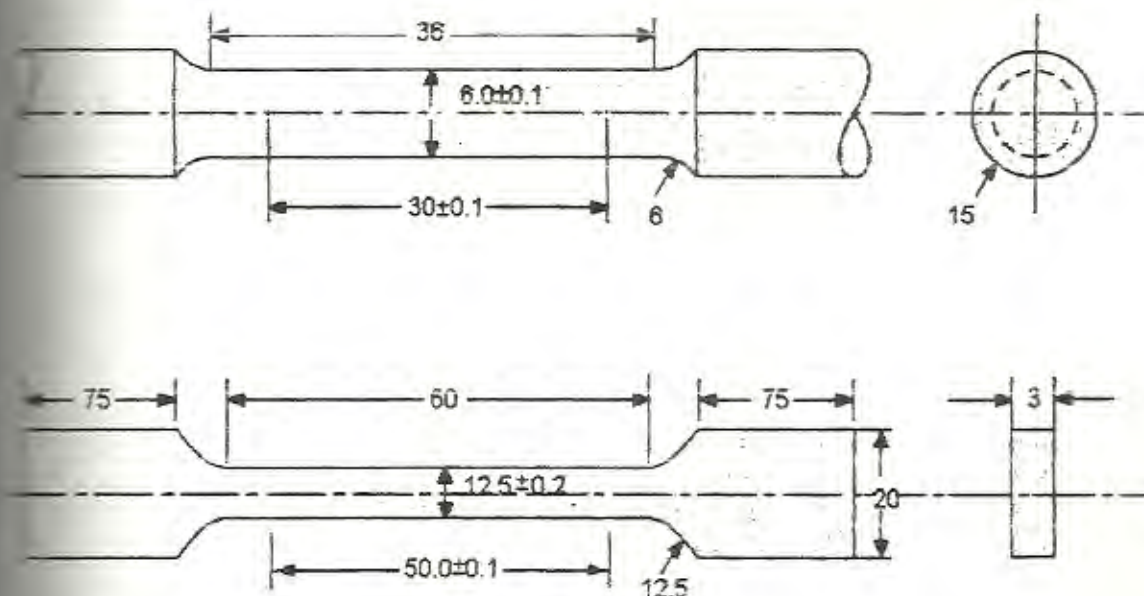


FIGURA 4.4. DIMENSIONES DE PROBETAS CIRCULAR Y RECTANGULAR.

#### 4.1.4. Materiales y equipos utilizados.

Los materiales y equipos utilizados para el ensayo de tensión son:



- Máquina Universal de Ensayos construida en la ESPOL
- Una PC-PENTIUM con desarrollo y ejecución bajo Microsoft Windows 95.
- Software Labview versión 5.0.
- Tarjeta de Adquisición de datos A/D FieldPoint.
- Software de configuración FieldPoint Explorer.
- Caja interfase
- Celda de carga INSTRON Capacidad Máx. 10,000 Lbf.
- Extensómetros.
- Sensor de pulsos.
- Probeta estandarizada.
- Calibrador Vernier.

#### **4.1.5. Procedimiento Experimental.**

1. Fabricar la probeta en base de un dibujo estándar regido por la norma (ASTM) tal como se indicó en el punto 4.1.3. Para el caso de los metales la pieza debe ser maquinada según las dimensiones establecidas por la Norma ASTM A8 (Ver Apéndice H).
2. Instalar la celda de carga en la Máquina Universal de

ensayos. Tal como se muestra en la

3. Se procede a colocar las quijadas o mordazas adecuadas en la máquina universal de ensayos, tal como se muestra en la Figura 4.5

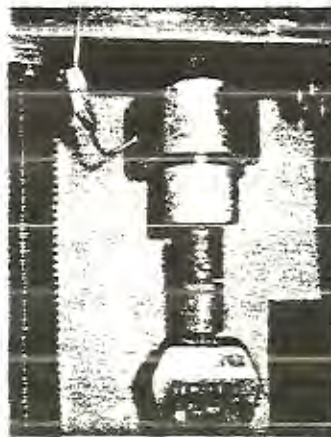


FIGURA 4.5. INSTALACIÓN DE LA CELDA DE CARGA Y DE LAS MORDAZAS.

4. Medir todos los parámetros iniciales de la probeta según como sea la sección transversal de la probeta a ensayar, esto es: diámetro inicial ( $D_0$ ) y la longitud inicial ( $L_0$ ) dentro de la zona de trabajo que corresponde a la distancia entre las mordazas, y la longitud total de la probeta como referencia de partida.
5. Seguir cada uno de los pasos explicados en la sección 2.4 con respecto a la configuración y cableado de los módulos FieldPoints.





A continuación se muestra la caja de interfase (abierta) indicando la manera como deben estar conectadas la celda de carga, el extensómetro, y el sensor de pulsos.

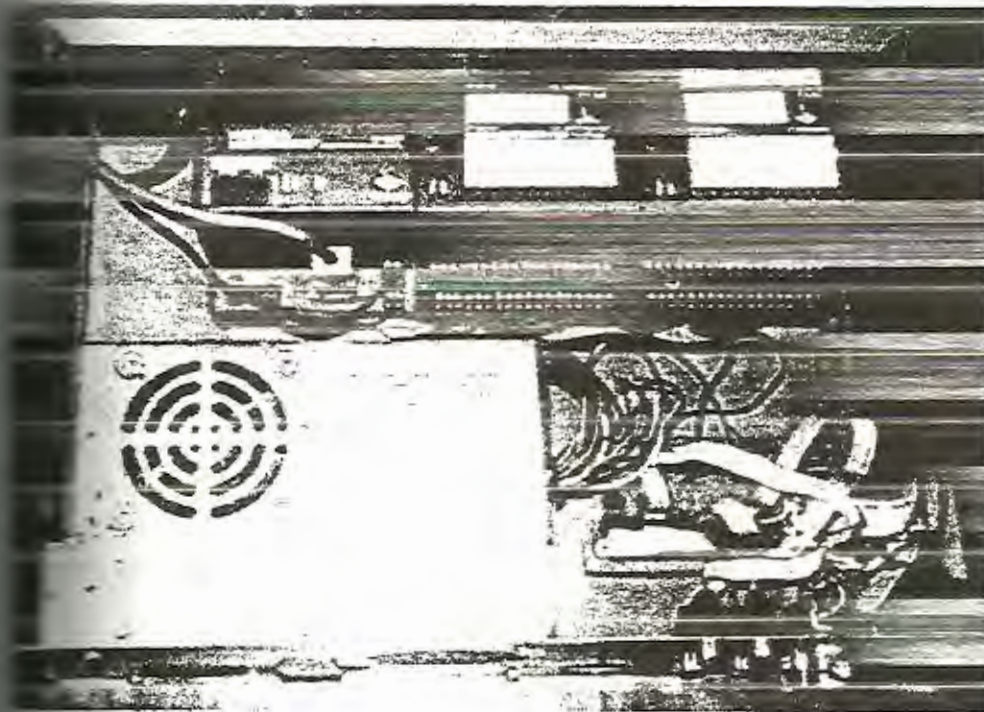


Figura 4.6. CONEXIÓN DE LA CELDA DE CARGA, EXTENSÓMETRO Y SENSOR DE PULSOS DESDE LA TARJETA A LOS MÓDULOS FIELDPOINTS.

6. Conectar el cable de la celda de carga a la caja de interfase, tal como se muestra en la Figura 4.7 (a).



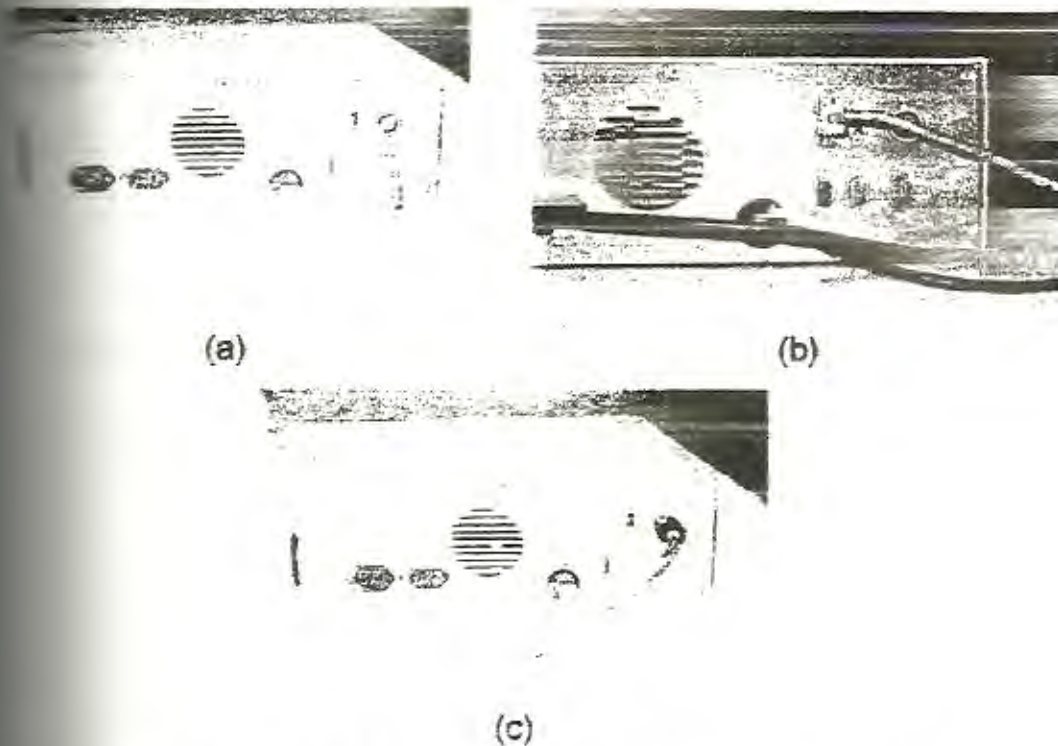


FIGURA 4.7. CABLEADO DESDE LOS SENSORES A LA CAJA DE INTERFASE.

7. Conectar el cable del sensor de pulsos a la caja de interfase. Tal como se muestra en la Figura 4.7 (b).
8. Conectar el cable del extensómetro (en el caso de medición de deformación directa). Tal como se muestra en la Figura 4.7 (c).
9. Encender el interruptor ON-OFF correspondiente a la celda de poder, y observar que se encienda el LED.





**FIGURA 4.8. INTERRUPTOR DE LA CAJA INTERFASE.**

10. Encender el computador y correr el programa FieldPoint Explorer para verificar que los módulos de adquisición de datos FP-AI-110 y FP-CTR 500 estén configurados según como se indicó en el paso 5.
11. Correr el programa Universal Testing Software.
12. Seleccionar en la ventana Menú Principal del programa Universal Testing Software el ensayo que se va a realizar según sea la sección transversal de la probeta.
13. Una vez abierta la ventana del ensayo que se desea realizar, ingresar tanto los datos administrativos como informativos de la probeta, tal como se indicó en las secciones 3.1.3, 3.1.4 y 3.1.5.
14. Encerar la celda de carga y el extensómetro seleccionando estas opciones en el programa.
15. Situar el interruptor de sentido del cabezal móvil de la máquina a la posición (subida) tal como se indica en la

Figura 4.9.



FIGURA 4.9: PANEL DE CONTROL.

16. Presionar el botón de encendido tal como se muestra en la Figura 4.9, para comenzar con la aplicación de la carga.
17. Girar suavemente la perilla de velocidad hasta alcanzar la velocidad deseada en el sentido a favor de las manecillas del reloj tal como se muestra en la Figura 4.9.
18. Comenzar con la adquisición de los datos de la carga y de la deformación seleccionando en la ventana del ensayo actual del programa Universal Testing Software la tecla "Inicio", para empezar con la adquisición de los datos.
19. Ingresar el tiempo de actualización de los datos adquiridos, en la ventana de adquisición, en este caso se escogió el



tiempo de 1 segundo.

20. Al romperse la probeta hay que retirar las partes juntas y volver a medir la distancia entre marcas y obtener la longitud final  $L_f$ .

21. Imprimir la gráfica junto con todos los resultados obtenidos.

#### 4.1.6. Resultados de las pruebas.

##### PRUEBA #1

Se realizó el ensayo de tensión a una varilla corrugada de sección transversal circular utilizando el extensómetro G-51-14-MA para determinar la medición de la deformación, a continuación se presentan los datos más importantes de dicha varilla:

Parámetro	Dato	Unidad
Diámetro Nominal fabricante.	8	mm
Diámetro Nominal calculado.	7.936	mm
Peso	106.6	g
Longitud del calibre	58	mm
Longitud total	273	mm
Área inicial	49.46	mm <sup>2</sup>



BIBLIOTECA GONZALO SÁLVADO  
F. I. M. C. P.

La ventana de información con todos los datos se muestra en la Figura 4.10, además la gráfica obtenida se muestra en la Figura 4.11.

Software de Análisis de Datos de Pruebas

PRUEBA #1

**CONDICIONES DE ELABORACIÓN**

Orden de Prueba: A

**DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA**

Clase: Prueba  
 Organización: Sages  
 Lugar de la Prueba: CHM  
 Fecha Test: 08/02/02 Fecha y hora recepción: 08/02/02  
 Diseño: 001  
 Tipo de acero: estructural  
 Muestra: 01  
 Posición/dirección de la muestra  
 Sin deformar  Deformada  Sí  No

**NOTAS Y RESPONSABILIDAD TÉCNICA**

Nota: pruebat  
 Nombre: Celia Barrios Ordóñez Cargo: Técnico  
 Firma: \_\_\_\_\_

**IDENTIFICACIÓN DEL CERTIFICADO**

Número: 123  
 Fecha del Certificado: 08/02/02

**CONDICIONES PARAMÉTRICAS OPCIONALES**

Temperatura: 20.000  
 Humedad: 65.000  
 Velocidad de Carga: 0.0000  
 Dimensiones: 273.00 (mm) x 7.838 (mm) x 50.14 (mm)

Inicio: 08/02/02  
 Fin: 07:45 a.m.  
 Resultado: 6,6745 (MPa)

FIGURA 4.10: VENTANA DE INFORMACIÓN PRUEBA #1

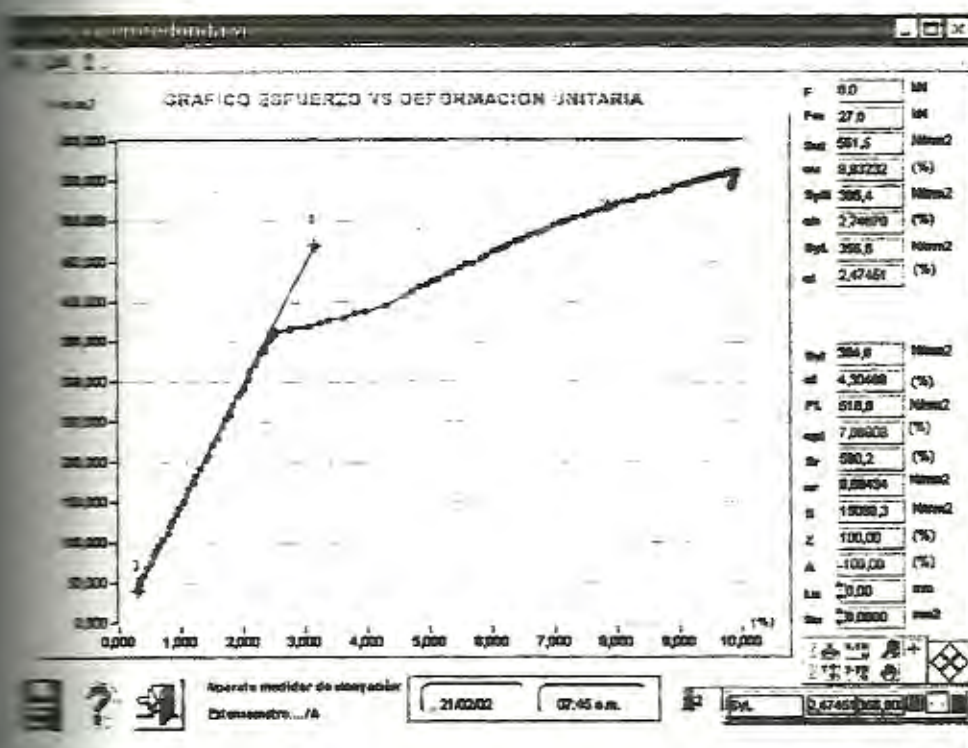


FIGURA 4.11: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN PRUEBA #1



Los resultados obtenidos a partir del ensayo fueron los siguientes:

Parámetro	Dato	Unidad
	561.5	N/mm <sup>2</sup>
	365.4	N/mm <sup>2</sup>
	15069.3	N/mm <sup>2</sup>
	65	mm
	19.63	mm <sup>2</sup>
	11.8	%
	60.37	%

Según la Norma INEN 102 que da los requisitos que deben cumplir las varillas con resaltes se tienen los siguientes valores:

Parámetro	Dato	Unidad
$\sigma_u$	440	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_y$	280	N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento mínimo	22	%

Los resultados obtenidos tanto la resistencia última de tensión como el límite de fluencia están de acuerdo con la Norma INEN 102 sin embargo el módulo de elasticidad no se acerca al valor teórico que debe tener el acero que es de 206.8 GPa, esto se debe a que existen parámetros que impactan sobre la precisión

del método de ensayo para hallar el módulo de elasticidad, estos parámetros los describo a continuación.

Condiciones de ensayo, la probeta no se encontraba totalmente alineada con respecto a los centros de las mordazas ya que estas se encuentran en mal estado, por ello puede existir una carga excéntrica.

La velocidad del ensayo también influye ya que no existe control de la misma que asegure que se está aplicando una velocidad constante en el transcurso de la prueba.

El laboratorio debe tener una temperatura de 20°C, sin embargo al ejecutarse el ensayo la temperatura fue de 28°C y esto también pudo haber afectado los resultados.

El deterioro de las grapas que sostienen al extensómetro se encontraban en mal estado esto pudo haber provocado el resbalamiento del mismo dando lugar a lecturas erróneas.

Para obtener buenos resultados la deformación debe ocurrir



dentro de los límites del extensómetro.

## PRUEBA #2



Se realizó también el ensayo de tensión a una probeta de sección transversal circular utilizando el sensor de pulsos para determinar la medición de la deformación, a continuación se presentan los datos más importantes de dicha probeta:

Parámetro	Dato	Unidad
Diámetro medido	5.9	mm
Peso	106.6	g
Area inicial	27.43	mm <sup>2</sup>
Longitud entre marcas	24	mm

La ventana de información y la de la gráfica se muestran en la Figura 4.12 y en la Figura 4.13, respectivamente:

Windows Help

File Edit Project Windows Help

Format

SELECCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

Directorio

SELECCIÓN DEL ESPECÍMEN

Selección de material a ensayar:

ACERO

OTRO MATERIAL

DENSIDAD CONOCIDA

Diámetro (mm) 12

Longitud (mm) 250

Área (mm<sup>2</sup>) 110

Diámetro (mm) 6,210

Área (mm<sup>2</sup>) 30,7

SELECCIÓN DE PARÁMETROS ESPECIALES

Si No

Si No

SELECCIÓN DE CARGA

Estacionario

0,00000

Enciar

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Cliente Prueba

Organización Esal

Lugar de la Prueba Ciba

Fecha Test 06/02/02 Fecha y hora recepción 06/02/02

Diámetro 12

Tipo de acero estructural

Muestra 02

Posición dirección de la muestra

Sin deformar  Deformado

Seguimiento:  Si  No

NOTAS Y RESPONSABILIDAD TÉCNICA

Nota prueba#2

Nombre Calle González Orozco Cargo Técnico

Prue

IDENTIFICACIÓN DEL CERTIFICADO

Número 123

Fecha del Certificado 06/02/02

Nombre operador: Encar

Operación: 2162402 Modo auto

Fecha: 21/02/02

Barra: 06:02 auto

FIGURA 4.12: VENTANA DE INFORMACIÓN PRUEBA #2

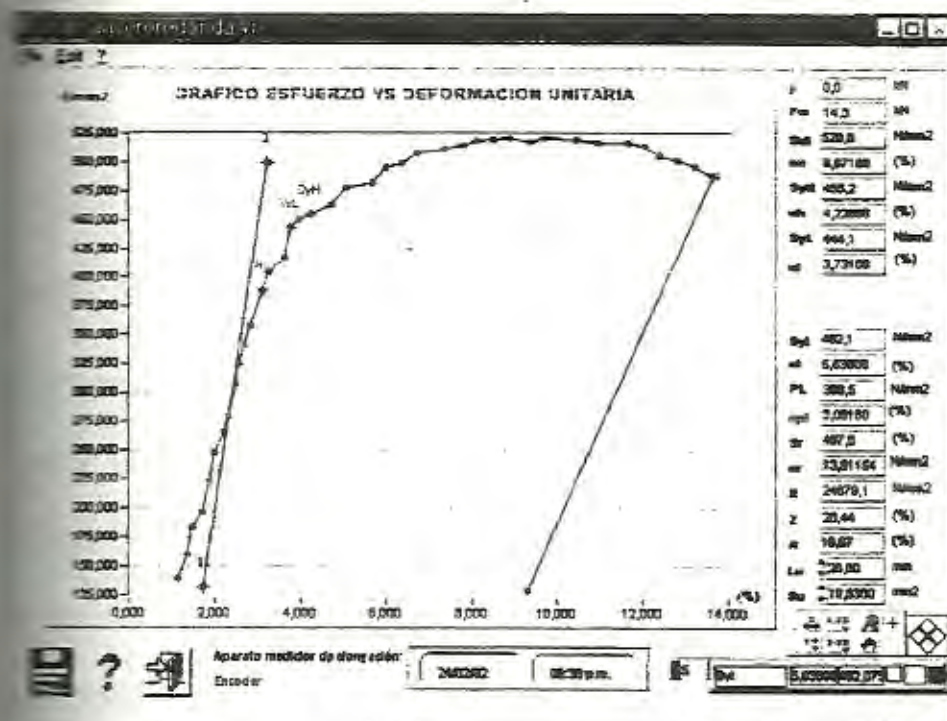


FIGURA 4.13: CURVA ESFUERZO VERSUS DEFORMACIÓN PRUEBA #2.



Los resultados obtenidos a partir del ensayo fueron los siguientes:

Parámetro	Dato	Unidad
$\sigma_{ut}$	520.6	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_y$	417.2	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	24679.1	N/mm <sup>2</sup>
$L$	28	mm
$A$	19.63	mm <sup>2</sup>
$\epsilon$	16.67	%
$\epsilon_c$	28.44	%

Según el manual del ingeniero mecánico los valores teóricos son los siguientes:

Parámetro	Dato	Unidad
$\sigma_{ut}$	448.1-620.5	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_y$	276-552	N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento máximo	15-30	%

Los resultados obtenidos en esta probeta fueron bastante buenos sin embargo el Módulo de Elasticidad siguió siendo muy alejado al valor teórico dado en el Manual del Ingeniero Mecánico de Marks.

Puedo concluir que el factor que más influenció en los resultados fue que la probeta no se encontraba totalmente centrada y pudo haber sufrido no solamente tensión sino además cargas excéntricas, las mordazas también se encontraban en mal estado y no agarraban bien a la probeta provocando resbalamiento de la misma.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones y recomendaciones

#### CONCLUSIONES:

Puede concluir que el registro de datos utilizando computadoras personales, presenta una solución conveniente, tanto desde el punto de vista de la versatilidad que brinda el sistema de procesamiento de datos, como el relativo bajo costo de implementación del sistema.

El sistema funciona, y se deja la posibilidad de seguir estudiando la aplicación del desarrollo de sistemas de adquisición de datos por computadoras a los demás equipos que se encuentran en los diferentes laboratorios de la Facultad de Mecánica.

Se logró sustituir el dispositivo convencional registrador de gráfica por el computador, lo cual implica mejor flexibilidad, rapidez y precisión.



- La curva obtenida presenta gran cantidad de puntos lo que implica tener como resultado una gráfica muy definida y muy parecida a la teórica.
- Mediante la instrumentación virtual se ha permitido manejar en forma integrada y coordinada la operación de los tres sensores-transductores de campo, demostrándose que es posible incorporar nueva tecnología a las experiencias de laboratorio.

#### RECOMENDACIONES:

- Se le puede incorporar al sistema un control de velocidad que permita controlar durante el ensayo de tensión la velocidad a la cual el cabezal móvil se desplaza. Además poder prender el equipo desde el computador.
- En los extensómetros no se debe intentar quitar la cubierta sellada: no manosear dicha cubierta ya que los strain gages pueden sufrir daños irreparables.
- Sería recomendable adquirir nuevos extensómetros tanto para probetas de sección redonda como de sección plana, aumentando así la posibilidad de ensayar probetas de diferentes dimensiones.
- Adquirir un anillo de carga con la finalidad de poder efectuar anualmente una calibración a la celda de carga para asegurar que las

mediciones dadas por este transductor sean confiables.

Montar las mordazas sujetadoras de tal manera que los centros de acción de dichas mordazas estén alineados al principio y durante el progreso del ensayo, y que no se introduzca ninguna flexión o torsión en la acción de las mordazas. Además el dispositivo debe estar adecuadamente diseñado para soportar las cargas y no debe moverse durante el ensayo.



## BIBLIOGRAFIA

BOPOV EGOR P., Introducción a la Mecánica de Sólidos, Limusa  
Omega Editores, México 1992.

SHOEN ROBERT L., Machine Design an Integrated Approach, Prentice  
Hall, Primera Edición USA 1997.

STANLEY JOSEPH F., Data Acquisition and Control Handbook a guide to  
hardware and software for computer based measurement and control  
systems, Quinta Edición, USA 1998.

SHOEN EDWIN JOHN, Resistencia de Materiales (Diseño de estructuras)  
McGraw-Hill, Nueva Editorial Iberoamericana 1984, Primera Edición.

SHOEN NICHOLAS, SHOEN JOHN T., ROLFE STANLEY, Resistencia  
de Materiales, McGraw Hill, Primera Edición Colombia 1984.



BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS G.'  
F. I. M. C. P.

ATZ BERROCAL LUIS, Resistencia de Materiales, McGraw Hill,  
Primera Edición, España 1997.

Enciclopedia Salvat de las Ciencias, tomo 15, Salvat, S.A. de Ediciones  
Barcelona

Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel  
Products A370, Annual Book of ASTM Standards Vol 03.01, Filadelfia

Standard Practices for Force Verification of Testing Machines, Annual  
Book of ASTM Standards Vol 03.01, Filadelfia 1989

Standard Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing,  
Annual Book of ASTM Standards Vol 03.01, Filadelfia 1989

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials,  
Annual Book of ASTM Standards Vol 03.01, Filadelfia 1989



Standard Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for  
Verifying the Force Indication of Testing Machines, Annual Book of ASTM  
Standards Vol 03.01, Philadelphia 1989

Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer,  
Annual Book of ASTM Standards Vol 03.01, Philadelphia 1989

Standard Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and  
Modulus, Annual Book of ASTM Standards Vol 03.01, Philadelphia

[www.ni.com](http://www.ni.com)

[www.measurementsgroup.com](http://www.measurementsgroup.com)

[www.engineering.ucsb.edu/~me15web/3\\_stress/stress\\_text\\_3-1-](http://www.engineering.ucsb.edu/~me15web/3_stress/stress_text_3-1-)

[www.ceor.princeton.edu/~radu/papers/const/node12.html](http://www.ceor.princeton.edu/~radu/papers/const/node12.html)

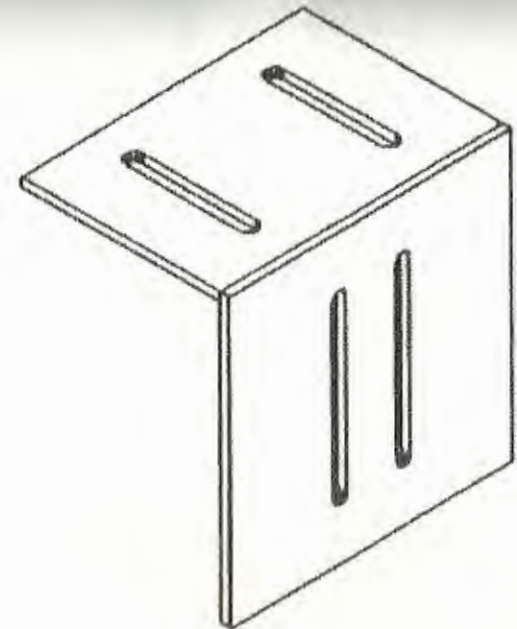
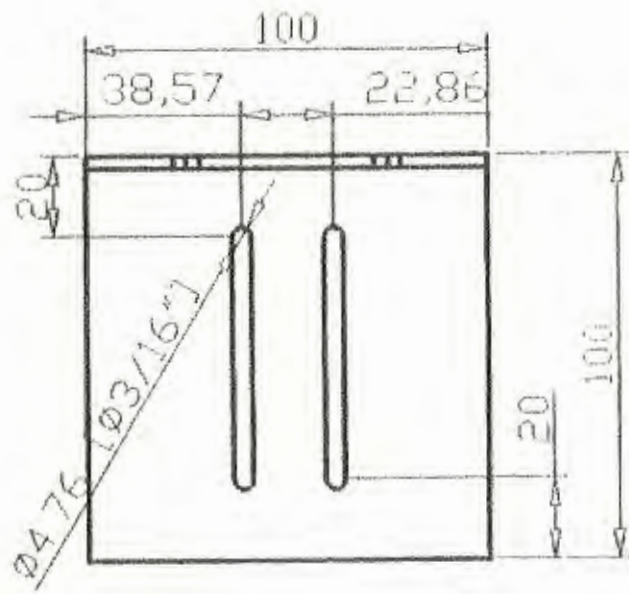
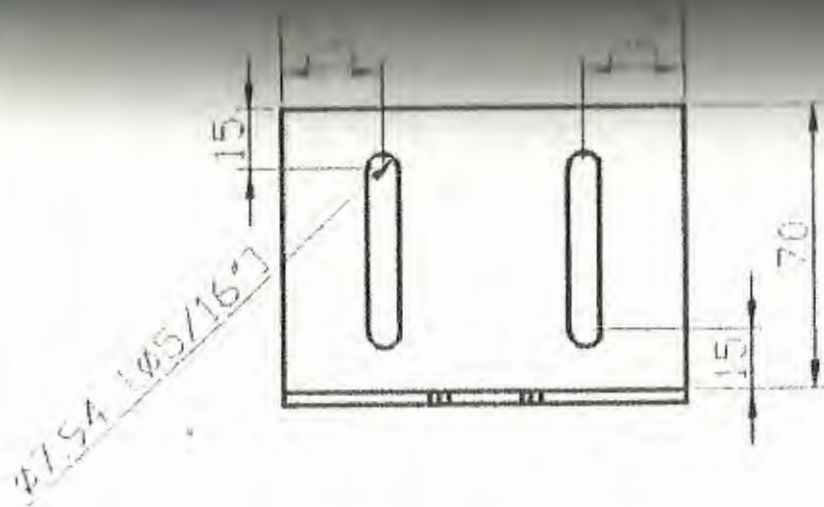
[www.instron.com](http://www.instron.com)

[http://www.engineering.ucsb.edu/~me15web/3\\_stress/stress\\_text\\_3-1-2.htm](http://www.engineering.ucsb.edu/~me15web/3_stress/stress_text_3-1-2.htm)

<http://physics.uwstout.edu/strength/stress/strs21.htm>

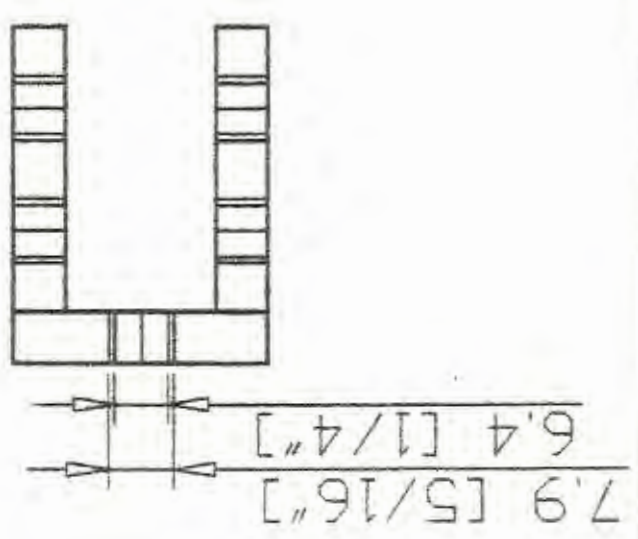
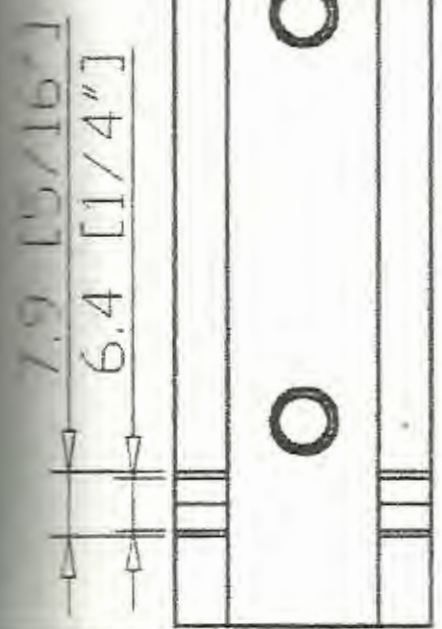
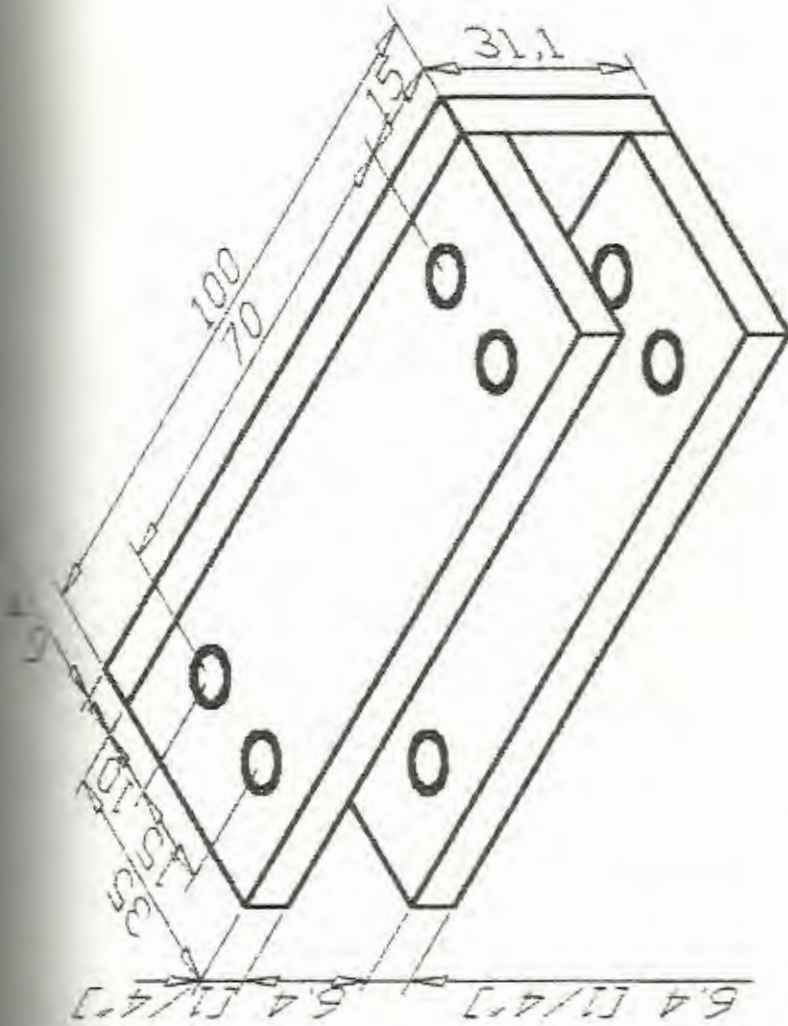


# PLANOS



<b>FIMCP – ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE	
		Dibujó	20/10/01	Bonifaz
PROYECTO: <b>SOPORTE OPTICO</b>		Revisó	20/10/01	F. Loayza
		Plano No:		1
	ESCALA:	CONTIENE:		
	1:2	PARTE 1		
MATERIALES:		Masa (kg)		
Acero Estructural				





FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: SOPORTE OPTICO		Dibujó	Boniñoz
ESCALA: CONTIENE: PARTE 2		Revisó	F. Loayza
MATERIALES: Acero Estructural		Plano No: 2	
1:1		Masa (kg)	

**APENDICES**



## APÉNDICE A

### TIPOS DE TRANSDUCTORES Y SU APLICACIÓN

TIPO DE TRANSDUCTOR Y CLASE DE TRANSDUCTOR	PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y NATURALEZA DEL DISPOSITIVO	APLICACIÓN TÍPICA
Resistencia: Transductores pasivos (con potencia externa)		
Potenciómetro mecánico	El posicionamiento de un cursor por medio de una fuerza externa varía la resistencia de un potenciómetro o un circuito puente.	Presión, desplazamiento.
Resistencia mecánica	La resistencia de un alambre o semiconductor cambia según la elongación o compresión debida a los esfuerzos aplicados externamente.	Fuerza, par, desplazamiento.
Sensor de temperatura caliente Medidor Pirani	La resistencia de un elemento caliente varía enfriándolo con flujo de gas.	Flujo de gas, presión de gas.
Termómetro de resistencia	La resistencia de un alambre de metal puro con un coeficiente de temperatura de resistencia positivo grande varía con la temperatura.	Temperatura, calor radiante.
Sensor	La resistencia de ciertos óxidos de metal con coeficiente de temperatura de resistencia negativo cambia con la temperatura.	Temperatura.
Termómetro de resistencia	La resistencia de una cinta conductiva se altera con el contenido de humedad.	Humedad relativa.
Resistencia Semiconductiva	La resistencia de una celda como elemento de circuito se modifica con la luz incidente.	Relevador fotosensible, luz.
Capacitancia		
Sensor de desplazamiento	Una fuerza aplicada externamente varía la distancia entre dos placas paralelas	Desplazamiento, presión

	radiactiva.	radiación.
emisión fotoemisiva	Hay una emisión de electrones debida a la radiación incidente en una superficie fotoemisiva.	Luz y radiación.
emisor multiplicador	La emisión de electrones secundarios es debida a la radiación incidente sobre un cátodo fotosensible.	Luz y radiación, relevadores fotosensibles.
termopar y termopila	Se genera una fem. por la unión de dos metales disímiles o semiconductores cuando la unión se calienta.	Temperatura, flujo de calor, radiación.
generador de voltaje móvil	El movimiento de una bobina en un campo magnético genera un voltaje.	Velocidad, vibración.
generador piezoeléctrico	Se genera una fem. cuando una fuerza externa se aplica a ciertos materiales cristalinos como el cuarzo.	Sonido, vibración, aceleración, cambios de presión.
generador fotovoltaica	Se genera voltaje en un dispositivo de unión semiconductor cuando la energía radiante estimula la celda.	Medidor de luz de luz, celda solar.