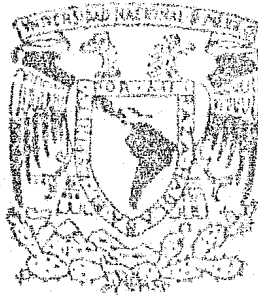


29
Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán"



Laboratorio de Pruebas.

Aplicación a Máquinas Universales y Diseño de un Manual
de Calidad

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a

José Salazar Rivero

Directora de Tesis: Dra. Mercedes Iruete-Alejandre



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
<u>INTRODUCCION</u>	2
 <u>CAPITULO I</u>	
<u>MAQUINAS UNIVERSALES PARA ENSAYE DE TENSION, COMPRESION Y DOBLADO</u>	4
<u>Introducción</u>	5
1. Principios de Operación y Forma en que han sido Construidas las Máquinas de Ensaye	5
1.1. Clasificación	5
1) Forma en que aplican la carga	6
a) Tipo hidráulico	6
b) Tipo de tornillos	6
c) Hidráulico y de tornillos	6
2) Dirección de aplicación de la carga	6
a) Tipo vertical	6
b) Tipo horizontal	6
3) Forma de medir la carga	6
a) Tipo de péndulo	7
b) Tipo de contrapeso móvil	7
c) Tipo de tubo de Bourdon	7
d) Tipo de elemento elástico	7
e) Tipo de celda de carga	7
4) Forma de indicar la carga	7
a) De tipo mecánico	7
b) Con servomecanismo electrónico	7
c) Con servomecanismo neumático	8
5) Forma de funcionamiento	8
a) Máquinas Universales de Ensaye	8
b) Máquinas para ensaye de tensión	8
c) Máquinas para ensaye de compresión	8
d) Máquinas para ensaye de doblado	8
6) Forma en que se operan	8
a) De tipo manual	8
b) De tipo totalmente automático	8
1.2. Estructura de la Unidad de Carga	8
1) Tipo hidráulico	8
2) Tipo tornillo	8
3) Ventajas de los tipos hidráulico y de tornillo	11
a) Ventajas de tipo tornillo	11
b) Ventajas de tipo hidráulico	11
1.3. Estructura de la Unidad Indicadora de Carga	12
1) Sistema indicador de carga del tipo de péndulo	12
2) Celda de carga hidráulica y tipo servoneumático	13
3) Tipo barra de torsión y autobalanceables	17

4) Tipo de péndulo pequeño y relación de palancas variables	21
5) Tipo contrapeso móvil y autobalanceo electrónico	21
6) Celdas de carga eléctricas y autobalanceo electrónico	24
a) Método de carga	24
b) Método de medición	26
7) Tipo de resorte de muelle y palanca óptica	26
8) Máquina Universal con indicador del tipo de tubos de Bourdon	27
9) Otros tipos	29
2. Estructura de las Máquinas de Ensaye	31
Estructura General	31
2.1. Unidad de carga	31
2.2. Sistema hidráulico	33
2.3. Mecanismo de medición de carga	36
2.4. Mecanismo de selección de rango	39
3. Método de Prueba	40
3.1. Pruebas de tensión para metales	41
1) Mordazas	41
a) Mordazas tipo cuña	41
b) Mordazas de tipo de respaldo y barra roscado de tensión	50
2) Probetas o especímenes de prueba	54
3) La velocidad de la prueba de tensión	59
4) Las velocidades de pruebas a altas temperaturas y a temperatura normal	65
5) Curvas esfuerzo-deformación	65
a) Incremento de cargas de tensión en las probetas	65
b) Método de medición para obtener el área de la sección original y la longitud de medición	68
c) Esfuerzo de fluencia	68
d) Resistencia de fluencia	69
e) Esfuerzo de tensión	70
f) Elongación	72
g) Reducción del área	75
6) Medida fina del alargamiento	75
a) Resistencia de fluencia, límite elástico y módulo de elasticidad E.	75
b) Medición del límite de fluencia	77
c) Medición del límite elástico	79
d) Medición del módulo de elasticidad	80
e) Medición del límite proporcional	80
f) Ejemplos de determinación de curvas de esfuerzo-deformación	81
7) Pruebas de tensión para productos metálicos derivados	81
3.2. Pruebas de tensión para materiales no metálicos	101
1) Hules	101
2) Papel	104

3) Materiales textiles	104
4) Maderas	104
5) Materiales plásticos	104
3.3. Pruebas de compresión	106
1) Descripción general	106
2) Accesorios para pruebas de compresión	106
3) Descripción de la prueba de compresión	108
a) Metales	108
b) Mortero	108
c) Concreto	108
d) Plásticos	108
e) Balas de acero	109
f) Tubos hidráulicos	109
g) Llantas	109
h) Hule antivibratorio	109
i) Estructuras	109
4) Compresómetros	109
3.4. Pruebas de flexión y doblado	114
1) Prueba de flexión para metales	114
2) Prueba de doblado	114
i) Método de doblado por empuje	118
ii) Método de doblado guiado	118
3) Resistencia a la flexión del concreto	118
4) Otros tipos de pruebas de doblado	124
3.5. Otras aplicaciones de la prueba	124
1) Prueba de corte	125
2) Prueba de dureza	125
3) Prueba de ductilidad interna	125
4) Prueba de extrusión y rayado	129
5) Prueba de ruptura para materiales quebradizos	129
4. Procedimientos de Operación	130
4.1. Procedimientos para obtener la gráfica carga-deformación	132
4.2. Para una prueba continua	132
Puntos a verificar antes de la prueba	133
5. Pruebas Especiales	134
6. Verificación	135
6.1. Descripción	135
6.2. Como determinar los errores de las máquinas de ensaye	136
Como verificar máquinas de ensaye	136
a) Método de medición por taras verificadas	136
b) Método de medición con dispositivos elásticos de calibración	136
I) Anillos de prueba (redondo u oval)	136
II) Caja de normalización (calibración)	136
c) Método de medición empleando palancas verificadas	136
6.3. Causas de error	137
1) Fricciones mecánicas del dinamómetro	137

2) Fricción en la unidad de carga	139
3) Cualquier aditamento extraño en el disco de graduación	139
4) Desajuste en la banda de suspensión de acero en el eje del péndulo	139
5) Inexactitud en la línea central del eje del péndulo	139
6) Inclinación de la planca del dinamómetro	139
6.4. Formato para registro de los datos de medición	139
1) Tabla de referencia para la precisión	140
a) Cifras en la tabla	140
b) Constantes	140
c) Lectura (valores medidos)	140
d) Diferencia	144
e) Sensibilidad	144
f) Temperatura	144
2) Curva de error	144
6.5. Como verificar la exactitud de la carga	146
1) Orden de la medición	146
2) Cuidados adicionales	147
6.6. Tipos de errores	148
1) Clasificación	148
2) Características de errores	150
6.7. Corrección de errores	150
1) Teoría de la corrección de errores	150
2) Relación de corrección de las cuchillas para cambio de rangos	155
6.8. Como corregir errores	156
1) Para errores negativos o en menos para cualquier rango	156
2) Para errores positivos o de más en cualquier rango	156
3) Para errores negativos o de menos en un sólo rango	156
4) Para errores positivos o de más para un sólo rango	160
5) Para errores positivos o de más durante el decremento	160
6) Para errores en el incremento	162
7) Para curvas de error cóncavas, convexas o irregulares	162
8) En caso de que la mayoría de los errores sean negativos o en menos	162
9) En caso de que la mayoría de los errores sean positivos o de más	163
10) Como distinguir entre un error al incremento y la mayoría de errores negativos o de menos	163
11) Síntesis	165
12) En caso de un error extremadamente grande en un sólo punto	165

6.9. Análisis en ejemplos	165
1) Tipo hidráulico para 10 toneladas	166
2) Tipo hidráulico para 30 toneladas	166
3) Tipo hidráulico para 30 toneladas	166
7. Como Corregir y Reparar	172
7.1. Como limpiar los baleros de dimensiones pequeñas	172
1) Baleros existentes dentro del dinamómetro	172
2) Descomposturas	172
3) Como limpiarlos	172
4) Reparación	174
7.2. Ajustes en el amortiguador	174
7.3. Corrección de la fricción en el pistón de medición	175
7.4. Corrección de la fricción en el pistón de carga	176
7.5. Corrección de la fricción en los podamientos guía	178
8. Inspección (Detección de Problemas)	179
8.1. Observe la posición del aguja indicadora de carga cuando el pistón está en descanso	179
8.2. Problemas en la aguja indicadora de carga cuando el pistón se mueve	179
8.3. Cuando el ajuste a cero no puede efectuarse	185
8.4. Cuando el cable que gira la aguja indicadora de carga se sale de posición	185
8.5. Cuando el seguro de sobrecarga falla en operar dentro de los valores deseados	185
8.6. Cuando la aguja indicadora de carga máxima se mueve con dificultad o demasiado fácilmente	185
8.7. Cuando la indicación de cero varía al actuar el pistón ..	185
8.8. Problemas en las sujeciones	187
8.9. Cuando la instalación de la máquina no fue hecha a nivel	187
8.10. Cuando la sensibilidad de la carga no es correcta	187
9. Diseño	189
9.1. Unidad indicadora de carga	189
1) Las ventajas mecánicas	189
2) Aplicación de nuevos mecanismos	189
3) Ejemplo de diseño de una unidad indicadora de carga	190
9.2. Unidad de carga	192
1) Cálculo de la potencia de operación de la bomba de aceite	192
2) Motor para el ajuste del cabezal	193
3) Cálculo de las columnas de la unidad de carga	193
4) Cálculo de la resistencia de los husillos	193
5) Cálculo de la resistencia de la mesa	193
6) Cálculo de la resistencia de la base y el cabezal	195
9.3. Otros diseños	195

CAPITULO II

DISEÑO DE UN MANUAL DE CALIDAD DE UN LABORATORIO ...	197
<u>Introducción</u>	198
Modelo para Elaborar el Manual	200
I. Índice	200
0. Consideraciones generales	200
1. Política de calidad	201
2. Presentación del laboratorio	201
3. Recursos humanos	202
3.1. Estructuras existentes en el laboratorio	202
3.2. Capacitación, entrenamiento e información	202
3.3. Secrecía profesional	203
3.4. Visitantes	203
3.5. Seguridad	203
4. Recursos materiales	203
4.1. Inventario de instrumentos, Expedientes individuales	204
4.1.1. Inventario general	204
4.1.2. Expedientes individuales	204
4.1.3. Identificación con el equipo	205
4.1.4. Mantenimiento	205
4.1.5. Calibración y verificación de instrumentos	206
4.2. Proveedores	207
5. Condiciones de prueba	207
6. Métodos de prueba	208
7. Control de documentos	209
8. Manejo de artículos que van a ser probados	209
9. Preparación y seguimiento de la secuencia de prueba	210
10. Las pruebas mismas y como verificarlas	210
10.1. La prueba	210
10.2. Control de la prueba	211
11. Informes de resultados	211
12. Acciones preventivas y correctivas	212
12.1. Qué hacer en caso de deficiencia	212
12.2. Pruebas de intercomparación entre laboratorios	213
12.3. Auditorías internas	213
12.4. Seguridad del laboratorio	213
II. Glosario de Términos	214
III. Validez	215

CAPITULO III

COMENTARIOS Y DISCUSIONES	217
---------------------------------	-----

CAPITULO IV

CONCLUSIONES	221
--------------------	-----

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA	225
--------------------	-----

APENDICES - Guía ISO 25.	228
-------------------------------	-----

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	<u>Página</u>
Figura 1.1	Esquema de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de aplicación de carga del tipo hidráulico. 9
Figura 1.2	Esquema de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de aplicación de carga del tipo de tornillos. 9
Figura 1.3	Diagrama de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de aplicación de carga del tipo de tornillos. 10
Figura 1.4	Diagrama de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con mecanismo de medición de tipo péndulo. 14
Figura 1.5	Máquina universal de ensaye equipada con dispositivo de medición a base de celda de carga hidráulica y servomotor neumático, tipo Baldwin. 15
Figura 1.6	Diagrama de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de medición de tipo de celda de carga hidráulica y servomecanismo neumático. 16
Figura 1.7	Diagrama descriptivo de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de medición del tipo de barra de torsión (marca Olsen). 18
Figura 1.8	Diagrama esquemático de los indicadores de carga de tipo electrónico, aplicados a máquinas universales de ensaye electrónicas, equipadas con sistemas de medición a base de tubo de Bourdon y barras de torsión. 19
Figura 1.9	Diagrama esquemático de una máquina universal de ensaye equipada con mecanismo de medición del tipo de barra de torsión. 20
Figura 1.10	Diagrama del funcionamiento de un sistema de medición de fuerzas, empleando un péndulo pequeño y palanca de relación intercambiable, aplicable a máquinas universales de ensaye. 22
Figura 1.11	Diagrama del funcionamiento de un sistema de medición a base de dispositivos electrónicos balanceables y contrapeso-móvil, aplicable a máquinas universales de ensaye. 23
Figura 1.12	Máquina universal de ensaye equipada con dispositivo de medición a base de celda de carga electrónica. .. 25

	<u>Página</u>
Figura 1.13	Diagrama de operación de un sistema de medición de carga del tipo de resorte de hoja y elevador óptico, aplicable a máquinas universales de ensaye. 28
Figura 1.14	Máquina universal de ensaye equipada con mecanismos de medición del tipo de tubo de Bourdon, con capacidad para 60,000 libras. 30
Figura 2.1	Máquina universal de ensaye del tipo hidráulico, con capacidad para 200 toneladas. 32
Figura 2.2	Diagrama de un eliminador de impactos. 34
Figura 2.3	Diagrama de funcionamiento del sistema hidráulico de una máquina de ensaye. 35
Figura 2.4	Detalle descriptivo de un mecanismo de medición de carga, en el que se emplea un péndulo pequeño y palanca de relación variable. 37
Tabla 3.1	Lista de normas KS para pruebas en materiales. 41
Tabla 3.2	Lista de normas ISO para aceros. 42
Tabla 3.3	Lista de normas ASTM, para aceros. 43
	Pruebas para determinación de propiedades mecánicas.
Figura 3.1	Diversos tipos de sujeciones para pruebas de tensión. 46
Figura 3.2	Diagrama descriptivo de la ejecución de una prueba de tensión. 47
Figura 3.3	Muestra de la posición correcta de mordazas y probeta en el mecanismo de sujeción, durante una prueba de tensión. 48
Figura 3.4	Posición incorrecta. 48
Figura 3.5	Uso de calzas y mordazas en pruebas de tensión. 49
Figura 3.6	Posición más desfavorable de las mordazas durante una prueba de tensión. 49
Figura 3.7	Diagrama descriptivo del uso de mordazas para probetas formadas con extremos con respaldo. 51
Figura 3.8	Diagrama descriptivo del uso de mordazas para probetas formadas con extremos roscados. 52
Figura 3.9	Diagrama descriptivo de las mordazas que se emplean para probetas planas delgadas y alambres. 53

Figura 3.10	Probeta N ^o 14A	55
Figura 3.11	Probeta N ^o 14B	56
Figura 3.12	Probeta N ^o 13	57
Tabla 3.4	Probetas: tolerancia de maquinado.	58
Figura 3.13	Diversos tipos de probetas comunes redondeadas normalizadas para pruebas de tensión.	60
Figura 3.14	Cambio en el límite de fluencia ó 0,2% del esfuerzo de prueba con relación de deformación.	62
Figura 3.15	Curva típica esfuerzo-deformación para aceros que presentan un esfuerzo de prueba.	63
Tabla 3.5	Velocidad de prueba a temperatura ambiente.	64
Tabla 3.6	Velocidad de prueba a altas temperaturas.	66
Figura 3.16	Curvas de esfuerzo-deformación. Ilustración de la zona de fluencia (ISO/R82).	67
Figura 3.17	Curva de esfuerzo-deformación	67
Figura 3.18	Curva esfuerzo-deformación	71
Figura 3.19	Claro CP.	73
Figura 3.20	Fractura en B.	73
Figura 3.21	Ruptura dentro de 1/4 de la longitud de medición. ..	73
Figura 3.22	Divisor de la medida de longitud.	76
Tabla 3.7	Clasificación de extensómetros (ASTM E83). Las figuras 3.23 a 3.40 muestran las determinaciones de curva de esfuerzo-deformación de diversos materiales sometidos a pruebas de tensión, utilizando graficadores electrónicos.	78
Figura 3.23	Acero al carbón.	82
Figura 3.24	Acero al carbón.	83
Figura 3.25	Acero al carbón.	84
Figura 3.26	Acero para resortes.	85
Figura 3.27	Acero fundido al carbón.	86
Figura 3.28	Fundición de hierro gris.	87

	<u>Página</u>
Figura 3.29	Fundición de hierro con grafito esferoidal. 88
Figura 3.30	Acero para herramientas. 89
Figura 3.31	Acero para herramientas. 90
Figura 3.32	Acero con aleación de níquel-cromo. 91
Figura 3.33	Acero con aleación de níquel-cromo. 92
Figura 3.34	Barra de aluminio. 93
Figura 3.35	Fundición de aluminio aleado. 94
Figura 3.36	Barra de bronce. 95
Figura 3.37	Aluminio aleado de alta resistencia. 96
Figura 3.38	Bronce fosforado. 97
Figura 3.39	Barra de cobre. 98
Figura 3.40	Resina acrílica. 99
Figura 3.41	Máquina de ensaye para pruebas de tensión del tipo horizontal, para pruebas de cables. 100
Tabla 3.8	Aleaciones para varias probetas comunes. 102
Figura 3.42	Extremo del cable. 103
Figura 3.43	Mordaza para cadena. 103
Figura 3.44	Mordaza para materiales textiles (tipo de asiento esférico y tipo fijo). 103
Figura 3.45	Máquina para pruebas de tensión, para cables de materiales químicos sintéticos. 105
Figura 3.46	Platina de compresión con asiento esférico. 107
Figura 3.47	Dispositivos para pruebas de compresión (ASTM). .. 107 a) Mesa de inclinación ajustable. b) De prensa auxiliar.
Figura 3.48	Dispositivo para pruebas de compresión para balas de acero. 110
Figura 3.49	Máquina de ensaye para prueba de llantas de 50 toneladas de capacidad. 110
Figura 3.50	Máquina de ensaye con marco de carga de grandes dimensiones, para 500 toneladas. 111

Figura 3.51	Compresómetro para madera con indicador de carátula.	112
Figura 3.52	Compresómetro para concreto con indicador de carátula.	113
Tabla 3.9	Tamaño de las probetas comunes para pruebas de flexión de metales.	115
Figura 3.53	Prueba de flexión.	116
Figura 3.54	Prueba de doblado.	117
Tabla 3.10	Tamaño de las probetas comunes para prueba de doblado de metales.	119
Figura 3.55	Prueba de doblado-Método de doblado por empuje. ...	120
Figura 3.56	Prueba de doblado-Método de doblado por enrollamiento.	121
Figura 3.57	Diagrama del aparato para pruebas de flexión de concreto por el método de carga en los tercios.	121
Figura 3.58	Dispositivo para efectuar pruebas de flexión al concreto, por el método de aplicación de cargas en los tercios del claro.	122
Figura 3.59	Dispositivo para prueba de esfuerzo cortante.	126
Figura 3.60	Dispositivo para pruebas de dureza Brinell.	127
Figura 3.61	Dispositivo para pruebas de ductilidad interna.	128
Figura 4.1	Tablero de control de la máquina de ensaye.	131
Figura 6.1	Medición por taras verificadas.	138
Figura 6.2	Dispositivo elástico de prueba.	138
Tabla 6.1	Valores de medición para la verificación de máquinas, para pruebas de tensión y compresión.	141
Tabla 6.2	Tabla de referencia para la precisión.	142
Tabla 6.3	Trazo de gráficas de error.	143
Figura 6.3	Curvas de error.	145
Figura 6.4	Curvas de error.	149
Figura 6.5	A) Carro del indicador de carga. B) Marco corrector.	151
Figura 6.6	Variación de la relación de corrección.	153
Figura 6.7	Modificación de la curva de error.	153

		<u>Página</u>
Tabla 6.4	Relación de corrección.	154
Figura 6.8	Relación de corrección de las cuchillas para el cambio de rangos.	155
Tabla 6.5	Relación de corrección en caso de un error de corrección = 1%.	157
Figura 6.9	Errores negativos o en menos para cualquier rango.	158
Figura 6.10	Referencias para corrección de las cuchillas.	158
Tabla 6.6	Relación de corrección en caso de un error de corrección = 1%.	159
Tabla 6.7	Angulo de corrección.	161
Figura 6.11	Marco corrector.	164
Figura 6.12	Errores significativos en menos.	164
Figura 6.13	Error extremadamente grande en un sólo punto.	164
Figura 6.14	Ciclo de carga y descarga.	167
Figura 6.15	Ciclo de carga y descarga.	167
Figura 6.16	Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 10 toneladas.	168
Figura 6.17	Ejemplo de medición de una máquina hidráulica de 30 toneladas.	169
Figura 6.18	Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 50 toneladas N ^o 1.	170
Figura 6.19	Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 50 toneladas N ^o 2.	171
Figura 6.20	Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 50 toneladas N ^o 3.	171
Figura 7.1	Limpieza de baleros (inmersión en solventes).	173
Figura 7.2	Limpieza de baleros (con compresora).	173
Figura 7.3	Prueba de función del balero.	173
Figura 7.4	Extracción y colocación del pistón de carga.	177
Figura 7.5	Extracción y colocación del pistón de carga.	177

Figura 8.1	Vista posterior de un dinamómetro con sistema de palancas intercambiables y péndulo pequeño.	180
Figura 8.2	Forma de nivelar el dinamómetro.	181
Figura 8.3	Graficador de tambor giratorio y plumilla desplazable.	181
Figura 8.4	Carro del indicador de carga.	182
Figura 8.5	Amortiguador del péndulo.	183
Figura 8.6	Carro indicador de carga-forma de colocar el cable para desplazar el indicador de carga.	183
Figura 8.7	Sistema de amortiguación entre husillos y base.	184
Figura 8.8	Ilustración del sistema de palanca variable.	186
Figura 8.9	Equilibrador de fricción.	188
Figura 9.1	Descripción y dimensiones de las partes de la unidad indicadora de carga del tipo hidráulico.	191
Figura 9.2	Dimensiones de las columnas de la unidad de carga.	194
Figura 9.3	Sección transversal de la mesa de carga.	194
Figura IV.1	Flujograma de la secuencia de eventos durante una serie controlada de mediciones de laboratorio.	222
Figura IV.2	Elementos de calidad.	223

INTRODUCCION

INTRODUCCION

En este trabajo describiremos en la primera parte, la forma en que han sido construidas algunas máquinas universales de ensaye, que se utilizan en: laboratorios de verificación, de control de calidad, áreas de enseñanza o en general en la investigación de materiales.

Analizamos y describimos sus diseños para explicarnos su funcionamiento y sus aplicaciones en pruebas de tensión, compresión, flexión, doblado y ductilidad. Pruebas que nos permiten conocer las características de comportamiento de materiales tan diversos como: metales, concretos, maderas, textiles, hules, etc.

Nuestra intención es colaborar en el adiestramiento de operadores, alumnos, profesores y todas aquellas personas involucradas en el uso y mantenimiento de este tipo de maquinaria; presentando ejemplos comunes, entre las formas más conocidas que existen, del como aplicar correctamente grandes fuerzas sobre los materiales y medir sus efectos con precisión.

Hacemos referencia también, a algunos métodos de prueba que se encuentran normalizados, ya sea por normas internacionales, extranjeras o nacionales.

En la segunda parte de la tesis, estimamos necesario, complementar la función de realizar las pruebas (determinación de calidad), con la del control de su ejecución (control de calidad), es decir, lograr la exactitud y precisión correspondiente al método elegido, para un determinado tipo de máquina; y al mismo tiempo, conseguir confiabilidad en los resultados.

Para ello, proponemos un "Manual de Control de Calidad", que puede ser utilizado en un laboratorio de pruebas mecánicas y de manera genérica, también pueda aplicarse a muy diversos tipos de laboratorios.

CAPITULO I

MAQUINAS UNIVERSALES PARA PRUEBAS DE

TENSION, COMPRESION Y DOBLADO

MAQUINAS UNIVERSALES PARA PRUEBAS DE TENSION, COMPRESION Y DOBLADO

Introducción

El diseño de las MAQUINAS DE ENSAYE DE TIPO UNIVERSAL, tiene como propósito el que al utilizarlas, se puedan hacer con ellas pruebas -- (ensayos) de tensión, compresión, flexión o doblado en especímenes (probetas) de materiales metálicos o no metálicos provenientes de materias -- primas o de productos terminados, con el objeto de conocer su resistencia cuando se les aplican CARGAS ESTATICAS y algunas propiedades características de cada material. El trabajo de estas máquinas puede aplicarse de manera muy amplia en trabajos de investigación y de control de calidad.

En este estudio, se intenta analizar algunos tipos de MAQUINAS UNIVERSALES DE ENSAYE, de modelos existentes en nuestro medio, explicando como han sido construidas y que tipos de accesorios se utilizan para ampliar sus posibilidades normales de trabajo, tratando de explicar como -- utilizarlas y como efectuar pruebas con ellas.

1. PRINCIPIOS DE OPERACION Y FORMA EN QUE HAN SIDO CONSTRUIDAS LAS MAQUINAS UNIVERSALES DE ENSAYE.

1.1. Clasificación.

Existen actualmente en operación diversos tipos de máquinas de ensaye, de fabricación extranjera o nacional, con características propias de cada una de ellas.

La clasificación que se hace a continuación, se da en base a los tipos de máquinas conocidos.

(1) Forma en que aplican la carga.

a) Tipo Hidráulico (Hidráulicas).

Adecuadas para el ensaye de probetas que presentan deformaciones relativamente pequeñas y que tienen gran capacidad de carga.

b) Tipo de Tornillos (Mecánicas).

Ideales para pruebas en que se registran deformaciones grandes y que requieren que la velocidad de aplicación de la carga -- también sea grande.

c) Hidráulico y de Tornillos.

Adecuadas para pruebas de materiales que presentan gran capacidad de deformación y comparativamente mayor capacidad de carga.

(2) Dirección de aplicación de la carga.

a) Tipo Vertical.

Adecuadas para la mayoría de las pruebas de materiales.

b) Tipo Horizontal.

Ideales para la prueba de especímenes que tienen gran tamaño o gran capacidad de alargamiento bajo carga.

(3) Forma de medir la carga.

La clasificación de las Máquinas Universales de Ensaye, tomando como base este criterio, es muy difícil de hacer, ya que pueden hacerse muchas combinaciones con diferentes elementos. Sin embargo, se puede hacer de manera general la siguiente división, basada en las formas en que se hace el registro de las cargas aplicadas, relacionán

dolas con partes principales de las máquinas:

a) Tipo de Péndulo.

- i) Lectura directa del ángulo de giro hacia arriba de un péndulo, en una escala con divisiones desiguales.
- ii) Escala de divisiones iguales.
- iii) Péndulo pequeño y tipo especial de selector de rango.

b) Tipo de Contrapeso Móvil.

- i) Manual o con motor encendido-apagado (On-Off).
- ii) Con autobalance electrónico.

c) Tipo de Tubo de Bourdon.

- i) Tipo directo. Comunes, sistema igual al de los manómetros.
- ii) Tipo neumático. Usado junto con un resorte helicoidal iso-elástico (ver d,iii).
- iii) Tipo autobalanceado electrónico. Normalmente acoplado a un transformador diferencial.

d) Tipo de Elemento Elástico (resorte y barra de torsión).

- i) La mayoría con barra de torsión y transformador diferencial.
- ii) Tipo muelle.
- iii) Tipo resorte helicoidal.

e) Tipo de celda de carga.

- i) Tipo de celda de carga hidráulica. La mayoría con una combinación de tubo de Bourdon (manómetro).
- ii) Tipo celda de carga eléctrica. La mayoría con dispositivo de medición de carga, a base de celdas eléctricas para medir deformaciones.

(4) Forma de indicar la carga.

a) De tipo mecánico.

b) Con servomecanismo electrónico.

(c) Con servomecanismo neumático.

(5) Forma de funcionamiento.

- a) Máquinas Universales de Ensaye.
- b) Máquinas para Pruebas de Tensión.
- c) Máquinas para Pruebas de Compresión (la mayoría con aditamentos para Prueba de Doblado).
- d) Máquinas para Pruebas de Doblado.

(6) Forma en que se operan.

- a) De tipo manual.
- b) De tipo semiautomático, con control automático de carga.
- c) De tipo totalmente automático.

1.2. Estructura de la Unidad de Carga.

Dependiendo del método de aplicación de carga, se clasifican en dos tipos básicos, hidráulico y de tornillos.

(1) Tipo hidráulico.

Como se muestra esquemáticamente en la figura 1.1, el aceite enviado desde la bomba, alimenta el cilindro, regulado por las válvulas de control de carga. El pistón se eleva debido a presiones hidráulicas de entre 100 y 400 kg/cm^2 , para la aplicación de carga sobre la probeta. La carga puede ser registrada por medio de un indicador de carátula, en que se haga la transformación de la presión del cilindro a unidades de fuerza.

(2) Tipo tornillo (del tipo de palancas).

Como se muestra en la figura 1.2, la rotación de un motor de velo-

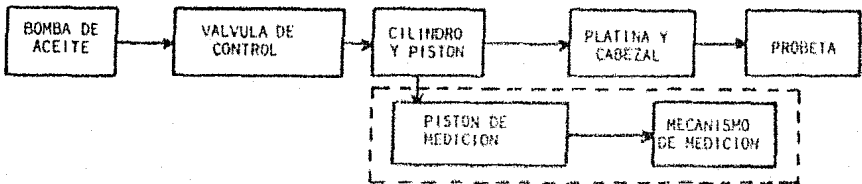


Figura 1.1) Esquema de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de aplicación de carga del tipo hidráulico.

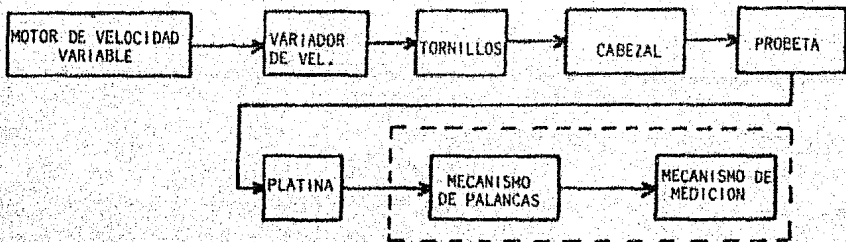


Figura 1.2) Esquema de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de aplicación de carga del tipo de tornillos.

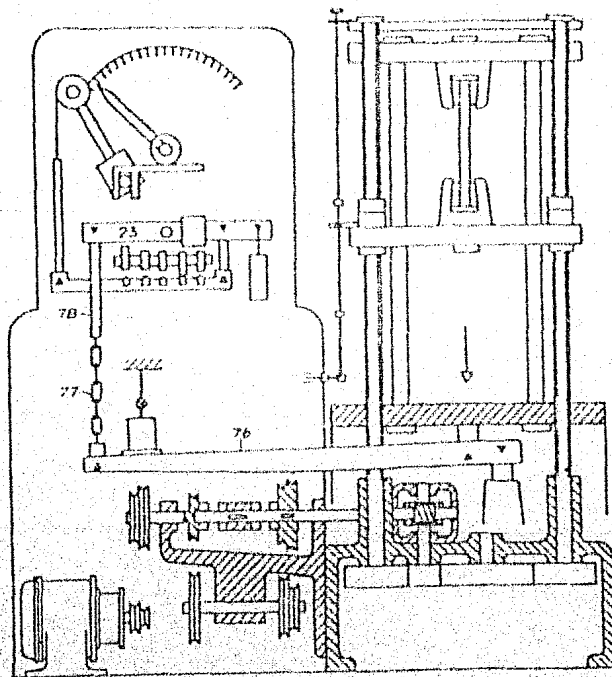


Figura 1.3) Diagrama de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de aplicación de carga del tipo de tornillos.

cidad variable, es transmitida a las columnas roscadas, las cuales a su vez hacen descender los cabezales con los que se aplica carga sobre la probeta. El sistema motriz puede incluir entre otros, motores de conmutador, de corriente directa, de velocidad variable, servomotores, trabajando algunas veces en combinación con reductores de velocidad. Las cargas se miden generalmente utilizando mecanismos a base de palancas, de ahí su nombre, de tipo de palancas. (Ver figura 1.3).

(3) Ventajas de los tipos hidráulico y de tornillos.

Estos dos tipos tienen las ventajas y desventajas que se mencionan a continuación:

Por las marcadas diferencias existentes en la unidad de carga y en la unidad indicadora de carga, la elección de cualquiera de los dos tipos de máquina, debe hacerse considerando sus posibles aplicaciones.

a) Ventajas del tipo tornillo.

- i) Mayor longitud de desplazamiento (carrera), durante la aplicación de la carga.
- ii) La velocidad de carga es independiente del efecto de la temperatura.
- iii) Ningún incremento en la velocidad de carga produce errores en la medición de carga.

b) Ventajas del tipo hidráulico.

- i) Se pueden hacer incrementos pequeños de carga con suavidad relativa.

- ii) La carga es fácilmente controlable con alta eficiencia.
- iii) Se produce menos inercia cuando la velocidad de aplicación de carga se altera.
- iv) La instalación de las unidades de carga y las unidades indicadoras de carga, puede hacerse separadamente y la conexión de ambas, puede lograrse fácilmente por medio de tubos alimentadores de aceite.

De manera general puede decirse que las máquinas de tipo de tornillos son ideales para efectuar pruebas con deformaciones largas y velocidades de aplicación de carga también grandes (150 mm/min o más), mientras que las del tipo hidráulico se aplican a pruebas de metales en general, de cementos, de resinas sintéticas y de otros especímenes, cuyas deformaciones son relativamente pequeñas (aproximadamente 300 mm o menos).

1.3. Estructura de la unidad indicadora de carga.

La estructura de la unidad indicadora de carga, puede considerarse un factor tan importante, como para que en base a sus componentes se determine el nombre del tipo de una máquina en particular. Hay que considerar que existe una gran variedad de máquinas en el mundo y que un mismo fabricante produce con frecuencia diferentes tipos de componentes esenciales.

A continuación vamos a proporcionar una breve descripción de los más representativos:

(1) Sistema Indicador de carga del tipo de péndulo.

La presión de los cilindros hidráulicos actúa también en el cilindro de medición y por lo tanto, levanta el péndulo hacia arriba, utilizan

do un mecanismo muy simple, como el que muestra en la figura 1.4, para lograr una medición balanceada. Este método involucra una gran inercia resultante de utilizar un péndulo de tamaño considerable, el cual tiene una respuesta lenta; sin embargo, como un mecanismo de este tipo opera con un sistema de trabajo tan simple, muchos fabricantes de estas máquinas se han apoyado en el indicador de carga del tipo de péndulo por muchos años.

- (2) Celda de carga hidráulica y tipo servoneumático (fabricada por --- Baldwin).

Este sistema de medición de cargas, opera con un mecanismo servoneumático. La presión del aceite que actúa en el cilindro se usa --- solamente para la aplicación de carga en las probetas, mientras que la medición de las cargas se hace empleando una celda de carga hidráulica. Las figuras 1.5 y 1.6, muestran el sistema indicador de carga. Al producirse un incremento en la presión de la celda de carga hidráulica, esta a su vez la transmite al interior del tubo de Bourdon, haciendo que la punta de éste, se mueva hacia arriba. La compuerta colocada en esta punta, mantiene la corriente de aire "cerrada" la mayoría del tiempo, pero cuando es forzada a abrirse, el aire fluye, y la presión del fuelle baja haciendo que éste se contraiga, y jale el resorte de medición, mediante la barra de conexión de modo que la punta del tubo de Bourdon pueda regresarse hasta su posición original.

La fuerza involucrada en dicho balance, es aplicada a través de los resortes de medición. Para lograr la indicación de carga, se coloca un engrane en la varilla, en la barra de conexión para hacer girar

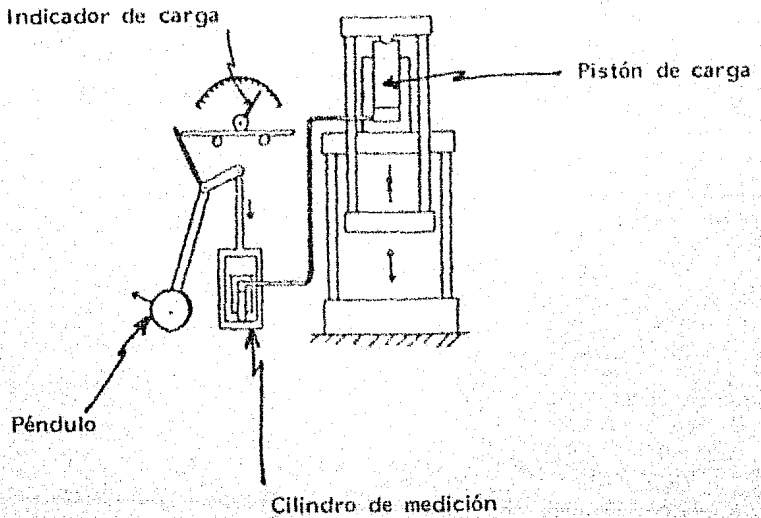


Figura 1.4) Diagrama de funcionamiento de una máquina universal de ensaye equipada con mecanismo de medición de tipo péndulo.

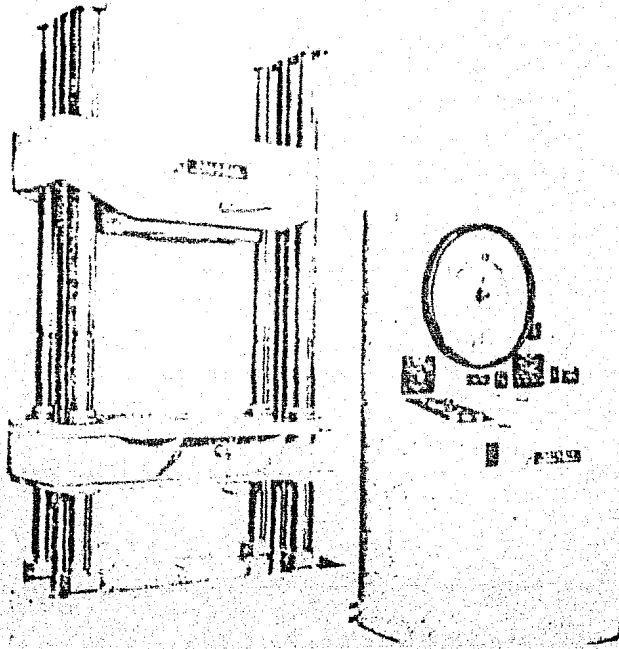


Figura 1.5) Máquina universal de ensaye equipada con dispositivo de medición a base de celda de carga hidráulica y servomotor neumático, tipo Baldwin.

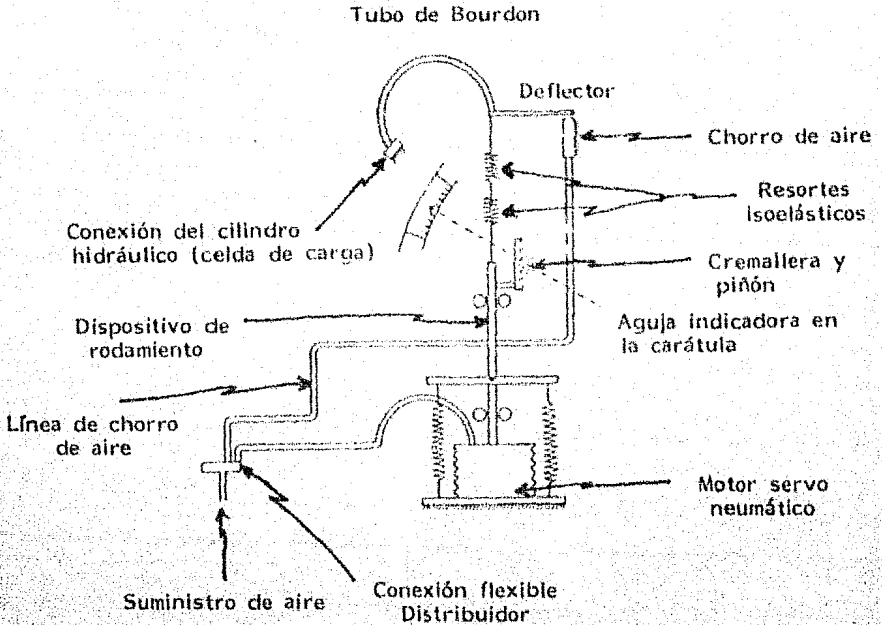


Figura 1.6) Diagrama de funcionamiento de una máquina universal de ensaye, equipada con sistema de medición de tipo de celda de carga hidráulica y servo mecanismo neumático.

un piñón acoplado a la flecha de la aguja indicadora. Entre las -- ventajas resultantes de aplicación de este sistema tenemos:

- a) El uso de celdas de carga hidráulicas, evita indicaciones de cargas provenientes o resultantes de una fricción entre el cilindro de carga y el pistón.
 - b) El sistema de método de balance a cero con unidades indicadoras de carga, proporciona mayor exactitud de medición.
 - c) Las indicaciones tardías debidas a la inercia, se eliminan y se consigue un mayor seguimiento de la prueba.
- (3) Tipo barra de torsión y autobalanceables.

Como se muestra en las figuras 1.7, 1.8 y 1.9, el elemento de medición de carga incorpora una barra de torsión y la deflexión de ésta, puede detectarse valiéndose de un transformador diferencial. La diferencia de voltaje entre este transformador y otro transformador diferencial activado por una leva colocada en el eje de la aguja indicadora, puede amplificarse haciendo que el servomotor gire y a su vez haga girar el indicador de carga.

Puesto que el servomecanismo no se basa en el método cero, las -- propiedades de los transformadores diferenciales tienen una mayor influencia en el registro de cargas en una forma directa, de modo que el uso de transformadores de gran exactitud, es fundamental. Con éstos, se consigue una respuesta de gran sensibilidad.

En las máquinas de tipo hidráulico, la presión de aceite del cilindro se introduce en el tubo de Bourdon, la punta se conecta a un transformador diferencial (ver figura 1.8), produciendo de ahí en adelante, las mismas respuestas que se mencionaron al describir el funcionamiento de las máquinas de tornillos.

- | | |
|--|---|
| (1) Eliminador de impactos | (7) Control del selector de rangos |
| (2) Tuerca de ajuste del cabezal | (8) Indicador de carga máxima |
| (3) Cabezal inferior | (9) Graficador |
| (4) Unidad de medición con barra de torsión múltiple | (10) Indicador de velocidad de carga |
| (5) Control a base de botones | (11) Ajustador de cero |
| (6) Control de velocidad | (12) Tablero de control del motor electrónico |

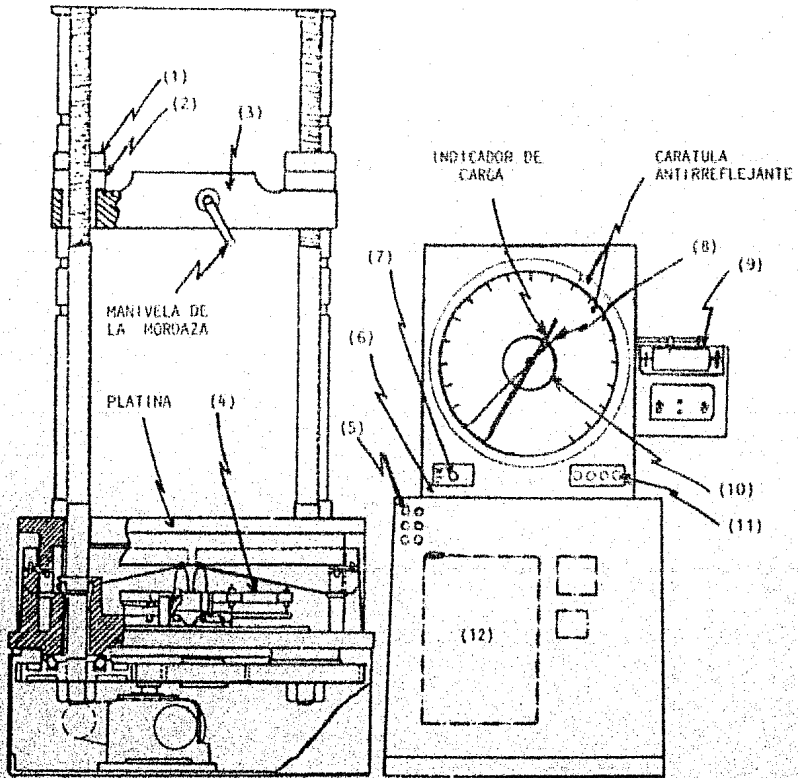


Figura 1.7) Diagrama descriptivo de una máquina universal de ensayo, equipada con sistema de medición del tipo de barra de torsión (marca Olsen).

- (1) Transmisor equilibrador
- (2) Tubo de Bourdon
- (3) Transmisor de señal
- (4) Barra de torsión
- (5) Amplificador
- (6) Servomotor
- (7) Carga
- (8) Transmisor de señal

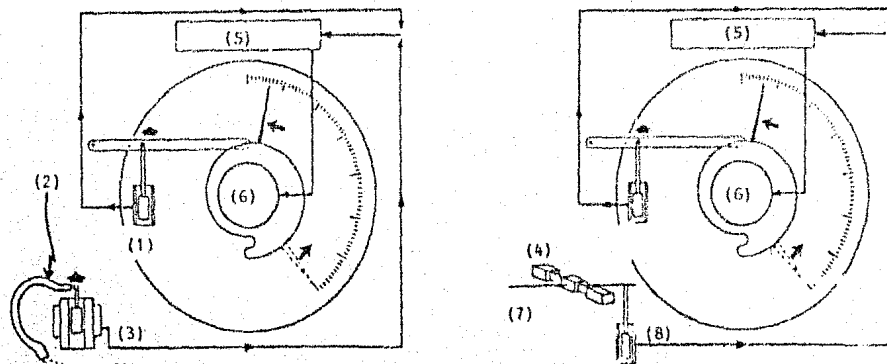


Figura 1.8) Diagramas esquemáticos de los indicadores de carga de tipo electrónico, aplicados a máquinas universales de ensaye electrónicas, equipadas con sistemas de medición a base de tubo de Bourdon y barras de torsión.

- (1) Cabezal superior o de pesada
- (2) Zona de tensión
- (3) Cabezal de carga
- (4) Zona de compresión
- (5) Platina de pesada
- (6) Palancas principales
- (7) Palanca intermedia
- (8) Barra de torsión grande
- (9) Barra de torsión pequeña
- (10) Transmisor de señal
- (11) Palanca divisora

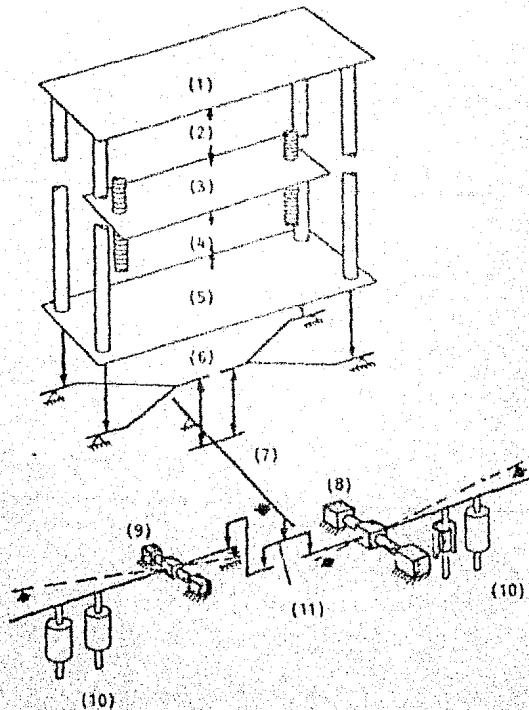


Figura 1.9) Diagrama esquemático de una máquina universal de ensayo equipada con mecanismo de medición del tipo de barra de torsión.

(4) Tipo de péndulo pequeño y relación de palancas variable.

Como se muestra en la figura 1.10, la carga se aplica hidráulicamente. Las mediciones de carga se obtienen introduciendo presión de aceite del cilindro de carga en el cilindro de medición y mediante el uso de un dinamómetro tipo de péndulo pequeño acoplado con un sistema de palancas intercambiables para lograr el registro de cargas en cinco rangos diferentes.

(5) Tipo contrapeso móvil y autobalanceo electrónico.

Como se muestra en la figura 1.11, la estructura de esta máquina se basa en una barra o viga de balanceo, en la cual se desliza un peso móvil. Cuando se produce un incremento en la carga de la barra de balanceo, se inclina hacia abajo, el servomecanismo hará que se desplace un contrapeso móvil y al mismo tiempo que el indicador de carga gire; por lo tanto, puede lograrse que la barra se sostenga en la posición horizontal original todo el tiempo. Lo que se conoce como método de cero, es compatible con este tipo de máquina, la cual posee entre otras las siguientes ventajas:

- a) Respuesta rápida a la carga.
- b) Se dispone de una capacidad cambiante de seis pasos (seis rangos de carga).
- c) El cambio de la capacidad (rango) de medición de cargas, bajo la aplicación de cargas, es posible.
- d) Puede disponerse de una fuerza de torsión más grande en la aguja indicadora. No existen errores debido a la fricción resultante del efecto de las plumas de registro en el graficador y accesorios similares.

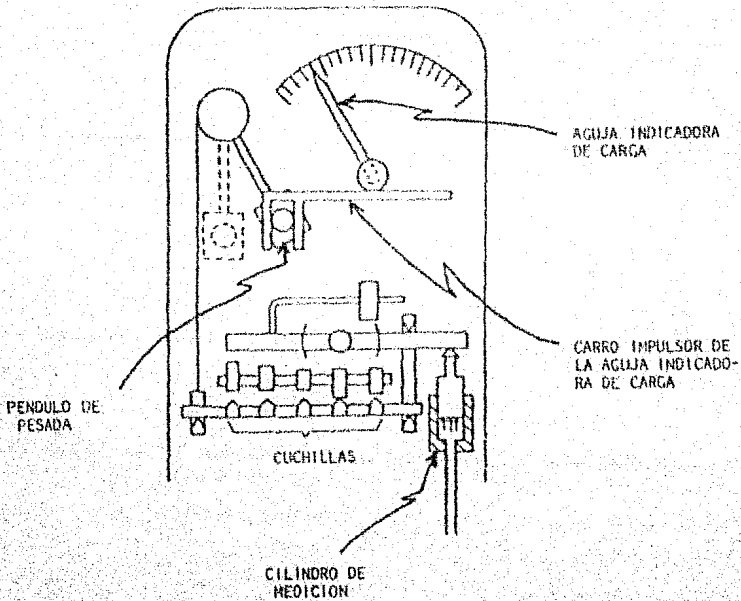


Figura 1.10) Diagrama del funcionamiento de un sistema de medición de fuerzas, empleando un péndulo pequeño y palanca de relación intercambiable, aplicable a máquinas universales de ensaye.

e) Las velocidades de aplicación de carga pueden ser indicadas con facilidad.

(6) Celdas de carga eléctricas y autobalanceo electrónico.

Las mediciones de carga se hacen por una combinación de celdas de carga eléctricas y servomecanismos de tipo electrónico, que sirven para conducir la pluma registradora directamente (ver figura 1.12). Las unidades de carga de tipo tornillo incluye un sistema de control automático.

a) Método de carga.

La unidad de carga de estas máquinas está diseñada para aplicar la carga a una probeta mecánicamente por medio de un cabezal que funciona con tornillos dirigidos por un servomotor. El servomecanismo controla la velocidad de deformación que debe mantenerse constante todo el tiempo, independientemente de la carga que se aplica. Para decirlo de manera más precisa, con un motor de corriente directa, se activa el cabezal superior, -- mientras que un pequeño motor síncrono se maneja independientemente del sistema de carga, entonces, la diferencia de velocidad entre las dos rotaciones al ser detectada con el motor auto-compensado, es regulada para que se mantenga en cero y por lo tanto, la rotación del servomotor se conserva constante con gran exactitud y estabilidad.

La velocidad del cabezal (velocidad de deformación), puede variarse fácilmente mediante el uso de reductores de velocidad de engranes, que alteran la rotación del motor autocompensado, -- sirviendo de estándar para preestablecer la velocidad.

El cambio de velocidad también puede ser posible, mediante la acción de un embrague electromagnético en la caja de engranes. Además, de la velocidad de prueba lograda por los métodos anteriormente descritos, se dispone de una velocidad de desplazamiento para mover el cabezal y ajustarlo en la posición de prueba. El

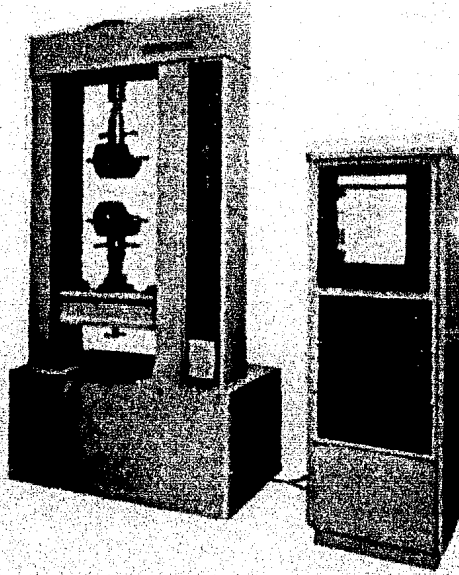


Figura 1.12) Máquina universal de ensaye equipada con dispositivo de medición a base de celda de carga electrónica.

cambio entre la velocidad de prueba y la velocidad de ajuste del cabezal, se efectúa a través del botón del interruptor. El movimiento automático hacia arriba y hacia abajo para pruebas repetitivas, se logra en la forma en que la rotación del servomotor se controla automáticamente en su dirección, tanto por la posición del cabezal, preseleccionando una posición de interés, como por las señales del valor de carga preseleccionado.

b) Método de medición.

Una celda de carga de alta eficiencia del tipo de medición de esfuerzo, se utiliza para la detección de la carga aplicada a la probeta. La celda de carga es capaz de seguir las variaciones de carga con rapidez, sin pérdidas y la transmite a un registrador a través de un preamplificador.

Este preamplificador amplifica la señal de carga proveniente de la celda de carga, hace el ajuste a cero, ajusta la sensibilidad, el cambio en el rango de carga, etc., y finalmente, convierte la señal de carga (corriente alterna), en una señal de corriente directa para activar un graficador. Seleccionando una celda de carga de capacidad adecuada y un cambiador de rangos de carga, el autograficador puede aplicarse a mediciones de carga en rangos tan amplios que difícilmente pueden ser alcanzados por otros tipos de máquinas. La deformación se mide de la siguiente manera:

El cabezal con la mordaza inferior, se mueve hacia arriba y hacia abajo, a velocidad constante independientemente de la carga aplicada, puesto que la deformación de la probeta se obtiene en la dirección del trazo de la gráfica, en función del tiempo. La relación entre la velocidad del cabezal y la velocidad de trazo del graficador, representa la amplificación con la cual se grafica la deformación de la probeta.

(7) Tipo de resorte de muelle y palanca óptica.

Con una máquina universal del tipo de tornillos de pequeña capaci-

dad, con un rango de carga de 20 gr a 100 kg pueden hacerse pruebas de tensión, doblado cortante en probetas pequeñas, tales como cables metálicos, placas delgadas, fibras textiles, papel, anatomía humana, etc., y pueden hacerse también pruebas repetitivas.

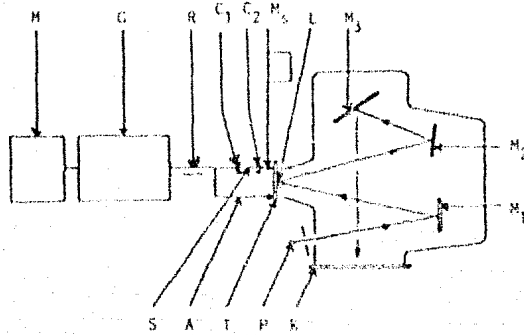
Como se muestra en la figura 1.13, las cargas pueden medirse por amplificación de la deflexión del muelle de medición a través de palancas ópticas, haciendo incidir un punto de la luz en el origen del eje vertical de un papel sensible y la deformación por incidencia en el eje horizontal. El movimiento del punto de luz en la dirección compuesta por ambos desplazamientos. Se hace posible el efectuar mediciones fotográficas directas.

Entre las ventajas de este tipo de máquina tenemos:

- a) El intercambio de siete muelles de medición posibilita la medición en un rango que va de 100 kg a 20 gr.
- b) Las palancas ópticas al no presentar fricción, proporcionan mayor sensibilidad y exactitud de medición, así como un trabajo con respuestas rápidas.

(8) Máquinas universales con indicador del tipo de tubo de Bourdon.

El tipo en el cual la presión del aceite puede leerse directamente en un manómetro de tubo de Bourdon, es inferior en exactitud; por sus características puede tener, como ventaja, estructura más pequeña y ligera y por lo tanto, su fabricación es de menor costo; muchos fabricantes nacionales y extranjeros producen este tipo de máquinas como modelos simplificados.



M - MOTOR	L - LENTE CONCAVO
G - VARIADOR DE VELOCIDAD	T - TRIPIE
R - IMPULSOR	P - LUZ
C_1, C_2 - MORDAZAS	M_1, M_2, M_3 - ESPEJOS
N_5 - MUELLE DE MEDICION	K - PAPEL SENSIBLE
S - PROBETA	A - SOPORTE DEL TRIPIE

Figura 1.13) Diagrama de operación de un sistema de medición de carga del tipo de resorte de hoja y elevador óptico, aplicable a máquinas universales de ensaye.

En la figura 1.14, se muestra una máquina de medición de compresión con dos rangos de medición.

(9) Otros tipos.

Existen otros tipos de máquinas con algunas variaciones de la forma en que se combinan los elementos de medición, cuyos principios de funcionamiento podrían ser descritos, basándose en las descripciones que se acaban de hacer.

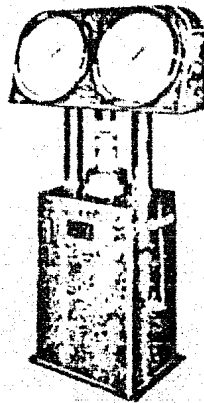


Figura 1.14) Máquina universal de ensaye equipada con mecanismo de medición del tipo de tubo de Bourdon, con capacidad para 60 000 libras.

2. ESTRUCTURA DE LAS MAQUINAS DE ENSAYE

Estructura general.

A continuación, se hace una descripción de la forma en que ha sido construida una máquina universal de la marca Shimadzu del tipo hidráulico -- con sistema de medición de péndulo pequeño, como un ejemplo de máquina de ensaye. Este tipo de máquina en forma general, se compone de: la unidad de carga, la unidad hidráulica y la unidad de medición de carga (ver figura 2.1).

2.1. Unidad de carga.

Consta por una parte de una base que aloja un cilindro hidráulico, tres barras roscadas perpendiculares a la base, un cabezal inferior acoplado a los tornillos a través de tuercas (todo ésto, constituye la sección estacionaria); por otra parte, una mesa construida como una caja sobre el pistón alojado en el cilindro hidráulico, las columnas y el cabezal superior, que integran la sección móvil.

Las probetas se colocan entre la sección estacionaria y la sección móvil y se someten a tensión o compresión, en dirección vertical por medio del mecanismo hidráulico.

En los centros de los cabezales superior e inferior, se encuentran las mordazas para las pruebas de tensión, con las que se sujetan las probetas que se someten a dichas pruebas. En la mesa y en la superficie inferior del cabezal inferior, se colocan las platinas de compresión para pruebas de compresión, así como los dispositivos para las pruebas de --

- | | | |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| (1) PLACA DE COEXIÓN | (8) COLUMNA | (14) GRAFICADOR ESFUERZO-DEFORMACION |
| (2) BALLEROS DE GUÍA (4) | (9) TORNILLO | (15) DISCO DE CONTROL DE VELOCIDAD DE CARGA |
| (3) COLLARÍN | (10) PESA DE DOBLADOR | (16) CARATULA |
| (4) CABEZAL SUPERIOR | (11) MESA | (17) INDICADOR DE CARGA |
| (5) ELIMINADOR DE IMPACTOS | (12) BASE | (18) INDICADOR DE CARGA MÁXIMA |
| (6) CABEZAL INFERIOR | (13) MANIVELAS PARA LAS BARRIJAS | (19) LAMPARA CIRCULAR PARA TERMINACIÓN |
| (7) PENETRADOR DE BOLLERIO | | (20) TABLERO DE CONTROL |
| | | (21) POLEA DEL GRAFICADOR |
| | | (22) CUERDA PARA MOVER EL TAMBOR DEL GRAFICADOR. |

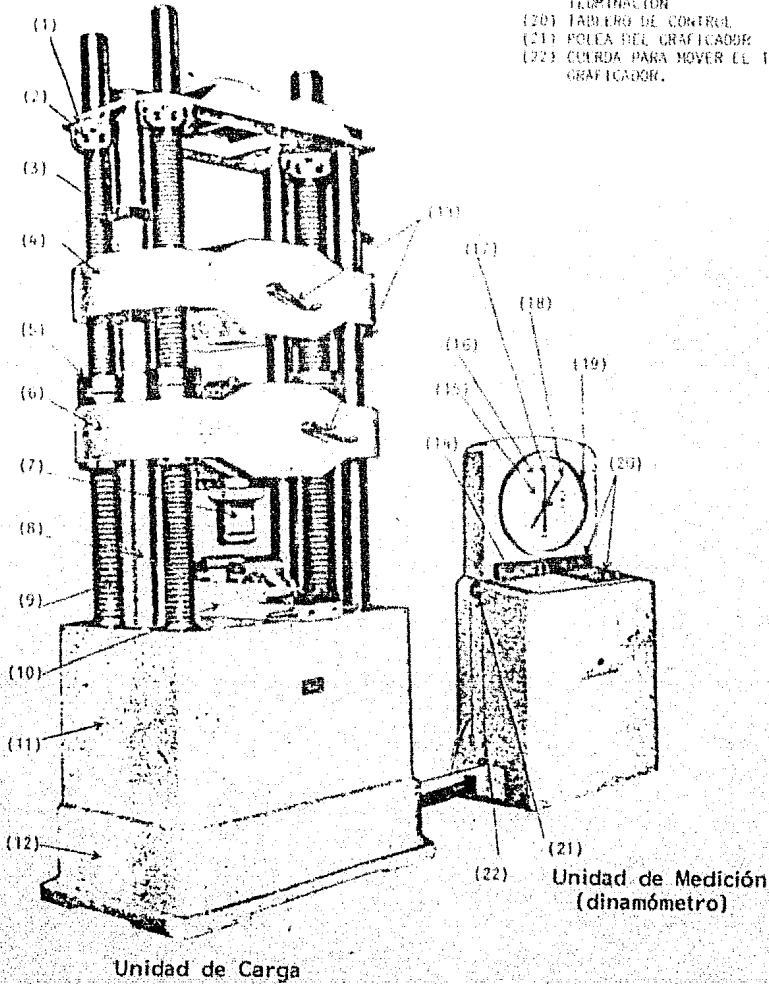


Figura 2.1) Máquina universal de ensaye del tipo hidráulico, con capacidad para 200 toneladas.

flexión y doblado, permitiendo por lo tanto, que las pruebas de compresión, flexión y doblado se ejecuten en el mismo espacio. Dentro de la base se encuentran los mecanismos que mueven las columnas roscadas -- (husillos), los cuales a su vez sirven para elevar y bajar el cabezal inferior con el objeto de ajustar la distancia entre este y el cabezal superior o la mesa. En el acoplamiento del cabezal inferior y los husillos, -- así como entre los husillos y la base, se cuenta con mecanismos para la eliminación de impactos. (Ver figura 2.2). El cilindro hidráulico en la unidad de carga con un mecanismo de pistón flotante, en el cual se produce una película de aceite entre un pistón maquinado con alta precisión y el cilindro, que elimina la necesidad del uso de empaques, puesto que la película de aceite sirve como sello. Esta es la razón por la que la -- fricción es mínima entre el pistón y el cilindro.

2.2. Sistema hidráulico.

El sistema hidráulico se muestra en la figura 2.3 y se integra por la bomba de aceite, la válvula de control de carga y el cilindro hidráulico de la unidad de carga, encontrándose los dos primeros en la unidad de medición de carga. El aceite que se inyecta a alta presión desde la bomba, se transmite al cilindro de carga por medio de la válvula de control de carga.

La bomba de aceite está sumergida dentro del tanque de aceite con el -- propósito de evitar la mezcla de aire en el aceite succionado. La bomba que es del tipo de siete pistones radiales, produce un mínimo de pulsaciones y vibraciones, la válvula de control de carga es una válvula de control del tipo de carrete deslizable, el cual trabaja acoplado con un pi-

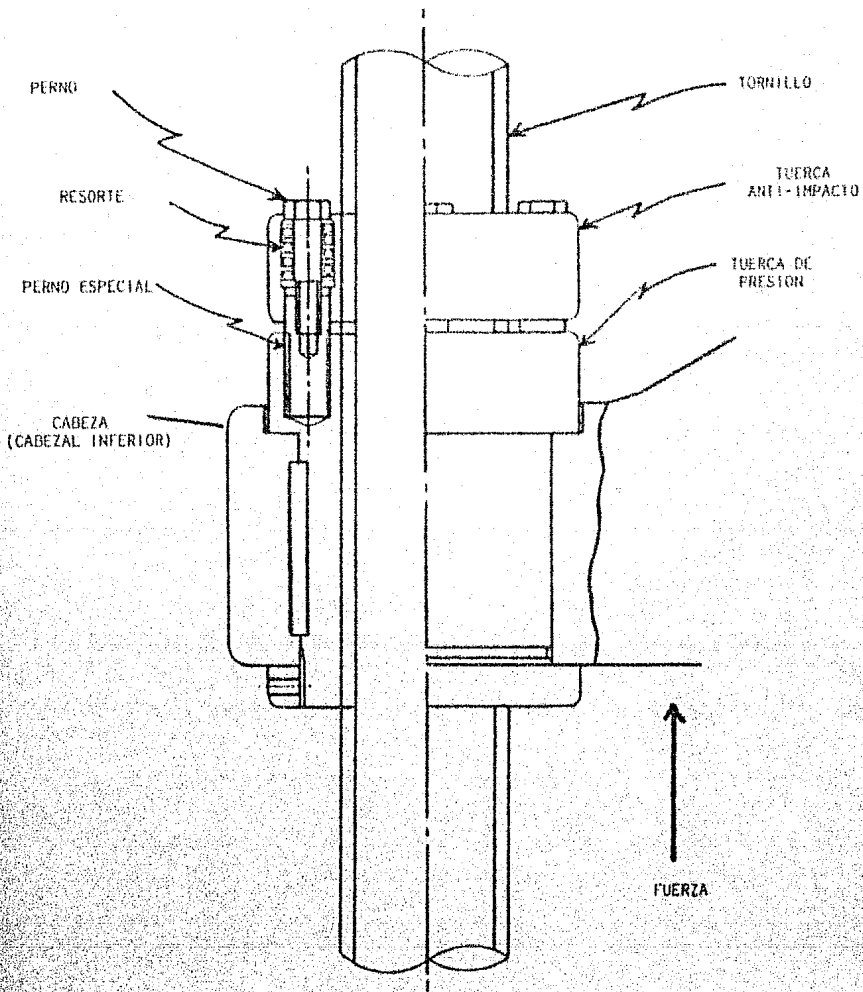


Figura 2.2) Diagrama de un eliminador de impactos.

- (1) Cargar
- (2) Totalmente abierto
- (3) Retorno
- (4) Sostener
- (5) Relevador de presión balanceada
- (6) Válvula de flecha (válvula de seguridad)
- (7) Bomba radial de siete pistones
- (8) Filtro
- (9) Cilindro de medición

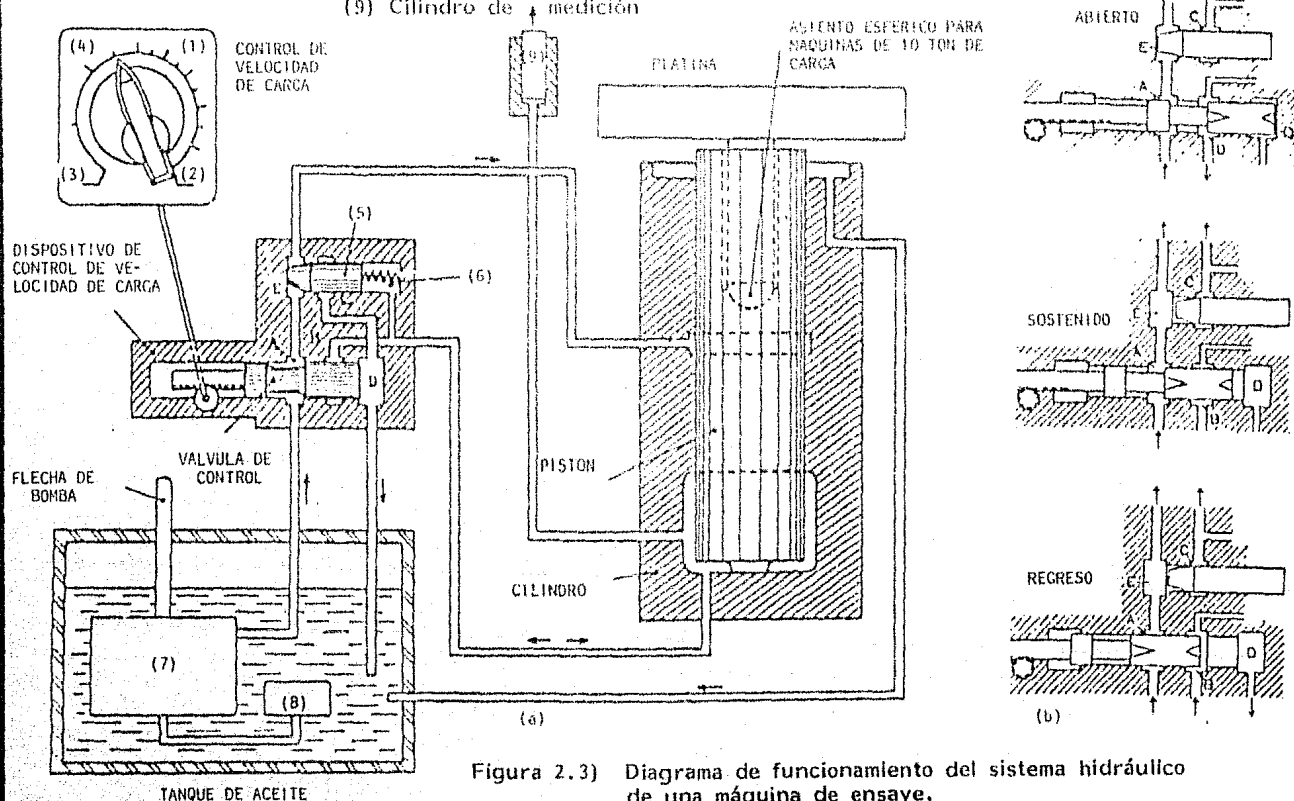


Figura 2.3) Diagrama de funcionamiento del sistema hidráulico de una máquina de ensaye.

ción y cremallera y posee una válvula de desvío (bypass) y una válvula de seguridad integrada.

Cantidades reguladas de aceite a presión, son inyectadas desde la bomba de aceite hacia el cilindro de carga, bajo el control de la válvula reguladora de flujo. El principio de trabajo está dado en la figura 2.3 (b).

Abierto. Viniendo desde la bomba a través de las puertas A y B, dentro del cilindro de la unidad de carga, el aceite empuja el pistón hacia arriba.

Sostenido. Pasando a través de las puertas A y E, el aceite pasa desde la bomba hacia la puerta C, por una válvula de desvío hasta que circula en el tanque de aceite. En este caso, hay que considerar que el aceite que se encuentra dentro del cilindro, permanece ahí, si sucediera que el aceite no se fugara por algún hueco entre el cilindro y el pistón, se debe dar ligeramente la vuelta a la válvula de control hacia la dirección abierto, de modo que la pequeña pérdida de aceite se compense dentro del cilindro y en consecuencia, el pistón se mantenga en una cierta posición deseada.

Regreso. El aceite de la bomba regresa desde la puerta C, hacia el tanque de aceite, a través de las puertas A y E y la válvula de desvío y el aceite que se encuentra dentro del cilindro, regresa al tanque de aceite por las puertas B y D.

2.3. Mecanismo de medición de carga.

La figura 2.4 es un diagrama en el que se ilustra el funcionamiento del

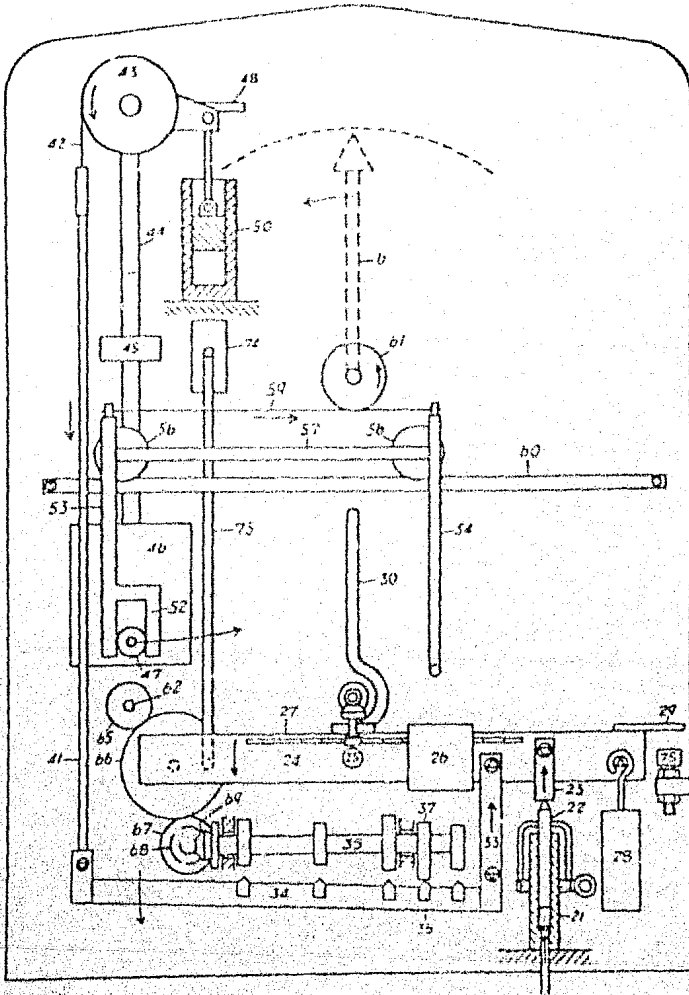


Figura 2.4) Detalle descriptivo de un mecanismo de medición de carga, en el que se emplea un péndulo pequeño y palanca de relación variable.

mecanismo del dinamómetro.

El cilindro de medición (21), sirve para empujar hacia arriba el pistón de medición (22) con una presión del aceite del mismo valor que la presión de aceite que se ejerce dentro del cilindro en la unidad de carga. Para tratar de reducir la fricción, el pistón de medición (22), gira sobre sí mismo a una velocidad relativamente baja, activado por un sinfín acoplado a un engrane. El pistón de medición (22) hace que la palanca superior (24) se incline accionada por la barra de empuje (23), de modo que la palanca gira en sentido contrario a las manecillas del reloj, girando con relación a la flecha de la palanca superior (25).

La palanca inferior (34) será elevada entonces, por medio del eslabón de la palanca inferior (33), en este momento, una de las cinco cuchillas montadas en la palanca inferior (34) será elevada. Entonces, mediante el eslabón de la palanca inferior (33) por ejemplo, la cuchilla (36) que se ilustra en el diagrama, trabaja como fulcro (punto de apoyo) de la palanca inferior (34) al apoyarse el asiento del fulcro (37) sujeto en la flecha de los apoyos (35). Otro extremo de la palanca inferior (34) trabaja para jalar hacia abajo la banda de acero del péndulo (42) y a la barra que conecta al péndulo a la banda de acero del péndulo (41) impulsada por alguna de las cuchillas.

A medida que la banda de acero del péndulo (42) es enrollada alrededor de la leva circular (43) montada en la flecha del péndulo, el péndulo (44) gira en la dirección adecuada hasta detenerse en una posición determinada en la cual queda bien balanceada con la fuerza de empuje del pistón de medición (22), mientras que el péndulo y la barra que conecta la ban

da de acero del péndulo son jaladas hacia abajo (41). Ya que el balero del péndulo (47) montado sobre la tara del péndulo (46) está conectado por el marco guía (52) al carrito impulsor de la aguja de carga (57), el carrito impulsor se mueve a lo largo del riel (60) mediante las ruedas -- (56) cuando el péndulo gira hacia arriba. La cuerda de alambres (59) suspendido entre las columnas (53) y (54), sujeta en los extremos del - carrito (57) se enreda alrededor de la polea de la aguja indicadora de - carga (61) en su parte media y la polea (61) gira de acuerdo al movimiento del carrito (57), de tal manera que la aguja indicadora de carga (6), indique en ese momento el valor de la carga existente.

2.4. Mecanismo de selección de rango.

Al girar el selector de rango en el tablero, la flecha de los apoyos (35) girará impulsada por la flecha (62), los engranes (65), (66) y (67), los engranes achafanados (coronas) (68) y (69) (ver figura 2.4), de tal modo que puede efectuarse la selección de un rango adecuado, escogiendo cierta cuchilla adecuada, la cual como consecuencia hará que cambie la - relación de palanca en la palanca inferior. En este caso, la carátula (74) que se encuentra bajo la carátula indicadora, se gira impulsada por la barra (73) de tal modo que queda indicando las cantidades adecuadas para las cargas que se desea aplicar.

3. METODOS DE PRUEBA

Existen especificaciones normalizadas para el ensaye de una gran cantidad de materiales conocidos; y los nuevos materiales que aparecen en la industria, recibirán sus respectivas especificaciones.

Cuando se ejecuta algún ensaye, es necesario asegurarse de seguir las normas de prueba que le sean aplicables y en el caso de que no existan normas nacionales, se pueden seguir los lineamientos marcados por las normas internacionales ISO o por normas extranjeras tales como ASTM, BS, DIN, JIS, etc. Cuando se requiere probar artículos que no estén cubiertos por las especificaciones de una cierta norma, se hace necesario adecuar normas especiales para tratar de lograr la mayor exactitud posible al efectuar la prueba.

Antes de empezar a efectuar cualquier prueba, hay que asegurarse de investigar y comprobar lo siguiente:

1. Que los dispositivos de pruebas y los rangos numéricos se encuentren acorde a las especificaciones de los materiales.
2. Que se indique el método de obtención de las muestras (muestreo).
3. Que se cumpla con la forma y dimensión de las probetas.
4. Que se indiquen los métodos de prueba.

Como una guía, en la tabla 3.1 se enlistan las normas KS de materiales de prueba, en la tabla 3.2, se enlistan las especificaciones de la ISO, para el acero y en la tabla 3.3 se enlistan las normas ASTM, métodos de prueba para el acero.

LISTA DE NORMAS KS PARA PRUEBAS EN MATERIALES

KS B 0801-1963	Probetas para pruebas de tensión en metales
KS B 0802-1965	Métodos de prueba de tensión para metales
KS B 0803-1962	Probeta para prueba de doblado en metales
KS B 0804-1962	Método de prueba de doblado para metales
KS B 0805-1965	Método de prueba de dureza Brinell
KS B 0806-1965	Método de pruebas de dureza Rockwell
KS B 0807-1965	Método de prueba de dureza Shore
KS B 0808-1962	Probetas para pruebas de flexión de metales
KS B 0809-1962	Probetas para pruebas de impacto en metales
KS B 0810-1962	Método para prueba de impacto en metales
KS B 0811-1962	Método de prueba para dureza Vickers
KS B 0812-1965	Método Erichsen para prueba de corte

Tabla 3-1

LISTA DE NORMAS ISO PARA ACEROS

TC 17 ACERO

- R 79-1959 Prueba de dureza Brinell para acero
- R 80-1959 Prueba de dureza Rockwell para acero en las escalas B y C
- R 81-1959 Prueba de dureza Vickers para acero
- R 82-1959 Prueba de tensión para acero
- R 83-1959 Prueba Charpy de impacto (ranurada en U) para acero
- R 84-1959 Prueba Izod de impacto para acero
- R 85-1959 Prueba de doblado para acero
- R 86-1959 Prueba de tensión para lámina de acero y banda menor a 3 mm pero no menor de 0.5 mm de espesor
- R 87-1959 Prueba de doblado simple de lámina de acero y tira menor de 3 mm de grueso
- R 88-1959 Prueba de doblado inverso de la lámina de acero y tira menor de 3 mm de grueso
- R 89-1959 Prueba de tensión para cable de acero
- R 136-1959 Prueba de torsión simple para cable de acero
- R 144-1960 Prueba de doblado inverso para cable de acero
- R 145-1960 Prueba de envoltura para cable de acero
- R 146-1960 Calibración de las máquinas para pruebas de dureza Vickers
- R 147-1960 Calibración de las cargas aplicadas por máquinas de prueba de tensión de acero
- R 148-1960 Prueba de impacto en barras de acero (ranuradas en V)
- R 149-1960 Prueba de corte Erichsen modificada para láminas de acero y bandas
- R 156-1960 Calibración de máquinas de prueba para dureza Brinell
- R 165-1960 Prueba de reborde en tubos de acero
- R 167-1960 Prueba de doblado en tubos de acero
- R 166-1960 Prueba de expansión para tubos de acero
- R 202-1961 Prueba de aplanado para tubos de acero
- R 203-1961 Prueba discontinua de flujo plástico en aceros, a temperaturas elevadas (carga y temperatura interrumpida)
- R 204-1961 Prueba de flujo plástico para acero, continua a temperaturas elevadas
- R 205-1961 Determinación del esfuerzo de prueba y pruebas en acero a altas temperaturas
- R 206-1961 Prueba de ruptura por flujo plástico para acero a temperaturas elevadas
- R 373-1964 Fundamentos generales para la prueba de fatiga
- R 374-1964 Prueba del anillo de expansión en tubos de acero
- R 375-1964 Pruebas de tensión para tubos de acero
- R 376-1964 Calibración de los dispositivos elásticos de prueba
- R 377-1964 Selección y preparación de muestras y probetas para acero forjado
- R 404-1964 Requisitos técnicos generales para suministro de acero
- R 437-1965 Análisis químicos de aceros. Determinación de carbón total (método gravimétrico por combustión en vapor de oxígeno)
- R 439-1965 Análisis químicos de aceros. Determinación total de sílice (método gravimétrico)
- R 442-1965 Verificación de las máquinas de péndulo para pruebas de impacto en aceros.

LISTA DE NORMAS ASTM, PARA ACEROS

PRUEBAS PARA DETERMINACION DE PROPIEDADES MECANICAS

Métodos

E 16-57	T	Prueba de doblado libre para ductilidad de soldadura
E 190-61	T	Prueba de doblado guiado para ductilidad de soldaduras
A 256-46		Prueba de compresión de hierro forjado
E 9-61		Prueba de compresión de materiales metálicos
B 153-58		Expansión de formas tubulares de cobre y sus aleaciones
A 255-48	T	Endurecimiento del acero, prueba de templado final
B 277-55		Dureza de materiales para contacto eléctrico
B 347-59	T	Dureza de materiales metálicos para fricción sinterizados
E 10-61		Dureza Brinell de materiales metálicos
E 18-61		Dureza Rockwell y dureza Rockwell superficial de materiales metálicos
E 92-57		Dureza mediante diamante piramidal de materiales metálicos
E 103-61		Dureza mediante indentación rápida en materiales metálicos
E 110-61		Dureza mediante indentación de materiales metálicos utilizando durómetros portátiles
*E 140-58		Tablas para conversión de durezas aplicables en metales (correlación entre durezas Brinell de diamante piramidal, dureza Rockwell y dureza Rockwell superficial. Revisión tentativa de las tablas E 140)
A 327-54		Pruebas de impacto de hierro forjado
E 23-60		Prueba de impacto de materiales metálicos empleando barras ranuradas
B 305-56		Esfuerzo con carga máxima a la temperatura de metales termostáticos (método de la viga en Cantiliver)
A 34-55		Materiales magnéticos
A 344-60	T	Materiales magnéticos, pruebas para propiedades eléctricas y mecánicas
B 362-60	T	Relación de torsión mecánica de resortes en espiral de metales termostáticos
B 223-56		Módulo de elasticidad de metales termostáticos (método de la viga en Cantiliver)
A 443-60	T	Resistencia al rayado de acero forjado para turbinas y generadores
E 132-61		Relación de Poisson a temperatura ambiente
E 143-61		Determinación del módulo cortante a temperatura ambiente
A 370-61	T	Pruebas mecánicas para productos de acero
*B 279-60		Rigidez de alambres suaves de cobre y de forma rectangular o cuadrada para fabricación de alambres de magnetos
A 318-56		Prueba de tensión de alambre de acero para resortes
E 8-61	T	Prueba de tensión de materiales metálicos
A 438-60	T	Prueba de flexión de hierro forjado gris
E 4-61	T	Verificación de máquinas de prueba
E 74-57		Verificación de los dispositivos de calibración para la verificación de máquinas de prueba
E 83-57	T	Verificación de clasificación de extensómetros
E 111-61		Determinación del módulo de Young a temperatura ambiente

Código de prácticas recomendadas

- E 139-58 T Forma de efectuar las pruebas de flujo plástico y tiempo para la ruptura a la tensión del material
- E 150-61 T Forma de efectuar las pruebas de flujo plástico y ruptura por flujo plástico a la tensión de materiales metálicos sometidos a rápidos calentamientos en cortos tiempos
- E 21-58 T Prueba de materiales de tensión en tiempos cortos y elevada temperatura
- B 294-54 T Prueba de dureza o endurecimiento de carburos cementados
- E 184-61 T Efectos de radiación y alta energía en las propiedades de resistencia a la tensión e impacto de materiales metálicos
- E 185-61 T Pruebas de supervisión en materiales estructurales en reactores nucleares
- E 151-61 T Pruebas de tensión de materiales metálicos a elevadas temperaturas con calentamiento rápido, convencional o con velocidades rápidas de aplicación de esfuerzos
- B 208-58 Probetas para prueba de tensión para aleaciones con base de cobre fundido en arena
- A 260-47 Pruebas de torsión de hierro colado

Definiciones de términos relativos a :

- A 370-61 T Pruebas mecánicas de productos de acero
- E 6-61 Métodos de las pruebas mecánicas
Revisión tentativa de las definiciones E-6
- E 44-50 T Tratamientos térmicos de metales (ver partes 1 y 2).

Tabla 3.3

3.1. Pruebas de tensión para metales.

1. Mordazas

Hay muchos tipos de dispositivos para sujetar las probetas en las máquinas de ensaye y la manera más eficiente para acomodar los especímenes es mediante una fuerza axial que dependerá del material y forma de las probetas.

Los siguientes son los tipos más comunes de mordazas y su metodología de manejo.

a) Mordazas tipo cuña.

Los cabezales en las máquinas de ensaye convencionales cuentan comúnmente con mordazas del tipo de cuña. Del perfil de las mordazas generalmente se conoce en dos formas, para barras redondas y para probetas planas. La mordaza tal como se muestra en la figura 3.1, es del tipo de sujetadores de inserción, en el cual, el cambio de sujetador es factible, por lo tanto contribuyen a la economía de la operación.

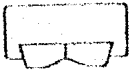
Este tipo de mordazas pueden abrirse y cerrarse mediante un giro de manivela, que facilita el montaje de las probetas en la máquina. Esta modalidad, contribuye a que el empleo de este tipo de máquina sea el más común.

En las figuras 3.2 y 3.3 se muestra la manera más correcta de efectuar la sujeción, mientras que en las figuras 3.4, 3.5 y 3.6, se muestran los errores que se cometen cuando se sujetan probetas cortas.

Por ésto, hay que tener cuidado de que se cuente con suficiente lon-



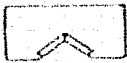
Para placas tipo Shimadzu (Japonés)



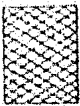
Para piezas redondas tipo Shimadzu (Japonés)



Para barra redonda tipo Amsler (Suizo)



Para barra redonda Baldwin (Norteamericano)



Mordazas para placas



Perfil de la mordaza

Figura 3.1) Diversos tipos de sujeciones para pruebas de tensión.

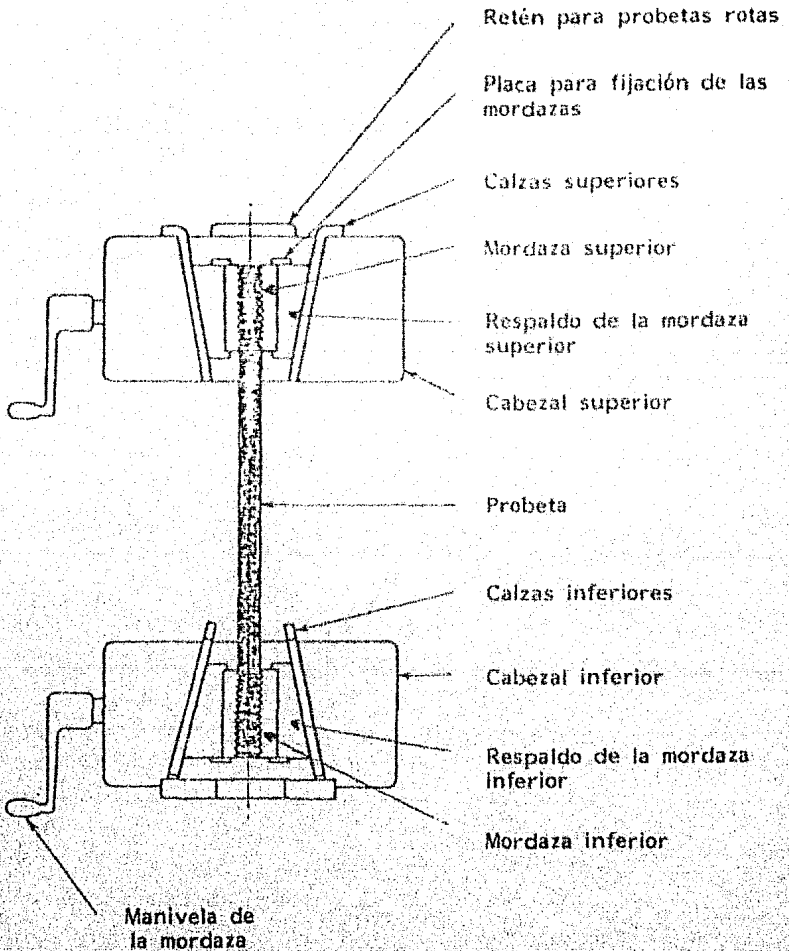


Figura 3.2) Diagrama descriptivo de la ejecución de una prueba de tensión.

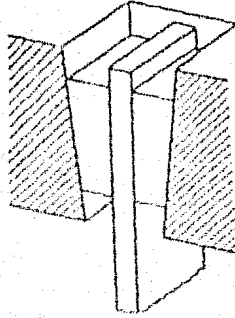


Figura 3.3) Muestra la posición correcta de mordazas y probeta en el mecanismo de sujeción, durante una prueba de tensión.

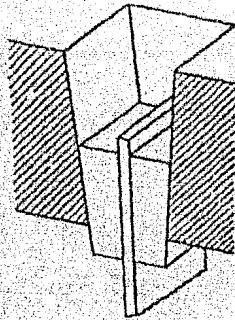


Figura 3.4) Posición incorrecta.

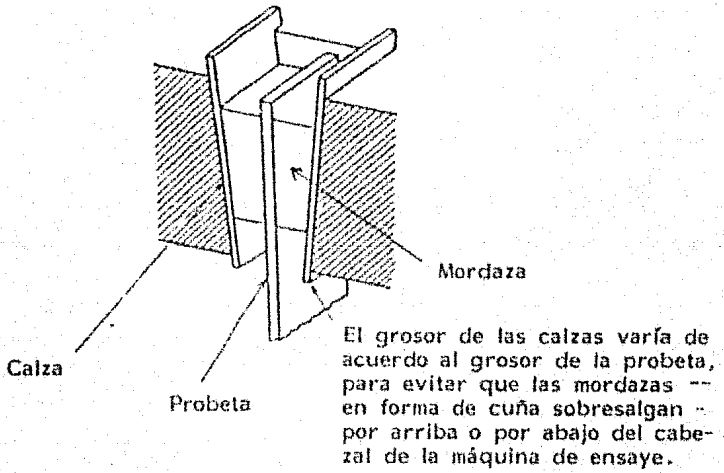


Figura 3.5) Uso de calzas y mordazas en pruebas de tensión.

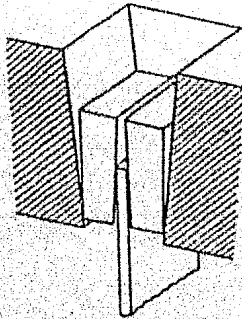


Figura 3.6) Posición más desfavorable de las mordazas durante una prueba de tensión.

gitud de sujeción, de modo que el extremo menor de las cavidades - para las mordazas y las mordazas queden debidamente protegidos.

b) Mordazas de tipo de respaldo y barra roscada de tensión.

Las probetas de dimensiones ciertas o de extrema dureza, no pueden sujetarse empleando mordazas de cuña. Las mordazas con respaldo o barras roscadas de tensión, se emplean para estos propósitos como se muestran en las figuras 3.7 y 3.8.

Las probetas con respaldo pueden elaborarse fácilmente; al emplear este tipo de mordazas, puede reducirse el tiempo de ejecución de -- prueba en comparación con las mordazas tipo cuña, cuando en la má- quina las probetas se montan desde un lado.

Las probetas roscadas son más difíciles de preparar y toma mucho - tiempo acomodarlas en su lugar.

La preparación de las barras de tensión es fácil y simple; sin embar- go, aún más con estas probetas se trabaja con menos excentricidad y se les puede dar mejor forma, de modo que este tipo de mordaza es ideal cuando se trabajan muestras de materiales costosos o cuando se requieren hacer pruebas de alta precisión.

La fabricación de barras redondas roscadas es ideal para pruebas en hornos de alta temperatura o pruebas de baja temperatura.

En las figuras 3.7, 3.8 y 3.9, se ilustran los acoplamientos con las máquinas de ensaye, siendo una práctica común acomodar las probe- tas en asientos de tipo esférico, con objeto de eliminar efectos adver- sos debidos a la excentricidad.

Como se muestra en la figura 3.9, la forma de la sección transversal

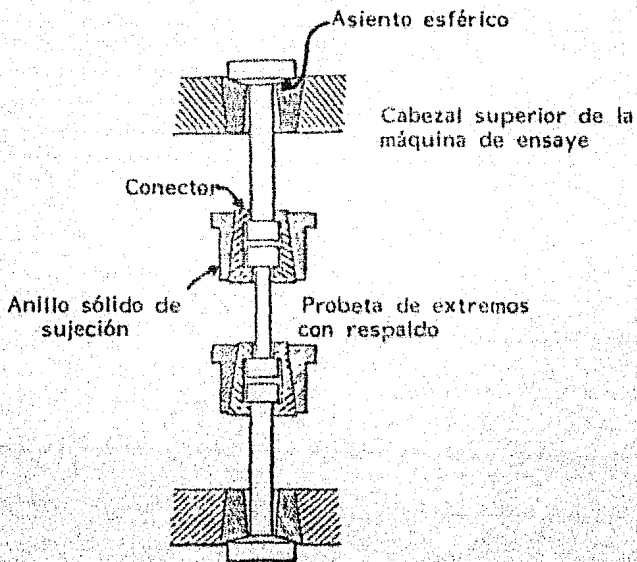


Figura 3.7) Diagrama descriptivo del uso de mordazas para probetas formadas con extremos con respaldo.

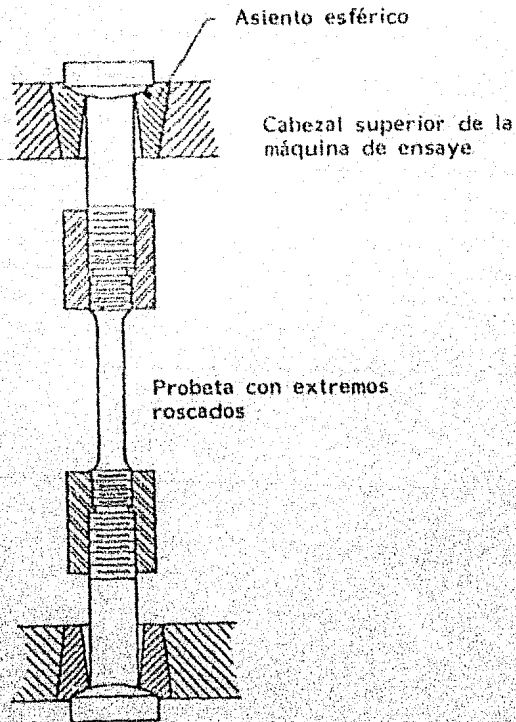


Figura 3.8) Diagrama descriptivo del uso de mordazas para probetas formadas con extremos roscados.

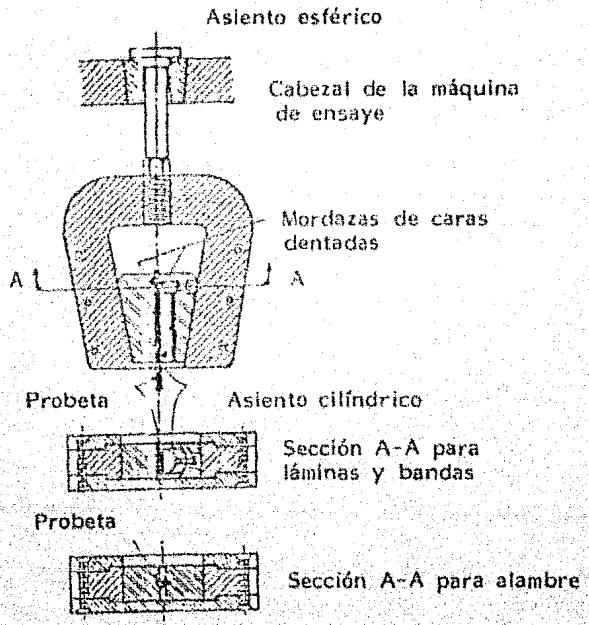


Figura 3.9) Diagrama descriptivo de las mordazas que se emplean para probetas planas delgadas y alambres.

de la mordaza del sujetador, es del tipo de diente de sierra, cuyos dientes deben seleccionarse de entre varios tipos, dependiendo del material a sujetarse. De penetración fina (1 mm o menos), se utilizan para materiales duros y hojas o láminas delgadas, las de penetración se emplean para materiales suaves.

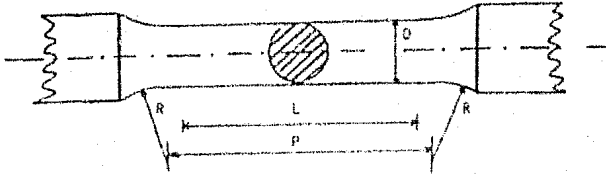
Cuando se prueban materiales con acabado irregular, limpie las virutas del dentado frecuentemente con un cepillo y trate de limpiar la superficie deslizante en la parte posterior de los sujetadores.

Para el tipo en que se emplean calzas en la parte posterior de los sujetadores, uno puede rectificarlas para corregir los rasguños causados por el uso normal.

2. Probetas.

- a) Hay que utilizar las especificaciones recomendadas para la forma y dimensiones de cada espécimen de prueba.
- b) ISO R 82 Prueba de tensión del acero.
 ISO R 86 Prueba de tensión de láminas y bandas de acero.
 ISO R 89 Pruebas de tensión para cables de acero.

Estas incluyen las especificaciones relativas al perfil y tamaño de las probetas, que pueden considerarse como normas generales; sin embargo, hay que considerar que es muy difícil cambiar las especificaciones particulares de cada país, no obstante que se prevén homologaciones graduales en un futuro próximo, por ejemplo, las normas japonesas que se marcan para el espécimen número 13, tienden a aproximarse a la especificación ISO R 86 y las probetas números 14 a la especificación ISO R 82 (véanse las figuras 3.10 y 3.12 y tabla 3.4).



La forma de esta probeta se recomienda, principalmente para pruebas de tensión de acero.

Longitud de medición: $L = 5D$

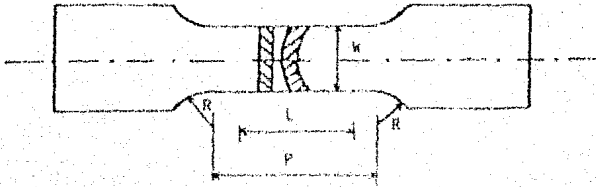
Longitud paralela: $P = (5.5 \text{ a } 7) D$, si es posible $7D$

Diámetro: $D =$ determinado por la norma del material

Radio del filete = radio de la zona de transición: $R \geq 15$

Unidad: mm

Figura 3.10) Probeta N° 14 A



Este tipo de probeta se recomienda principalmente para pruebas de tensión de acero y productos tubulares, excepto los que se prueban en su sección completa.

Longitud de medición: $L = 5.65 \sqrt{A}$

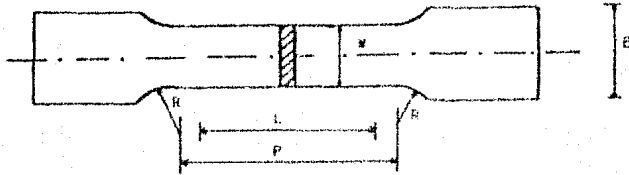
Longitud paralela: $P = L + \left(\frac{W}{2} \text{ a } 2W \right)$, si es posible $L + 2W$

Ancho: $W =$ determinado por la norma del material, pero menor que $4W$

Radio del filete \approx radio de la zona de transición: $R > 15$

Unidad: • mm

Figura 3.11) Probeta Nº 14 B



Este tipo de probeta se recomienda principalmente, para pruebas de tensión de placas.

	Ancho W	Longitud de Medición L	Longitud Paralela P	Radio del Filete R	Ancho del Agarre Sección B
13A	20	80	120	20 a 30	-
13B	12.5	50	60	20 a 30	$B > 20$

El grosor debe ser igual al original.

Figura 3.12] Probeta N° 13

Cuando se emplea sección circular	Unidad: mm
Diámetro de la porción paralela maquinada	Tolerancia
$3 < D < 6$	0.03
$6 < D < 18$	0.04
$D > 18$	0.05
Cuando se emplea sección rectangular	Unidad: mm
Espesor y ancho de la porción paralela maquinada.	Tolerancia
$3 < D < 6$	0.06
$6 < D < 18$	0.08
$D > 18$	0.10

Si se requiere la porción paralela de la probeta, debe ser en sanchada hacia la parte media, con una disminución dentro \pm de la variación permisible de la dimensión.

Tabla 3.4) Probetas: Tolerancia de maquinado.

Puede decirse que en parte la norma R 89 es aplicable para pruebas de alambres, los que se definen como piezas de prueba proporcionales cuando $L_0 = 11.3 \sqrt{S_0}$.

Como una alternativa, se aplican en longitudes de 100 y de 200 mm cuando se registran alargamientos del 5% o menores.

- c) La forma de los extremos de las probetas, debe estar de acuerdo con las mordazas de las máquinas. En la figura 3.13, se ilustran ejemplos especificados por ASTM (E-8 y A-370).
- d) Existen muchas normas diferentes a las nacionales, de entidades privadas que se guían por especificaciones propias de forma y dimensiones, por ejemplo, Lloyds, AB, etc.

3. La velocidad en la prueba de tensión.

- a) La velocidad en la prueba de tensión, obviamente afecta la resistencia de los materiales. En la figura 3.14, se representan algunos de los extractos del escrito de R.F. Johnson y de J.D. Murray (Inglaterra) relativos al efecto de la relación de alargamiento para un esfuerzo de prueba de 0.2% y esfuerzo en el límite de fluencia inferior en acero. Muchos países observan estos problemas. La tabla 3.5 muestra las especificaciones obligatorias en diversos países.
- b) La trayectoria de los puntos de fluencia varía grandemente en los materiales involucrados, de tal manera que parece muy difícil su estipulación; sin embargo, existe una tendencia reciente a separar el tratamiento de los puntos de fluencia superiores y de los inferiores, y --

Probetas para prueba de tensión

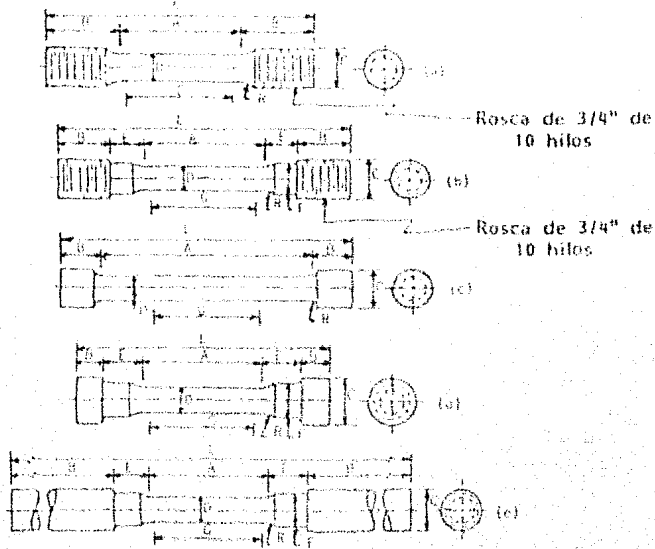


Figura 3.13) Diversos tipos de probetas comunes redondeadas normalizadas para pruebas de tensión.

Tabla de dimensiones a la vuelta.

- (a) La sección reducida puede tener un desvanecimiento gradual desde sus extremos hacia el centro, con una diferencia no mayor que ~ 0.005 pulgadas de largo en diámetro respecto a su centro.
- (b) Referente a la probeta (e) es deseable si es posible hacer que la longitud de la sección de agarre sea tan grande como para permitir a la probeta extenderse dentro de las mordazas a una distancia igual a $2/3$ ó más de la longitud de las mordazas.

...

Unidad: pulgadas	DIMENSIONES DE LA PROBETA				
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
G = longitud de medición	2.000±0.005	2.000±0.005	2.000±0.005	2.000±0.005	2.000±0.005
D = diámetro (a)	0.005±0.010	0.005±0.010	0.005±0.010	0.005±0.010	0.005±0.010
R = radio del filete o radio de la zona de transición	1/2 mínimo	1/2 mínimo	1/16	3 mínimo	1/2 mínimo
A = longitud de la sección reducida	2-1/4 mínimo	2-1/4 mínimo	4 aprox.	2-1/4 mínimo	2-1/4 mínimo
L = longitud total	5 aprox.	5-1/2 aprox.	5-1/2 aprox.	4-3/4 aprox.	9-1/2 aprox.
B = longitud del extremo de la sección (b)	1-3/8 aprox.	1 aprox.	3/4 aprox.	1/2 aprox.	3 mínimo.
C = diámetro del extremo de la sección	3/4	3/4	23/32	7/8	3/4
E = longitud del respaldo	-	5/8 aprox.	-	3/4 aprox.	5/8 aprox.
E = sección de transición	-	5/8 aprox.	-	3/4 aprox.	5/8 aprox.
F = diámetro del respaldo	-	5/8	-	5/8	19/32

Figura 3.13) Diversos tipos de probetas comunes redondeadas normalizadas para pruebas de tensión.

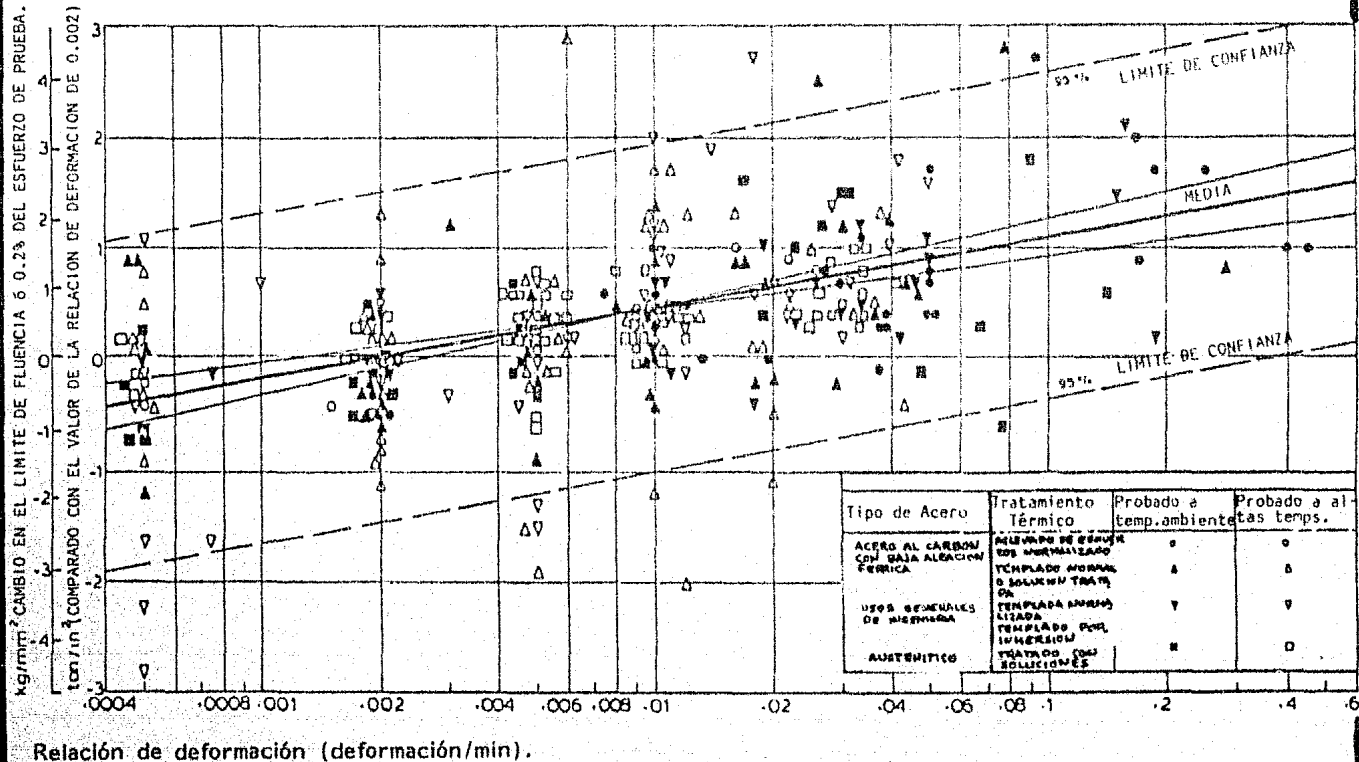
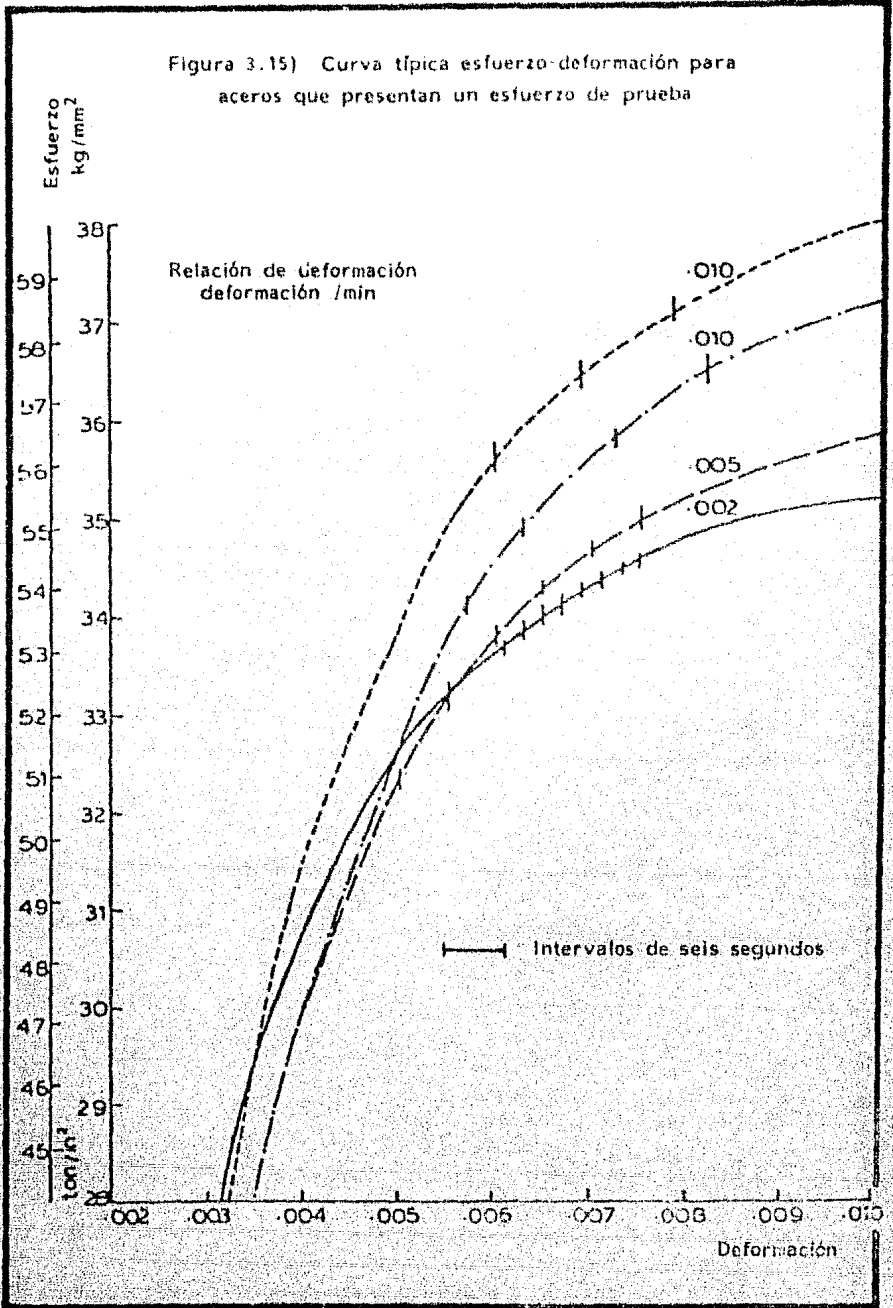


Figura 3.14) Cambio en el límite de fluencia ó 0.2% del esfuerzo de prueba con relación de deformación.

Figura 3.15) Curva típica esfuerzo-deformación para aceros que presentan un esfuerzo de prueba



Normas	Determinación de límite de fluencia o límite elástico o esfuerzo de prueba	En el rango plástico
ISO/R82 Acero	1. La velocidad de aplicación del esfuerzo no es mayor que $1 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$ 2. La velocidad de deformación no debe ser mayor que $0.3\% \text{ L/min}$ 1) $< 1 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$ 2) $< 0.3\% \text{ L/min}$	La velocidad de deformación no debe ser mayor de $40\% \text{ L/min}$ $< 40\% \text{ L/min}$
ISO/R86 lámina de acero, fleje o banda	$< 1 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$	25 mm/min $(32\% \text{ L/min})$ $(50\% \text{ L/min})$
ISO/R89 Alambre	$< 1 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$	$< 3 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$ en ningún momento debe exceder de $10 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$
ASTM-A370 Acero	1. $< 1/16" \text{ L/min}$ 2. $< 100,000 \text{ lb/pulg}^2/\text{min}$	$< 3 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$ siempre que no exceda de $10 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$
DIN 50146	1. $< 1 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$ 2. $< 0.3\%/\text{min}$	$< 25\% /\text{min}$
JIS Acero	$1 \text{ a } 3 \text{ kg/mm}^2/\text{seg}$	$20 \text{ a } 80\% /\text{min}$

L = longitud de medición.

Tabla 3.5

Velocidad de prueba a temperatura ambiente

adoptar exclusivamente la determinación de los puntos de fluencia inferiores. La figura 3.16 presenta una recopilación de la forma en que se determinan los límites de fluencia inferiores.

4. Las velocidades de prueba son un factor esencial de las pruebas de tensión a alta temperatura, y la tabla 3.6 muestra las especificaciones obligatorias en diferentes países. Por la naturaleza misma de las pruebas en el rango plástico, se especifican las velocidades de aplicación de carga, con relación a las velocidades de deformación, comparándolas con la velocidad de aplicación de esfuerzos al ejecutar pruebas a temperaturas normales.

5. Curvas esfuerzo-deformación.

a) Al incrementar las cargas de tensión en las probetas, se verán sometidas a una elongación gradual y se irán adelgazando más y más, hasta que se produzca un adelgazamiento local que provoque la falla de la probeta. Cuando se aplica una fuerza a un material, ésta produce fuerzas de reacción dentro del mismo. La fuerza de reacción por unidad de área, es llamada fuerza interna o esfuerzo. La relación de los valores de alargamiento con respecto a la longitud inicial, es llamada deformación o elongación. La representación gráfica de la relación que existe entre esfuerzo y deformación cuando se aplica a la prueba de tensión, se denomina curva de esfuerzo-deformación, que desempeña un papel esencial en la determinación de las propiedades de los materiales involucrados.

En la figura 3.17 se muestra la curva esfuerzo-deformación del acero, en la cual se encuentran los siguientes puntos importantes.

Normas	El esfuerzo de fluencia debe determinarse el esfuerzo de prueba	En el rango plástico
ISO/R205 < 600°C (1000°C)	< 8 kg/mm ² /min (0.1 a 0.3% L/min)	
ASTM-E21 ASTM-E151 ≥ 1800°F	ó 5%	5% L/min 10% L/min
DIN-50112 < 350°C	< 0.5 kg/mm ² /min	
BS ≤ 800°C	0.1 a 0.3%	
< 1200°C	Velocidad de separación de las mordazas 4 a 10% L/min	
JIS G0567 < 1000°C	< 0.3% /min	7.5 ± 2.5% P/min

L = longitud de medición

P = longitud paralela

Tabla 3.6

Velocidad de prueba a altas temperaturas

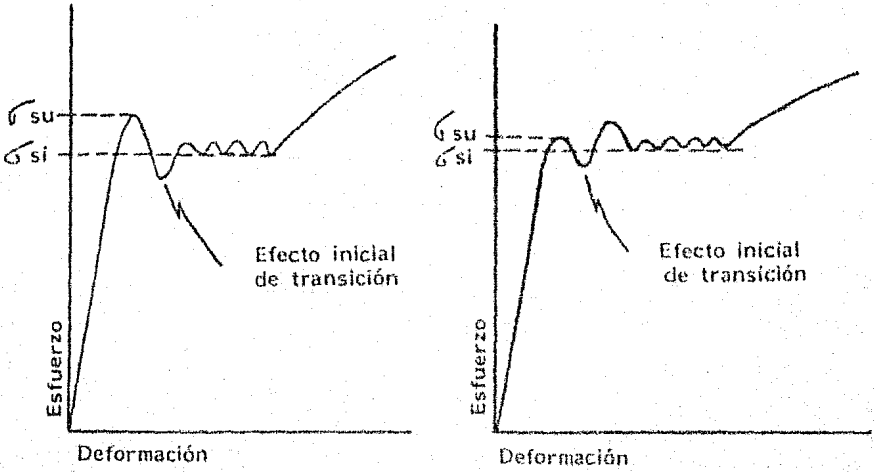


Figura 3.16) Curvas de esfuerzo-deformación
Ilustración de la zona de fluencia (ISO/R82)

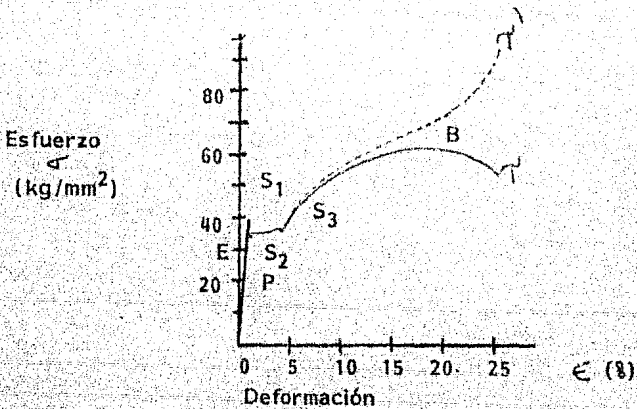


Figura 3.17) Curva de esfuerzo-deformación

En la mayoría de las naciones se dan especificaciones de dichos puntos de la curva. Las siguientes observaciones marcan los puntos más relevantes de la especificación japonesa JIS Z 2241, concordante en su mayor parte con la norma oficial mexicana.

b) Método de medición para obtener el área de la sección original y la longitud de medición.

i) El área de la sección transversal original en la porción paralela de la probeta, debe ser considerada como el valor promedio del área de la sección transversal tomada en tres puntos, cerca de los dos extremos y del centro de la longitud de medición. En donde la probeta haya sido reducida por alguna razón, el área determinada de la sección transversal mínima debe ser considerada el área de la sección original.

El diámetro o anchura y espesor para determinar cada área transversal, debe ser medido con una exactitud de 0.05% del tamaño, utilizando un instrumento de medición adecuado.

Para tamaños menores de 2 mm, la medición debe tomarse a 0.01 mm. El diámetro para determinar el área transversal de una forma circular, deberá de ser tomado del valor promedio medido en dos direcciones en ángulos rectos uno del otro.

ii) La longitud de medición debe determinarse con una exactitud mínima de 0.1% del valor numérico del tamaño, utilizando un instrumento adecuado. Para un tamaño menor de 100 mm, la medición debe de ser tomada a 0.1 mm.

c) Esfuerzo de fluencia.

Los esfuerzos de fluencia superior e inferior, se calculan con la siguiente fórmula (ver figura 3.16).

$$\sigma_{su} = \frac{P_{su}}{F_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{sl} = \frac{P_{sl}}{F_0}$$

Donde:

F_0 : área de la sección original (mm^2).

P_{su} : para máquinas con indicador de carátula, la carga mayor (kg) justo antes que la aguja se detenga o empiece a retroceder.

P_{sL} : la carga menor (kg) durante la deformación plástica cuando se produce la fluencia, ignorando cualquier efecto inicial transitorio que pueda ocurrir.

d) Resistencia de fluencia.

- 1) La resistencia de fluencia debe ser calculada con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{P_{\epsilon}}{F_0}$$

Donde:

σ_{ϵ} : resistencia de fluencia (kg/mm^2).

P_{ϵ} : elabore el diagrama de carga-alargamiento utilizando un extensómetro y dibuje una perpendicular desde el punto donde el eje de la elongación corresponda al valor de la deformación permanente (ϵ).

La intersección de la línea con la porción inicial del diagrama representa el esfuerzo de fluencia en kg (ver figura 3.16).

Si solamente se trata de averiguar si el esfuerzo de fluencia está más arriba del valor especificado, éste se determinará por el valor de la elongación permanente, que resulta después de que la carga obtenida multiplicando el valor especificado por el área de la sección original, haya sido aplicada a la probeta por un período de 15 segundos.

Observaciones:

- i) La fórmula anterior para determinar la resistencia de fluencia, puede escribirse también como sigue, cuando se especifica el valor de la deformación permanente.

$$\epsilon = 0.02\% \quad (\text{Ver figura 3.18})$$

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{F_0}$$

- ii) Cuando el valor total de deformación $\lambda\%$, está claramente por debajo de la carga que produce la elongación permanente $\epsilon\%$, el esfuerzo de fluencia lo podremos determinar por la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\epsilon}(\lambda) = \frac{P_{\lambda}}{F_0}$$

En lugar de la fórmula dada en (i).

Donde:

$\sigma_{\epsilon}(\lambda)$: el esfuerzo de fluencia (kg/mm^2) obtenido por el método de deformación total.

P_{λ} : la carga (kg) para el valor de la deformación total $\lambda\%$ a la carga medida por el extensómetro.

e) Esfuerzo de tensión.

El esfuerzo de la tensión puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}$$

Donde:

σ_B : esfuerzo de tensión (kg/mm^2)

P_{\max} : tensión de carga (kg).

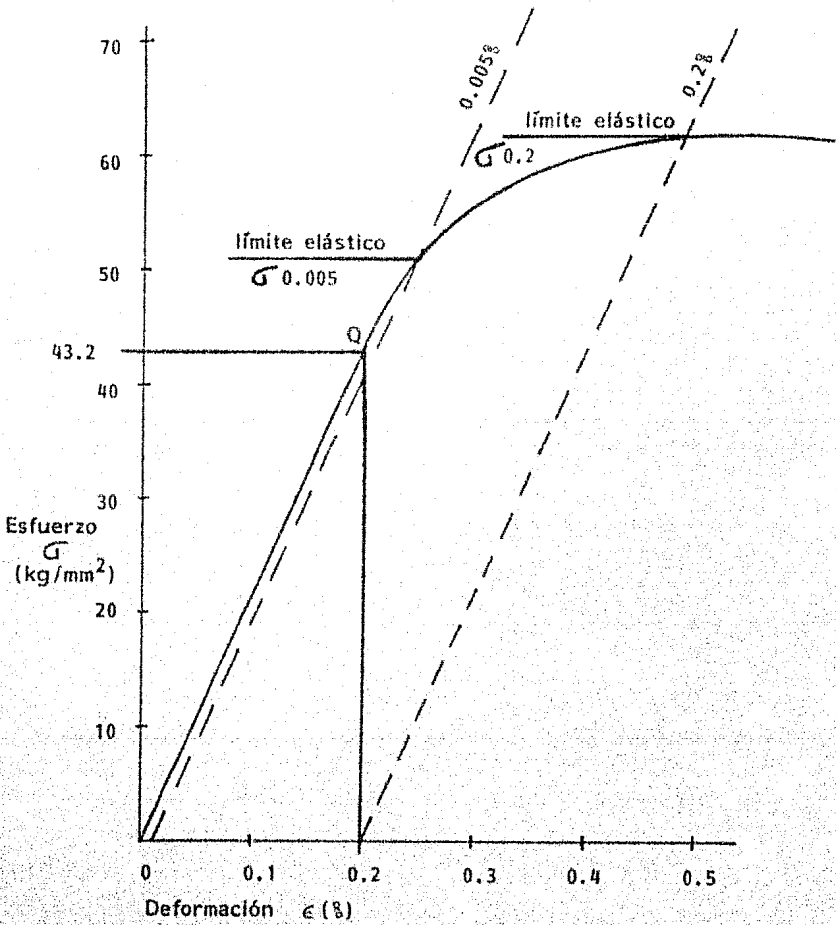


Figura 3.18) Curva esfuerzo-deformación

Las cifras que representan la carga para calcular el punto de fluencia, resistencia de fluencia y el esfuerzo de tensión, deberán escribirse con un mínimo de 0.5% de la magnitud. El valor numérico del punto de fluencia, resistencia de fluencia y resistencia a la tensión, deben ser calculados hasta décimas.

f) Elongación (alargamiento o deformación).

i) La elongación se calcula con la siguiente fórmula:

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$$

Donde:

ϵ : elongación (%).

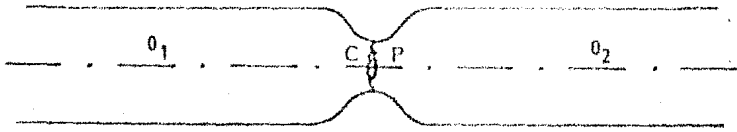
l : longitud entre puntos de medición (mm), medida como se indica en (b) (ii) acercando con cuidado las superficies fracturadas, poniendo en contacto una contra otra, manteniendo la línea central de cada pedazo en una línea recta.

l_0 : longitud de medición (mm).

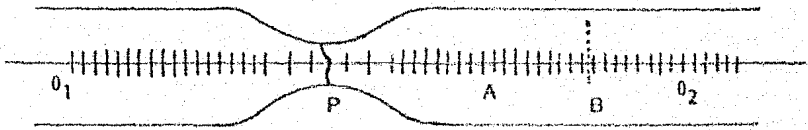
Observación:

- i) Cuando se presenta un claro CP en la parte media de la junta fracturada de una pieza de prueba plana (ver figura 3.19), la dimensión CP no debe deducirse en la medición la distancia marcada entre los puntos 0_1 y 0_2 , para el cálculo de la elongación.
- ii) Cuando la posición de la fractura se localiza como en B en (iv) y el valor equivalente de la elongación como si la fractura hubiese ocurrido al centro de los puntos marcados, como es deseable, una consideración puede hacerse de la siguiente manera: (ver figura 3.20).

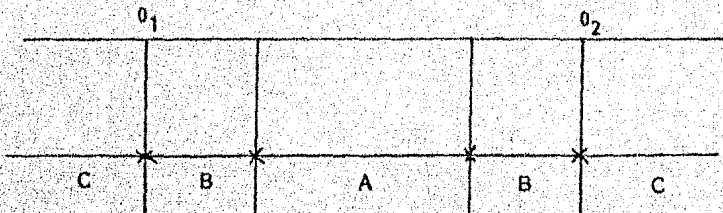
1. La distancia entre las marcas debe dividirse graduándola en partes iguales de longitud adecuada.



Claro cp
Figura 3.19)



Fractura en B
Figura 3.20)



Ruptura dentro de 1/4 de la longitud de medición
Figura 3.21)

2. Después de la prueba, las piezas rotas se vuelven a juntar y la distancia equivalente de PO_1 , el punto de referencia así como el punto de fractura sobre el extremo más corto de las dos piezas rotas, se marca fuera de la marca más cercana A sobre la pieza más larga y se mide la distancia $O_1 A$.
3. El número de divisiones entre el punto marcado como O_2 y A en la pieza mayor debe llamarse "n". Cuando "n" es un número par, el $n/2$ de la graduación para A en la dirección de O_2 , y el punto entre $(n-1)/2$ y $(n+1)/2$, cuando es un número non, se llama B. Entonces la distancia A B da el valor requerido.
4. El valor supuesto es dado por la siguiente fórmula y debe indicarse como "valor supuesto".

$$\text{Valor supuesto} = \frac{O_1A + 2AB - \text{longitud de medición}}{\text{longitud de medición}} \times 100\%$$

- iii) El valor numérico del alargamiento debe calcularse hasta décimas y debe redondearse.
- iv) El resultado de las pruebas de tensión, debe diferenciarse agregando los siguientes símbolos, dependiendo de la posición en que ocurra la ruptura de la pieza de prueba.
 - (A) Cuando la probeta se rompe en un punto dentro de $1/4$ de la longitud de medición, a partir del punto medio entre las marcas de referencia (porción A de la figura 3.21).
 - (B) Cuando la probeta se rompe más allá de $1/4$ de la longitud de medición considerando a partir del punto medio de las marcas de referencia, pero dentro de la longitud de las marcas (porción B de la figura 3.21).
 - (C) Cuando la probeta se rompe en una posición fuera de las marcas (porciones C de la figura 3.21).

Esta diferencia entre A, B y C se considera también por la longitud entre las marcas de referencia después de que la probeta se rompa.

Nota:

1. Cuando el alargamiento se produce en la porción C, y ruptura no cumple como lo indica la norma, se permite repetir la prueba.
2. Existe un aparato para dividir la longitud de medición como el que se muestra en la figura 3.22 y se emplea como un dispositivo para subdividir el espacio de la longitud de medición. El giro de la manivela permite que los especímenes de prueba -- puedan ser marcados en espacios de 5 ó 10 mm.

g) Reducción del área.

- i) Para la medida de reducción, se considera una sección circular a la pieza de prueba.
- ii) La contracción del área deberá ser calculada con la siguiente fórmula:

$$\emptyset = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100$$

Donde:

\emptyset = Reducción del área (%).

F = Sección del área mínima (mm²), medida como se indica en 6.1, mediante la colocación de las partes fracturadas, juntas una frente a otra.

F₀ = Área transversal original (mm²).

6. Medida fina del alargamiento.

- a) La resistencia de fluencia σ_e o $\sigma_{0.2}$, límite elástico σ_e , módulo de elasticidad E.

Cuando se desean conocer estos valores, se requieren dispositivos especiales para una medición precisa del alargamiento. Esto es debido a que debe conocerse la manera en que se deforman las probe-

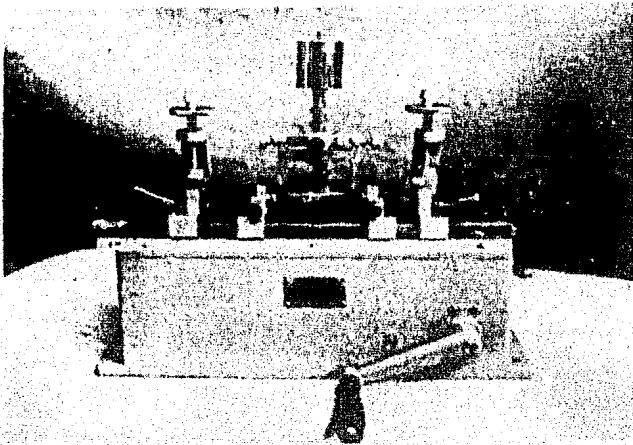


Figura 3.22) Divisor de la medida de longitud.

tas, dentro de 0.2% de su alargamiento (cuando la longitud de medición es de 50 mm es 0.1). El extensómetro de espejos del tipo Martens y el extensómetro YUSSA, han sido usados ampliamente cuando se requieren medidas de alta precisión.

Los de indicador de carátula, se consiguen en una gran variedad de formas, con menor sensibilidad si se les compara con los del tipo de espejos. Sin embargo, la medición de la resistencia de fluencia y del módulo de elasticidad, puede hacerse mediante indicadores de carátula que tienen divisiones de 1/200 a 1/1000 mm.

Este procedimiento requiere de dos operadores, ya que las mediciones se hacen simultáneamente con la lectura de las cargas. La curva esfuerzo-deformación, puede graficarse de manera incorrecta.

El desarrollo reciente de graficadores electrónicos para registrar cargas y deformaciones basado en un transformador diferencial, hace posible que un sólo operador grafique de la curva esfuerzo-deformación aplicando un extensómetro a la probeta. La amplificación de las mediciones llega hasta 2500 veces como máximo; es posible disponer de una serie de extensómetros dependiendo de los perfiles de las probetas y de los dispositivos de prueba.

La norma ASTM (E 83-57 T) establece las clases de extensómetros para mantener la precisión de acuerdo con sus aplicaciones (ver tabla 3.7).

b) Medición del límite de fluencia.

En la figura 3.18 se muestra la curva esfuerzo-deformación de aceros obtenida empleando un graficador electrónico, indicando los puntos de

Clasificación	Máximo error de deformación indicado	Error/L 50 mm	Aplicaciones
A	0.00001	0.5 micras	1) Determinación precisa del valor del módulo de elasticidad. 2) Mediciones delicadas de estados permanentes o desviaciones muy ligeras de la Ley de Hooke.
B-1	0.0001	5 micras	1) Determinación del módulo de elasticidad. 2) Mediciones de estados permanentes o desviaciones de la Ley de Hooke.
B-2	0.0002	10 micras	Determinación del rendimiento de deformación.
C	0.001	50 micras	
D	0.01	0.5 mm	
E	0.1	5 mm	

L = Longitud de medición.

Tabla 3.7) Clasificación de extensómetros (ASTM E83)

fluencia. (Obtenibles con el tipo de espejo o de indicador de carátula). La amplificación estandar del extensómetro debe ser 100 a 500 veces. Sobre el eje de las abscisas con relación a la curva obtenida, se mide una longitud equivalente al 0.2% de la longitud de medición. $S = \text{longitud de medición (mm)} \times (0.002) \times \text{amplificación del extensómetro (mm)}$, se traza una paralela a la elástica y se registran las lecturas sobre la ordenada correspondiente a la intersección con la curva, ésto es lo que se llama límite elástico. Cuando la longitud de medición es en 50 mm y la amplificación del extensómetro es 500 veces, se tiene:

$$S = 50 \times 0.002 \times 500 = 50 \text{ mm}$$

c) Medición del límite elástico.

El límite elástico es el esfuerzo máximo que puede ser aplicado a un material, sin causarle una deformación permanente que pueda permanecer en el material después de retirarle la carga. En la práctica estas mediciones son muy difíciles de ejecutar, usualmente se toma el esfuerzo que puede producir una deformación permanente de 0.001 a 0.005% (ver figura 3.18).

Así como se obtiene el límite de fluencia, la longitud se anota en la abscisa.

$$S' = \text{longitud de medición (mm)} \times \text{deformación dada permanente (\%)} \times \text{amplificación del extensómetro (mm)}.$$

Cuando la longitud de medición es de 50 mm, la deformación permanente es de 0.005% y la amplificación del extensómetro es 1000 veces, se tiene:

$$S' = 50 \times 0.0005 \times 1000 = 2.5 \text{ mm}$$

Desde aquel punto, se traza una paralela a la curva elástica y se obtiene el límite elástico de σ 0,005 desde la intersección con la curva. Dichas medidas requieren precisiones de 1/2 micra (2000 veces o más de amplificación).

d) Medición del módulo de elasticidad.

Los módulos de elasticidad constituyen una relación del esfuerzo contra la deformación dentro de un límite proporcional, así que desde el punto Q dentro del límite proporcional de la curva, en la figura 3.18, se dibujan las paralelas a ambos ejes coordenados, tomando las lecturas en la intersección y usando la siguiente fórmula, para obtener el resultado:

$$E = \sigma/\epsilon = 43.2/0.002 = 2.16 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

En la actualidad no existen escalas correspondientes a ϵ y σ en los graficadores, así que, no hay manera simple de efectuar los cálculos; sin embargo, una manera fácil de como se determina el valor de ϵ , y desde ese punto (por ejemplo 0.002 = 0.2%), se traza una línea vertical y se registra el valor de la carga en el punto Q, al intersectar la curva elástica. Este se divide entre el área seccional transversal de las probetas y así obtenemos σ y como consecuencia σ/ϵ . La amplificación de los extensómetros, es por norma, 500 veces o más y para las mediciones finas, usualmente se requiere de 1000 veces o más.

e) Medición del límite proporcional.

El punto Q en la figura 3.18, representa lo que se define como límite

proporcional, donde la deformación es proporcional al esfuerzo y se aplica la ley de Hooke de proporcionalidad entre las deformaciones y esfuerzos. En este caso, los extensómetros que se requieren como se especifica en la norma ASTM E 83, son de la Clase A, requiriéndose de extremos cuidados y precisión para efectuar las mediciones.

f) Ejemplos de determinación de curvas de esfuerzo-deformación.

En las figuras 3.23 a 3.40, se muestran las determinaciones de curvas de esfuerzo-deformación en diversos materiales sometidos a pruebas de tensión, utilizando graficadores electrónicos.

7. Pruebas de tensión para productos metálicos derivados.

- a) Los cables trenzados, alambre de aluminio trenzado para líneas de transmisión, cadenas, barra redonda, acoplamientos metálicos fijos y otros productos metálicos secundarios pueden ser ensayados empleando una máquina de ensaye de tensión de tipo horizontal, algunas de las cuales tienen capacidades que van desde 50 a 1200 toneladas.

La figura 3.41 muestra una vista exterior de la máquina Shimadzu de tipo horizontal de 250 toneladas, para pruebas de tensión en cable metálico. Casi todas con sistemas hidráulicos y capaces de aplicar velocidades de tensión de aproximadamente 100 mm/min. Las cadenas náuticas necesitan cerca de 30 metros de espacio para una distancia media entre mordazas, por lo tanto, requieren de marcos más largos en las máquinas.

- b) Para la prueba de tensión del cable de alambre, se hace una aleación fundiendo las preparaciones del extremo final del cable en un molde

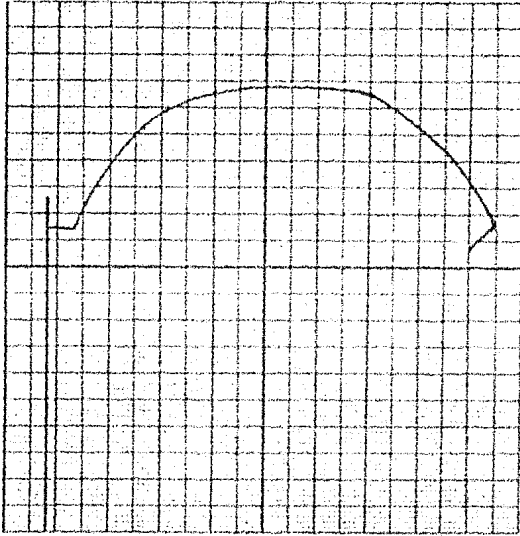


Figura 3.23

Acero al Carbón

Contenido de carbón: 0.30 a 0.40%

Material	S35C (JIS)
Dimensión	12 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	10 ton
Amplificación	12.5 veces

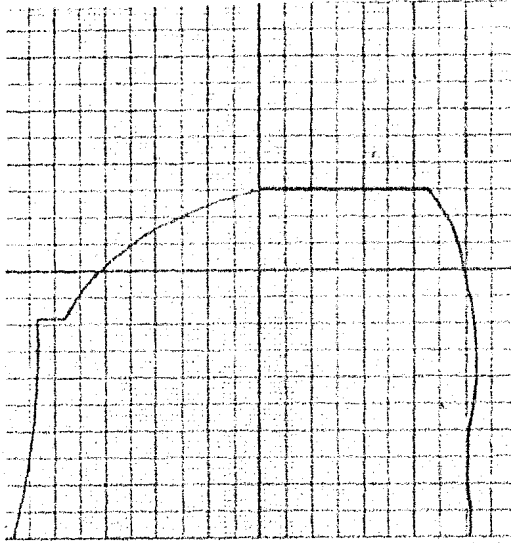


Figura 3.24

Acero al Carbón

Contenido de carbón: 0.35 a 0.45%

Material	540C (JIS)
Dimensión	13 ² mm
Longitud	150 mm
Escala	15 ton
Amplificación	4 veces

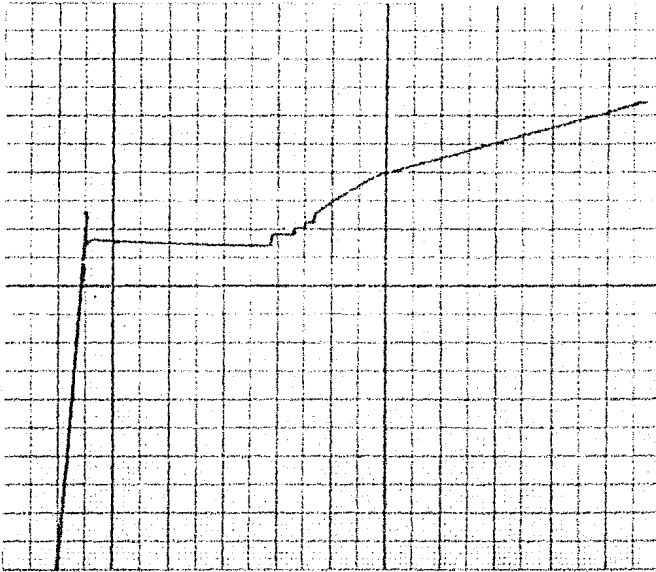


Figura 3.25

Acero al Carbón

Contenido de carbón: 0.35 a 0.45%

Material	540C (JIS)
Dimensión	12 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	6 ton
Amplificación	125 veces

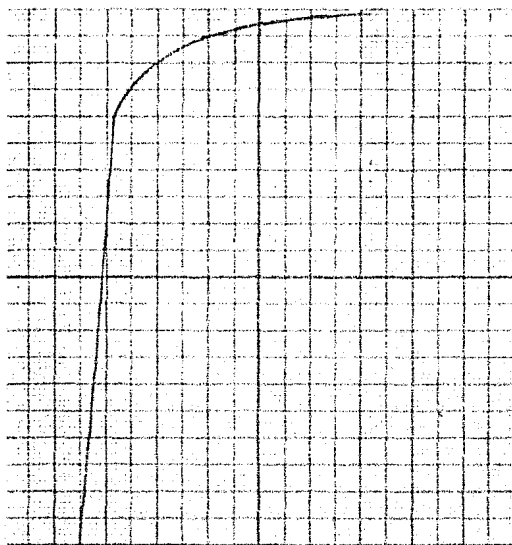


Figura 3.26

Acero para Resortes

Material	SUP6 (JIS)
Dimensión	22 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	50 ton
Amplificación	50 veces

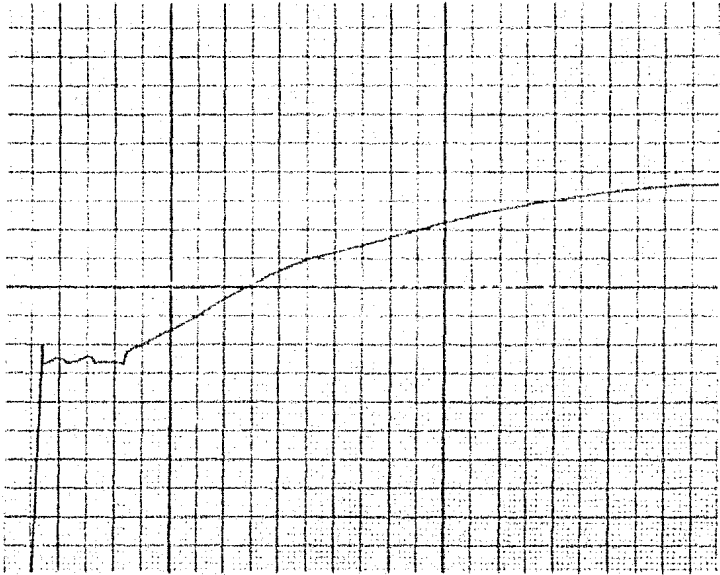


Figura 3.27

Acero Fundido al Carbón

Material	SC40 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	10 ton
Amplificación	50 veces

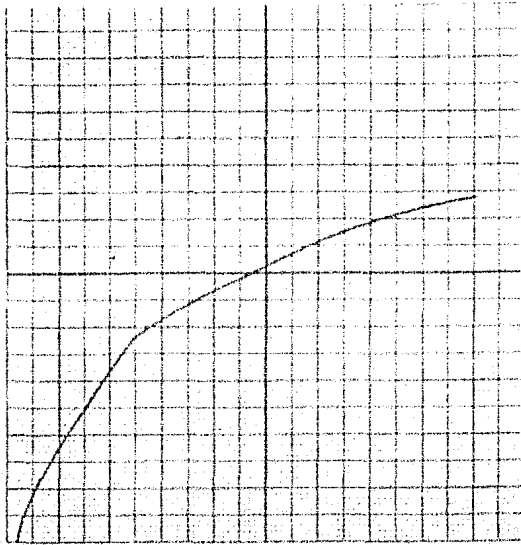


Figura 3.28

Fundición de Hierro Gris

Material	FC20 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	50 ton
Amplificación	500 veces



Figura 3.29

Fundición de Hierro con Grafito Esferoidal

Material	PCD45 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	10 ton
Amplificación	625 veces

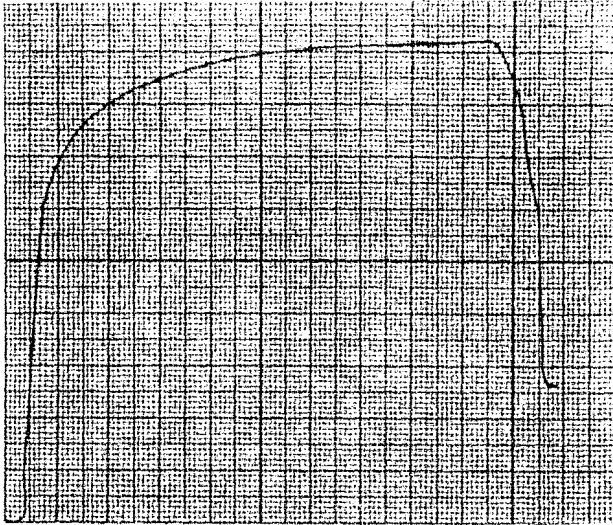


Figura 3.30

Acero para Herramientas

Materia:	SE4B (JIS)
Dimensión	9 ² mm
Longitud	150 mm
Escala	6 ton
Amplificación	4 veces

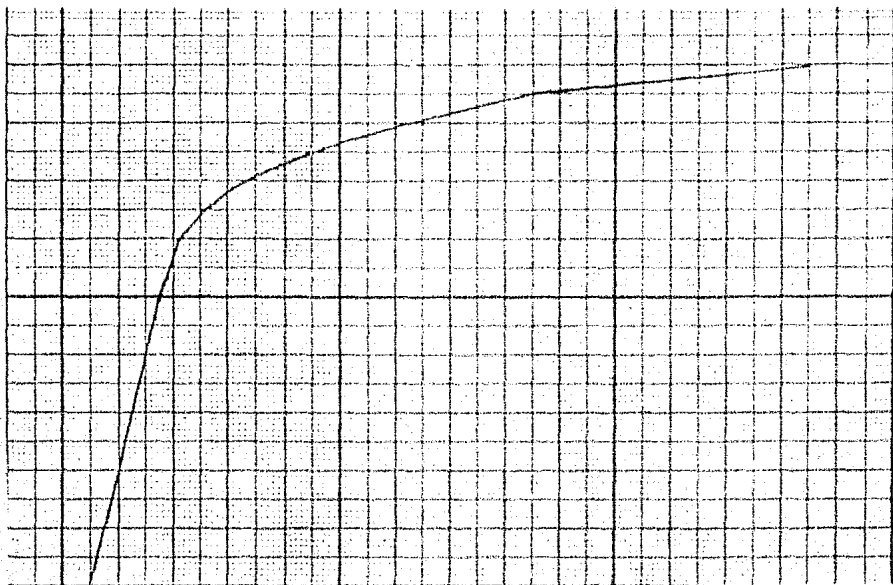


Figura 3.31

Acero para Herramientas

Material	SK4B (JIS)
Dimensión	10 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	6 ton
Amplificación	1.5 veces

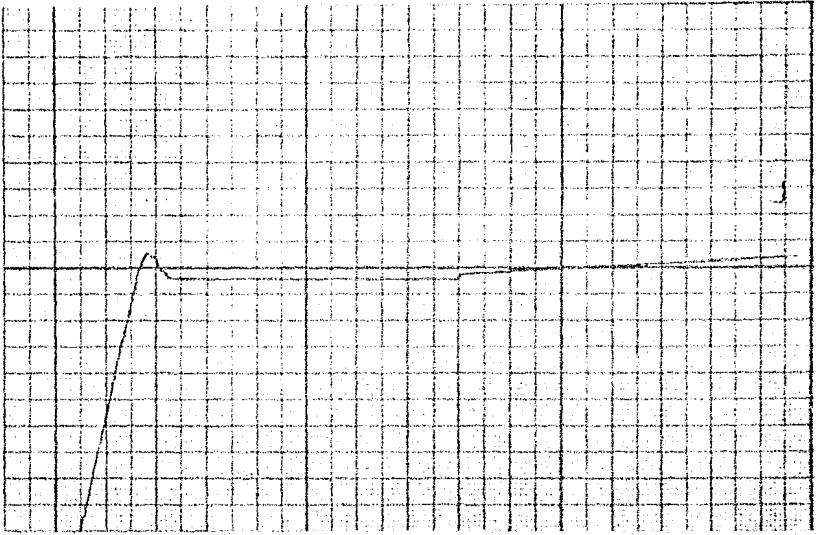


Figura 3.32

Acero con Aleación de Niquel-Cromo

Material	SNC3 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	25 ton
Amplificación	125 veces

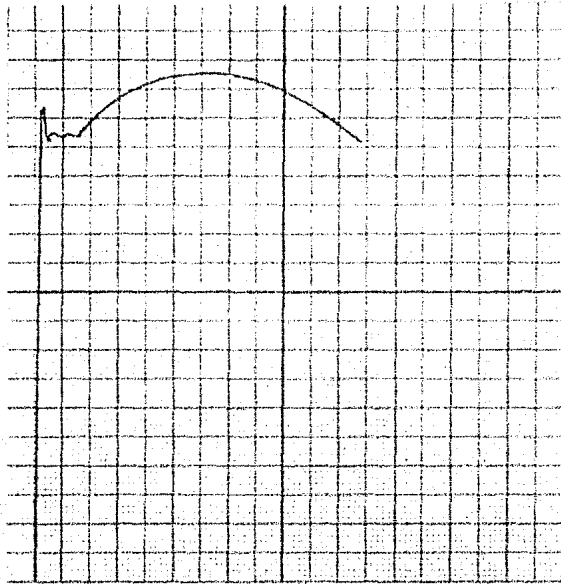


Figura 3.33

Acero con Aleación de Níquel- Cromo

Material	SNC3 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	15 ton
Amplificación	12.5 veces

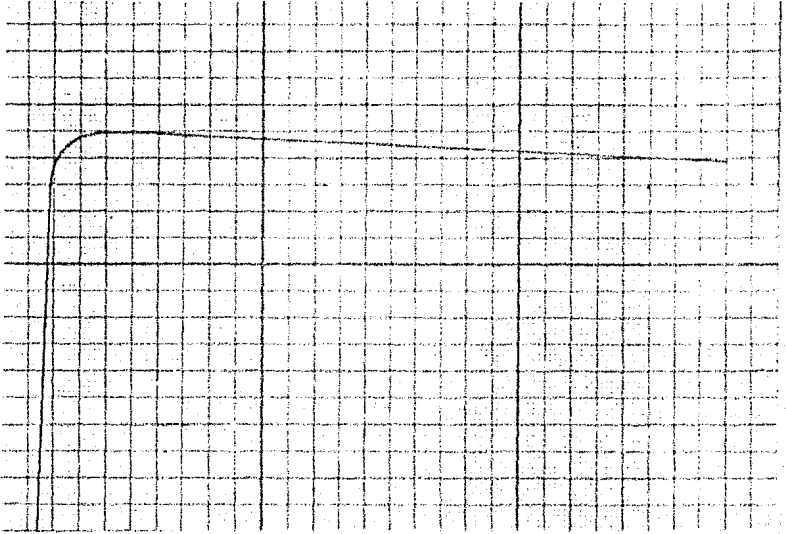


Figura 3.34

Barra de Aluminio

Material	A1050 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	2.5 ton
Amplificación	50 veces

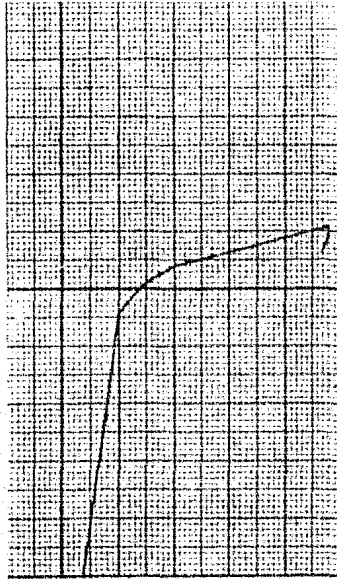


Figura 3.35

Fundición de Aluminio Aleado

Material	AC4C-36 (JIS)
Dimensión	12 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	6 ton
Amplificación	125 veces

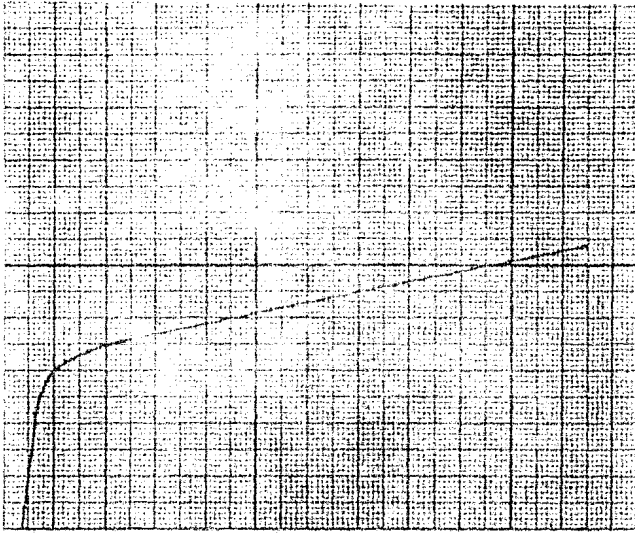


Figura 3.36

Barra de Bronce

Material	BsBM2 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	10 ton
Amplificación	50 veces

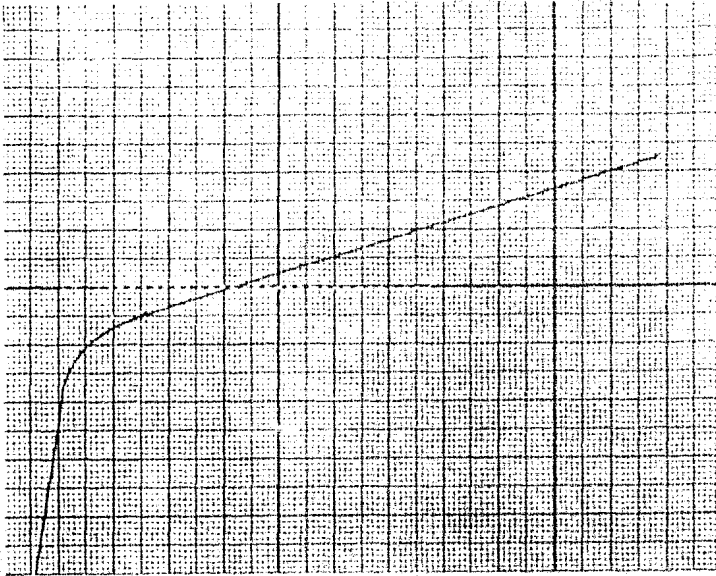


Figura 3.37

Aluminio Aleado de Alta Resistencia

Material	ACB2 (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	5 ton
Amplificación	125 veces

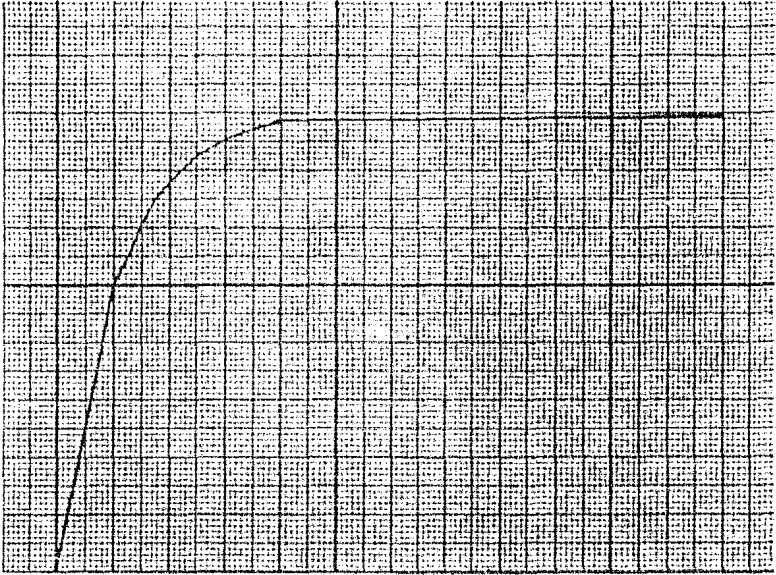


Figura 3.38

Bronce Fosforado

Material	FBFS- $\frac{1}{2}$ H (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	5 ton
Amplificación	125 veces

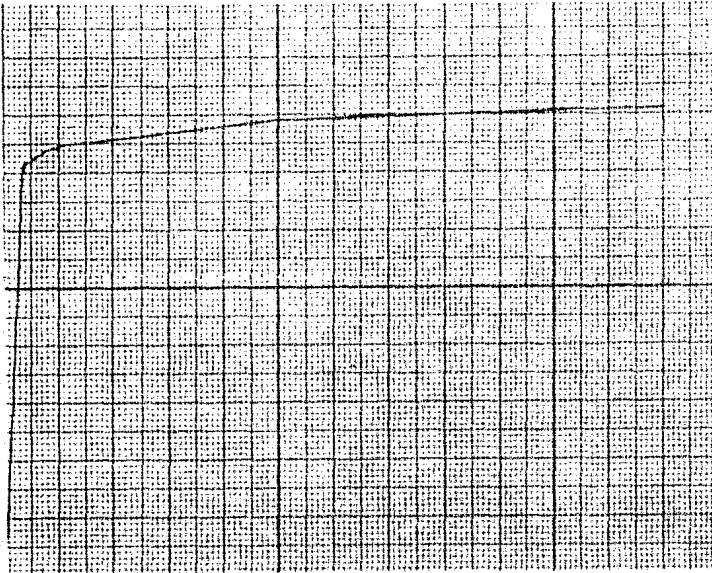


Figura 3.39

Barra de Cobre

Material	CuB2-H (JIS)
Dimensión	14 ² mm
Longitud	50 mm
Escala	5 ton
Amplificación	50 veces

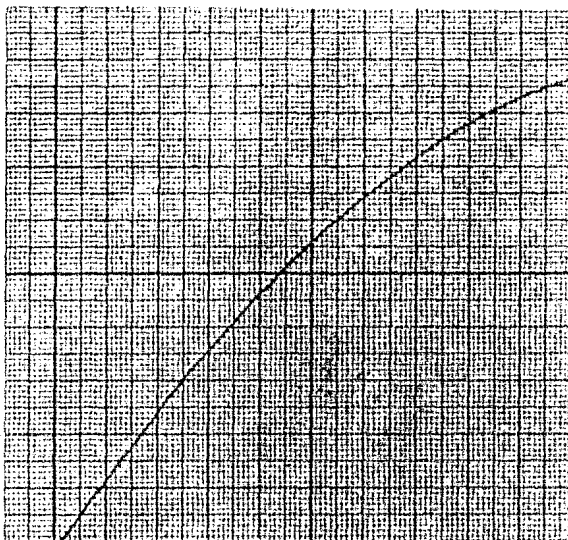


Figura 3.40

Resina Acrílica

Material	Resina acrílica
Dimensión	10 x 19 mm
Longitud	50 mm
Escala	1.5 ton
Amplificación	125 veces

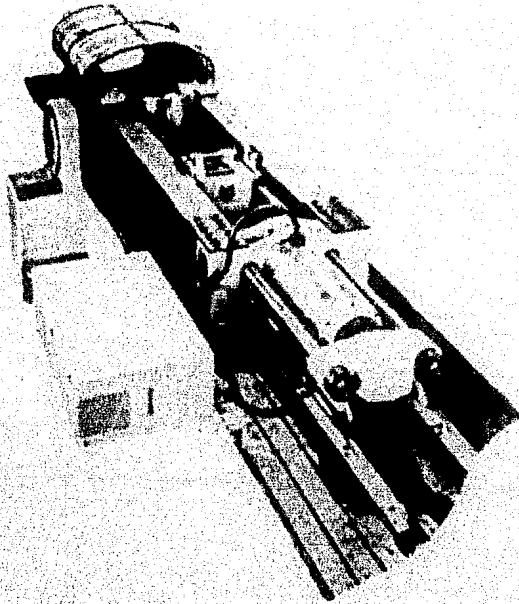


Figura 3.41) Máquina de ensaye para pruebas de tensión del tipo horizontal, para pruebas de cables.

cónico, el cual deberá estar sujeto por las mordazas del aditamento que se muestra en la figura 3.42. Para alambres de transmisión de aluminio, se cambia la composición de la aleación por metales fusibles, teniendo cuidado de enfriar la parte baja rápidamente, después del vaciado dentro de los moldes y con el objeto de evitar que la pieza de prueba se funda (ver tabla 3.8).

- c) Para las pruebas de tensión de cadenas, se usan mordazas que se ajustan a la forma de la probeta con el espécimen atravesado, como muestra la figura 3.43.

3.2. Prueba de tensión para materiales no metálicos.

Las características a la tensión de compuestos inorgánicos, son difíciles de probar, la prueba de doblado es una alternativa en este caso. Pueden aplicarse las normas extranjeras vigentes (por ejemplo, cemento y vidrio). Los compuestos orgánicos son más manejables para las pruebas de tensión, las velocidades a las que se aplican los esfuerzos de tensión tienen relación directa con la resistencia que alcanzan los materiales. Muchas normas mencionan las velocidades de prueba aplicable a la mayoría de los materiales que van a ser probados.

1. Hules (especificación japonesa JIS K 6301).

500 mm \pm 25 mm/min para probetas de sección reducida (números 1,2,3).

300 mm \pm 15 mm/min para probetas de forma de anillo (números 4 y 5).

Existen además, las pruebas de desgarramiento y exfoliación, cuyas velocidades de prueba están dadas en combinación con la velocidad de desplazamiento de las mordazas.

Probeta	Plomo Pb(%)	Antimonio Sb(%)	Zinc Zn(%)	Bismuto Bi(%)	Cadmio Cd(%)	Estaño Sn(%)
Cable de siambres	68	12	20			
Cable de alambres	83	17				
Cable de aluminio con alma de acero	25			50	12.5	12.5

Tabla 3.8) Aleaciones para varias probetas comunes

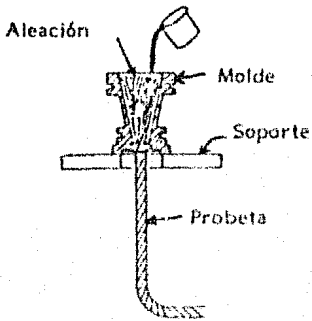


Figura 3.42
Extremo del Cable

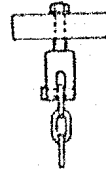
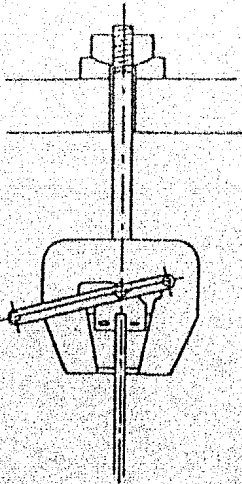
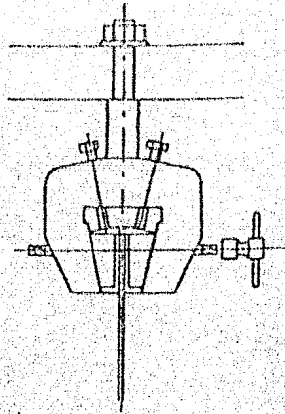


Figura 3.43
Mordaza para Cadena



Tipo de asiento esférico



Tipo Fijo

Figura 3.44) Mordaza para materiales textiles

En las sujeciones se utilizan rodillos excéntricos con el objeto de retenerlos en su lugar, aún cuando las probetas se adelgacen al alargarse durante la prueba de alargamiento. Se requiere que cuando se prueban especímenes en forma de anillo, los rodillos de las mordazas puedan girar.

25 a 50 mm/min cuando se ensayan bandas de hule (especificación japonesa JIS K 6321), para bandas en forma de V (especificación japonesa JIS K 6323).

2. Papel (especificación japonesa JIS P 8113).

Se utilizan probetas de 200 x 15 mm, dependiendo del grosor del papel. Las velocidades de prueba que se aplican, son las siguientes:

Para 2.7 kg/15 mm (ancho) o menos (papel delgado), la ruptura ocurre después de 5 a 15 segundos.

Para 16 kg/15 mm (ancho) o menos (papel medio), la velocidad de ruptura debe producirse en el rango de 0.17 a 0.13 kg/seg.

Para 16 kg/15 mm (ancho) o más, la ruptura debe de producirse entre 30 y 60 segundos.

3. Materiales Textiles.

La especificación japonesa JIS L 1001 a 1064, dá las disposiciones para la prueba e inspección de materiales textiles, hilo, tela, etc. Existen también especificaciones para cuerda (L 2701 y 2702) y jarcias marinas (L 3102). Para éstos, las velocidades de prueba son comúnmente de 300 mm/min o menos, condicionadas para la velocidad de desplazamiento de las mordazas. Se emplean varios tipos de mordazas, siendo esencial la selección adecuada de ellas, de acuerdo al tipo de probeta (ver figu-

ra 3.44). El desarrollo reciente de las fibras químicas, ha modificado considerablemente las características de resistencia. Debe prestarse especial atención al efectuar pruebas de tensión en productos de nylon, ya que se pueden provocar daños en las mordazas al presentarse deslizamientos en las sujeciones. En la figura 3.45 se observa una vista exterior de una máquina de ensaye para cables de fibras sintéticas.

4. Maderas (especificación japonesa JIS Z 2112).

Cuando se ensayan especímenes normalizados, la velocidad promedio que se aplica en tensión longitudinal es de $200 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$.

Para pruebas de tensión horizontal (dirección normal al grano), la velocidad debe ser $5 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ cuando se trata de materiales suaves y $15 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ cuando se trata de materiales duros. También se marcan las velocidades que deben aplicarse al ensayar triplays, así como la descripción de las sujeciones para pruebas de adhesividad, incluyendo las que se consideran más adecuadas según las normas ASTM (D 805 en vigor), de los EUA.

5. Teniendo en cuenta que los materiales plásticos presentan diferencias considerables entre los que se creen más duros, más suaves o de dureza intermedia, las especificaciones japonesas marcan tanto dimensiones como velocidades de prueba para cada tipo de material en particular. Los materiales en que deben efectuarse las pruebas de resistencia a temperaturas bajas o elevadas, deben ser mantenidos a temperatura constante, tanto para las pruebas de tensión como para las de compresión y doblado.

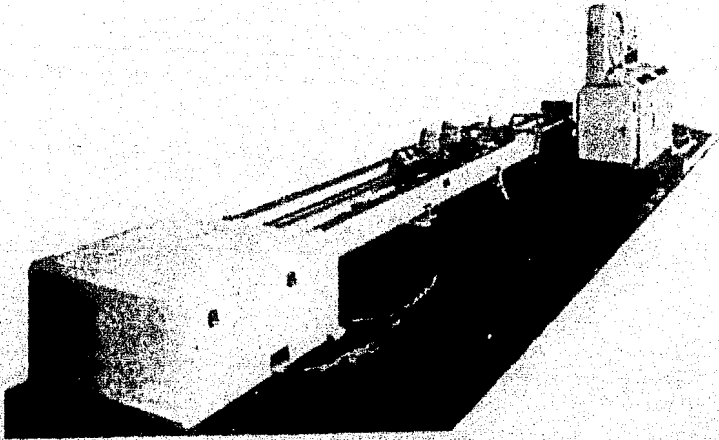


Figura 3.45) Máquina para pruebas de tensión, para cables de materiales químicos sintéticos.

3.3. Pruebas de compresión.

1. Descripción general.

Son aplicables en metales, suelos, cementos, concreto, tabiques, madera, plásticos, balas de acero (especificación japonesa JIS B 1501), tubos de acero (G 3432), tubos de concreto (A 5303), tubos de cerámica (R 1201), envases, embalajes (Z 0212), hules para absorber vibraciones, resortes, etc. También es aplicable en casos especiales, como son a columnas largas de concreto, elementos estructurales y llantas.

Para el ensayo de materiales, además de las máquinas universales, existen tipos muy definidos de máquinas de compresión de uso muy generalizado. Sin embargo, las características de las unidades indicadoras de carga, son semejantes para los dos tipos, mientras que las unidades que aplican la carga, varían de acuerdo al tamaño de los especímenes que deben probar. La mayoría de las máquinas operan con sistemas hidráulicos y el cilindro de carga se localiza en la base. Las máquinas en las que se ensayan estructuras, grandes tubos de conducción, grandes envases, etc., requieren de grandes marcos de carga.

2. Accesorios para pruebas de compresión.

a) La figura 3.46 muestra una platina de compresión de asiento esférico, el cual generalmente se usa para materiales duros incluyendo metales, cemento, concreto y para materiales frágiles.

Lo ideal es cuando el centro del radio de la superficie esférica se encuentra en un plano que está en contacto con el espécimen de prueba. Esto es sólo para que no haya posibilidad de excentricidad resultante

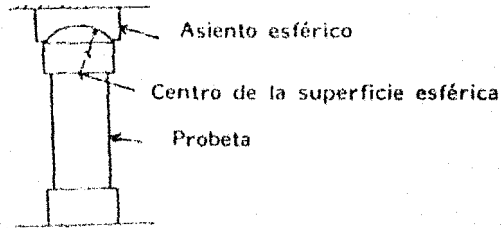


Figura 3.46) Platina de compresión con asiento esférico

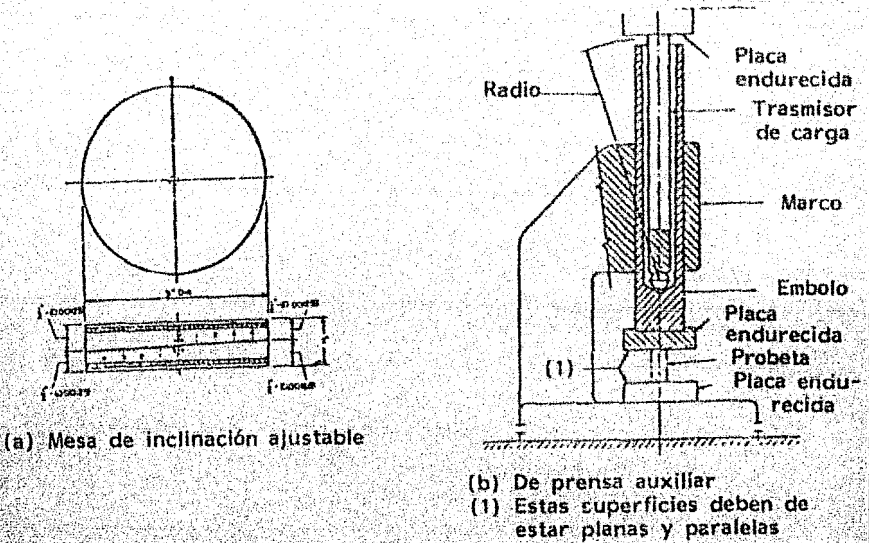


Figura 3.47) Dispositivos para pruebas de compresión (ASTM)

de las rotaciones, aunque en la práctica parece difícil que exista deslizamiento en una superficie esférica durante la aplicación de cargas, debido a la fricción. Hay otros tipos que tienen sistemas de flotación hidráulica, que tienen bolas de acero con radios más cortos de la superficie esférica.

- b) La ASTM recomienda mesas con inclinación ajustable (figura 3.47 (a)) y prensa auxiliar (figura 3.47 (b)).

Lo anterior, ayuda a cambiar la inclinación de las platinas de compresión de la prensa respecto a un plano horizontal, para hacer correcciones de modo que se logre que las superficies superior e inferior de las probetas hagan un contacto uniforme con la platina, girando dos piezas de los discos inclinados con relación al eje vertical; por último, se cuenta con una plantilla guiada que sirve para comprimir el espécimen en forma adecuada y paralela.

3. Descripción de la prueba de compresión.

a) Metales.

La especificación ASTM E 9 describe la prueba de compresión de materiales metálicos.

- b) Mortero. Las especificaciones japonesas JIS adoptan un sistema de especímenes de 40 mm de sección cuadrada.

- c) Concreto. Los cilindros de 150 mm de diámetro x 300 mm de alto (6 x 12 pulgadas), son de uso común.

- d) Plásticos. Generalmente se hacen pruebas a altas y bajas temperaturas.

- e) Balas de acero. Como se muestra en la figura 3.48, dos piezas colocadas una sobre la otra, se someten a la prueba de compresión (especificación japonesa JIS B 1501).
- f) Tubos hidráulicos. Para variedad de diámetros que van hasta 1800 mm para diámetro interior, las pruebas de compresión se conducen mediante hule y madera dura.
- g) Llantas. Las pruebas de compresión en llantas, están diseñadas para probar las propiedades de llantas de automóviles y otras llantas, algunas veces se aplican pruebas de flexión y de torsión durante los períodos de carga (ver figura 3.49).
- h) Hule antivibratorio. La norma japonesa JIS A 6385 estipula una prueba de resorteo constante.
- i) Estructuras. Hay una gran variedad de máquinas de prueba de gran capacidad, cuyos rangos oscilan desde 200 a 2000 toneladas; ejecutan pruebas en elementos y modelos de prueba de materiales de Ingeniería Civil y de construcción (ver figura 3.50).

4. Compresómetros.

Los materiales como la madera y el concreto, exhiben deformaciones pequeñas tal como lo hacen los metales; que pueden medirse por la deformación en compresión empleando un registrador electrónico o un compresómetro de carátula (ver figuras 3.51 y 3.52). El hule para absorber vibraciones requiere una lectura más precisa de los valores medidos aunque su deformación sea mucho mayor.

El indicador debe poder medir mayores deformaciones que las que sufren las probetas.

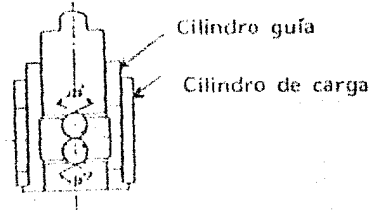


Figura 3.48) Dispositivo para pruebas de compresión para balas de acero.

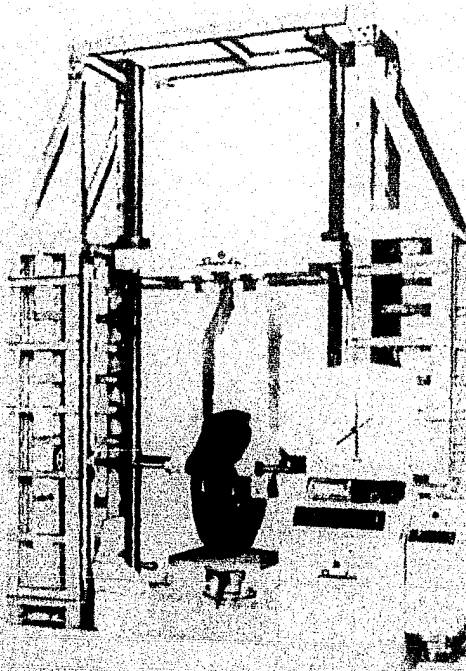


Figura 3.49) Máquina de ensaye para prueba de llantas de 50 toneladas de capacidad.



Figura 3.50) Máquina de ensaye con marco de carga de grandes dimensiones, para 500 toneladas.

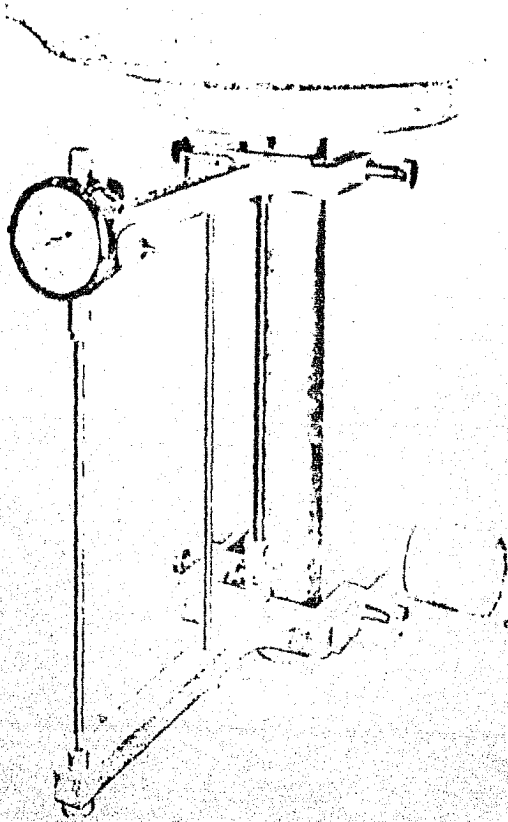


Figura 3.51) Compresómetro para madera con indicador de carátula.

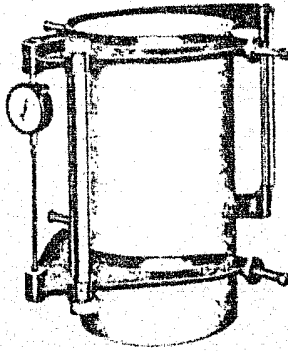


Figura 3.52) Compresómetro para concreto con indicador de carátula.

Cuando se prueban materiales frágiles, hay un tipo de máquina en la cual se efectúa la medición indirecta de la deformación por la separación de los sujetadores, desde la unidad de medición, evitando daño al elemento de medición debido a la ruptura.

3.4. Pruebas de flexión y doblado.

1. Prueba de flexión para metales.

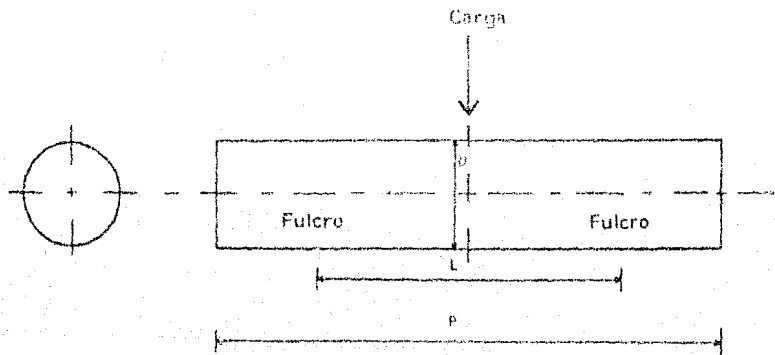
- a) Tiende a la determinación de la resistencia al doblado, las especificaciones JIS dan indicaciones para la prueba de flexión de hierro fundido. Hay cuatro tipos de tamaño de probetas A, B, C y D (ver tabla 3.9, especificación JIS G 5501 hierro fundido gris).

Las máquinas de pruebas de compresión y las máquinas universales, se utilizan por lo general para esta prueba; como se muestra en la figura 3.53, las cargas se aplican a las probetas y la deflexión máxima puede ser medida a través de un indicador de carátula.

Se recomienda el uso de guardas como medida de seguridad, ya que cuando las probetas se fracturan, se disparan en pequeños fragmentos.

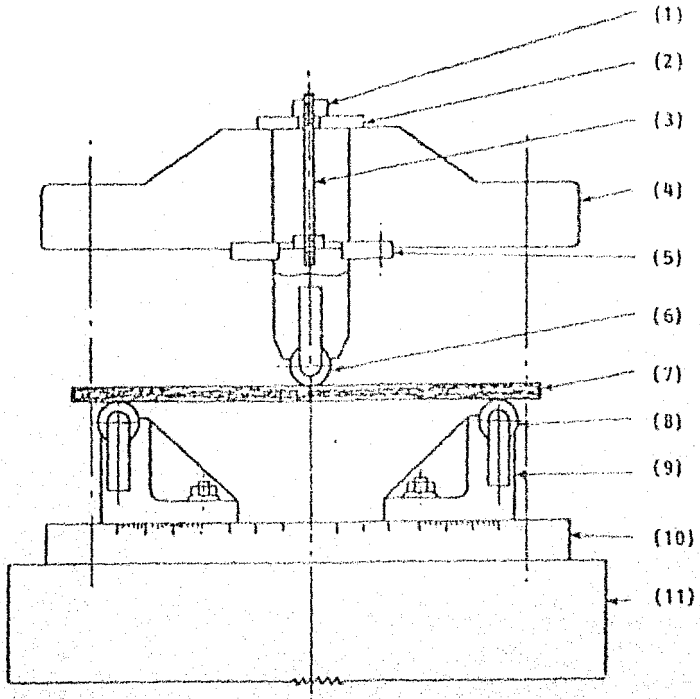
2. Prueba de doblado.

- a) Los materiales rolados se someten a pruebas de doblado (ver figura 3.54). La prueba de doblado, de acuerdo a la especificación japonesa JIS Z 2248, se refiere al doblado de probetas sobre radios interiores marcados hasta alcanzar ángulos de doblado especificados y después inspeccionando si existen grietas y otros defectos en la superficie exterior de las probetas dobladas.



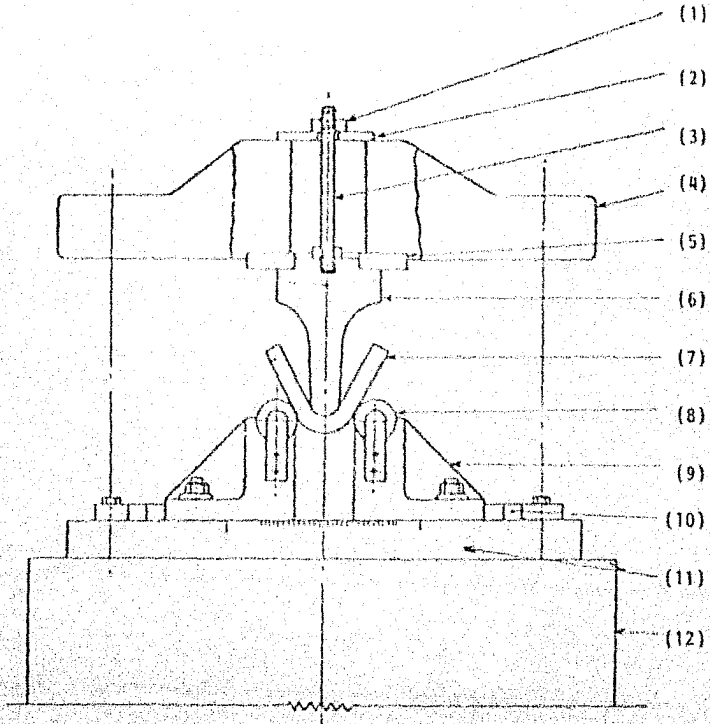
Tipo de la pieza de prueba	Diámetro D	Tolerancia diametral	Separación entre Apoyos L	Longitud P
A	13	± 1.0	200	Aprox. 300
B	20	± 1.0	300	Aprox. 350
C	30	± 1.5	450	Aprox. 500
D	45	± 2.0	600	Aprox. 650

Tabla 3.9) Tamaños de las probetas comunes para pruebas de flexión de metales



- (1) Tuerca de sujeción
- (2) Placa de sujeción
- (3) Tornillo de sujeción
- (4) Cabezal inferior
- (5) Placa de asentamiento para la placa de sujeción
- (6) Rodillo superior
- (7) Probeta
- (8) Rodillos inferiores
- (9) Soportes ajustables
- (10) Mesa de doblado
- (11) Mesa

Figura 3.53) Prueba de flexión



- (1) Tuerca de sujeción
- (2) Placa de sujeción
- (3) Tornillo de sujeción
- (4) Cabezal inferior
- (5) Placa de asiento para la placa de sujeción
- (6) Penetrador
- (7) Probeta
- (8) Rodillos inferiores
- (9) Soportes ajustables
- (10) Cuña
- (11) Mesa de doblado
- (12) Mesa

Figura 3.54) Prueba de doblado

Esto se hace para inspeccionar la rigidez de materiales, con objeto de determinar que tan plásticos son. Este tipo de prueba es de especial importancia para propósitos industriales, pero las definiciones numéricas de los resultados de la prueba involucradas son comunmente muy difíciles de interpretar.

- b) Aplíquense las normas de probetas correspondientes para cada tipo de material. La tabla 3.10 muestra algunas de las normas. Las probetas tubulares están especificadas por separado.
- c) Hay dos métodos para efectuar la prueba de doblado, el método de doblado por empuje y el doblado guiado por mandril.

i) Método de doblado por empuje.

En la figura 3.55 (a), se determina la separación de soportes, empleando la fórmula $L=2r+3t$ y doblando a 70° . Después como se muestra en (b), el doblado hasta 180° mediante un inserto de $2r$ de espesor. Una alternativa es hacer pruebas de doblado de 180° debajo de $L=2r+2t$.


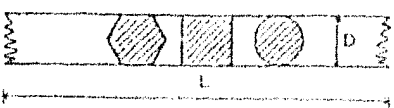


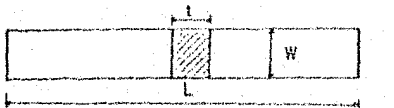

Siga los pasos como se muestra en (c) para un mejor ajuste de doblado.

ii) Método de doblado guiado.

Como se muestra en la figura 3.56 (a), se usa un dispositivo especial para el doblado de las probetas. Para radios inferiores o doblados más severos, véanse los incisos (b) o (c) de la figura 3.56.

3. Resistencia a la flexión del concreto (especificaciones ASTM C 78 y JIS A 1106).

Este método de prueba cubre los procedimientos para probar la resistencia de flexión del concreto por el uso de una viga simple con cargas aplicadas en los tercios (ver figuras 3.57 y 3.58).

Tipo	Perfil o Forma	Dimensión: Unidad (mm)
Nº1		Espesor: t = espesor original Ancho: W = 35 mm mínimo Longitud: L = 250 mm mínimo
Nº2		Diámetro, lado o ancho con relación a las caras planas. Longitud: D = dimensión orig. L = 250 mm mínimo
Nº3		Espesor: t = espesor original Ancho: W = 25 mm mínimo Longitud: L = 150 mm mínimo
Nº4		Espesor: t = espesor original Ancho: W = 25 mm mínimo Longitud: L = 150 mm mínimo
Nº5		Nota (1)
Nº6		Nota (2)

Nota (1)	División de la probeta	5A	5B
	Espesor t	19	15
	Ancho W	25	20
	Longitud L	150 mínimo	150 mínimo

Cada superficie de la probeta debe haber sido maquinada.

Nota (2)	Espesor: t = 10 mm en el caso de fundición de hierro negro maleable t = 6 mm en caso de productos de hierro blanco maleable Ancho: W = 16 mm Longitud: L = 200 mm mínimo
----------	---

Tabla 3.10) Tamaño de las probetas comunes para prueba de doblado de metales

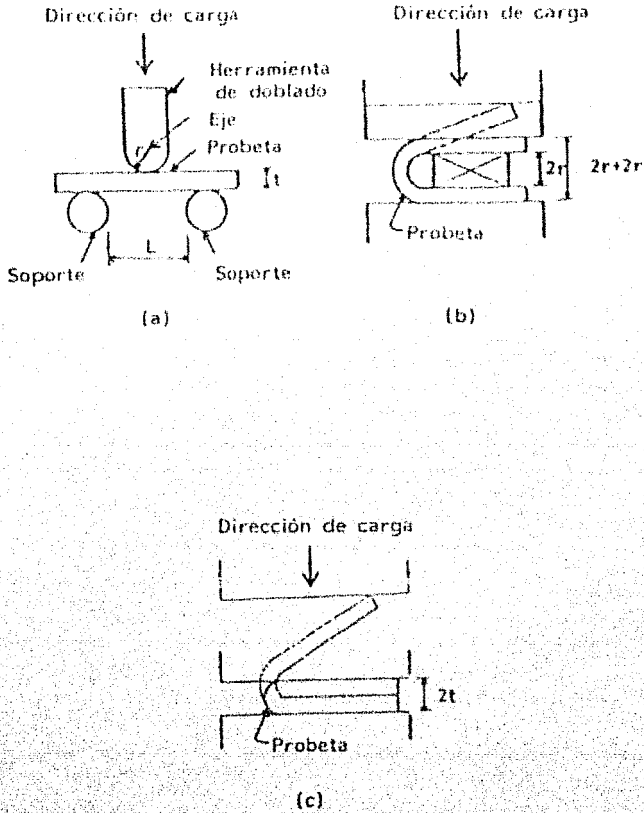


Figura 3.55) Prueba de doblado-Método de doblado por empuje

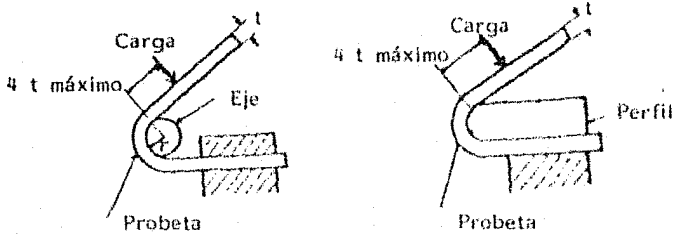


Figura 3.56) Prueba de doblado-Método de doblado por enrollamiento

- (1) Cabezal de la máquina de ensaye
- (2) Balas de acero
- (3) Bala de acero
- (4) Rodillo de acero
- (5) Línea de apoyo con perfil cilíndrico o afilada a lo largo del ancho de la probeta.

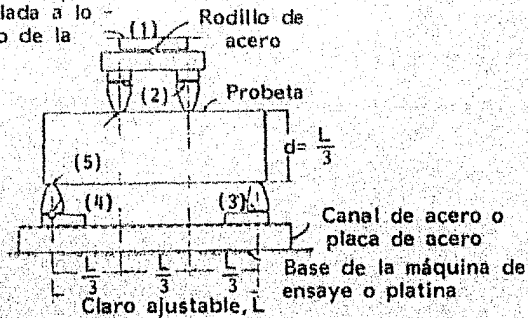


Figura 3.57) Diagrama del aparato para pruebas de flexión de concreto por el método de carga en los tercios



Figura 3.58) Dispositivo para efectuar pruebas de flexión al concreto, por el método de aplicación de cargas en los tercios del claro.

Si no se obtiene un contacto pleno entre la probeta y los bloques de aplicación de carga y los soportes, debido a que las superficies de la probeta que se encuentra en contacto con los bloques o soportes, no se encuentren en un plano, las zonas correspondientes deben ser cabeceadas.

La carga puede ser aplicada rápidamente hasta aproximadamente el 50% de la carga de falla, después de la cual debe aplicarse una relación tal que el incremento en la tensión de la fibra extrema no exceda 10 kg/cm²/min (150 psi/min, especificación japonesa JIS A 1105).

Cálculos:

- a) Si la fractura ocurre en el tercio medio de la longitud de medición, el módulo de ruptura puede ser calculado como sigue:

$$R = \frac{P\ell}{bd^2}$$

Donde:

R = módulo de ruptura en kg/cm²

P = carga máxima aplicada por la máquina de prueba en kg.

ℓ = longitud de medición en cm.

b = promedio del ancho de la probeta en cm.

d = promedio de altura de la probeta en cm.

Nota:

El peso de la viga no está incluido en los cálculos anteriores.

- b) Si la fractura ocurre fuera del tercio medio de la longitud de medición, en no más de 5% de la longitud de medición, el módulo de la ruptura puede ser calculado como sigue:

$$R = \frac{3 Pa}{bd^2}$$

Donde:

a = distancia entre la línea de la fractura y la distancia al soporte más cercano a lo largo de la línea del centro de la superficie inferior de la viga en cm.

c) Si la fractura ocurre fuera del tercio medio de la longitud de medición, en más de 5% de la longitud de medición, el resultado de la prueba deberá eliminarse.

d) Tamaño de las probetas.

Especificación japonesa JIS: $b = d = 150$ mm.

Especificación ASTM: b y $d > 2$ pulgadas, siempre que $\frac{b}{d} < 1.5$

También se especifica una viga simple con carga en el punto central, en las normas ASTM (C 293).

4) Otros tipos de pruebas de doblado.

La prueba de doblado es un método de prueba esencial para la industria en general, por lo que para materiales metálicos, concreto (JIS A 1106), madera (JIS Z 2113), depósitos de soldadura (JIS Z 3161), están especificadas respectivamente en sus métodos de prueba. Muchas de estas pruebas se usan para propósitos prácticos incluyendo rieles, resortes de hoja para rodamientos de apoyo, trabes y otros objetos estructurales.

3.5) Otras aplicaciones de la prueba.

Además de las pruebas de compresión, flexión y doblado, existen otras pruebas posibles con las máquinas universales.

Estas pruebas, como quiera que sea, requieren de dispositivos especiales de prueba para cumplir con cada especificación.

Las más representativas son las siguientes:

1. Prueba de corte.

a) Prueba de esfuerzo cortante para materiales metálicos.

Hay una gran variedad de dispositivos para este tipo de prueba, el que aparece en la figura 3.59 es un dispositivo de corte en dos planos con tres anillos. El esfuerzo cortante se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo cortante} = (2/\sqrt{\pi})(P_{\text{max}}/d^2)(\text{kg/mm}^2)$$

Donde

P_{max} = carga máxima en kg

d = diámetro de la probeta en mm.

b) Prueba cortante en materiales no metálicos.

Las pruebas de adherencia son aplicadas a materiales como madera, metales, hules, etc., además de tripalys, en la zona de tensión de las máquinas de ensaye.

2. Prueba de dureza.

Con objeto de poder aplicar la prueba de dureza Brinell dentro del espacio de prueba de compresión en la máquina universal, conectando penetradores de acero de 10 ó 5 mm en los cabezales y se aplican cargas especificadas que van desde 750 hasta 3000 kg sobre las probetas en la platina por períodos especificados de tiempo. (Ver figura 3.60).

3. Prueba de ductilidad interna.

La figura 3.61 muestra el inicio de una prueba de ductilidad interna den

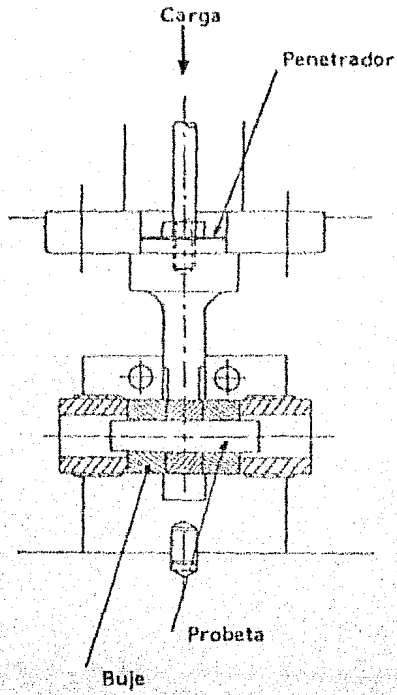


Figura 3.59) Dispositivo de prueba de esfuerzo cortante

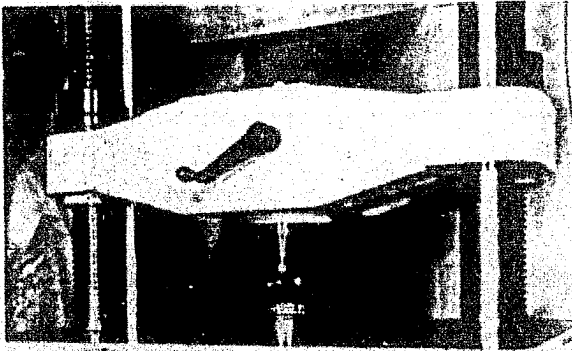


Figura 3.60) Dispositivo para pruebas de dureza Brinell.

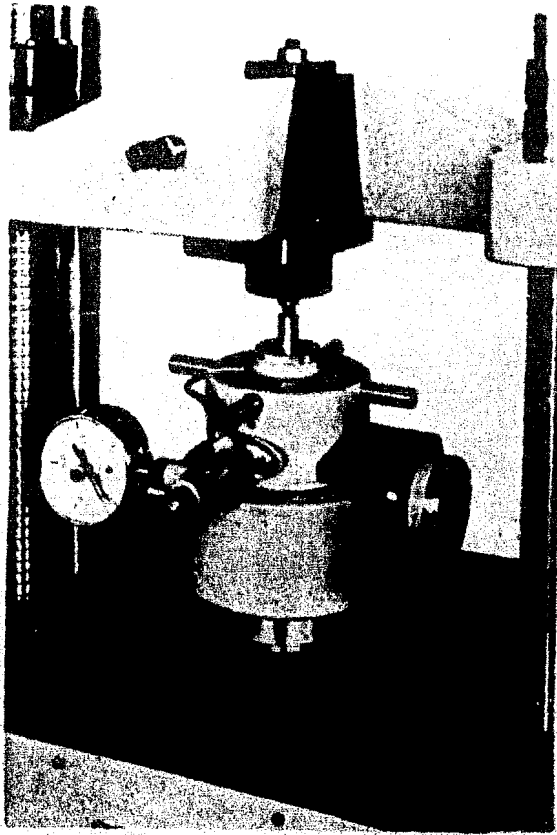


Figura 3.61) Dispositivo para pruebas de ductilidad interna.

tro del espacio de las pruebas de compresión.

4. Prueba de extrusión y rayado.

Usado para las pruebas de extrusión y rayado en metales a temperaturas normales o elevadas y para la prueba de extrusión de plásticos a temperaturas elevadas.

5. Prueba de ruptura para materiales quebradizos.

Las pruebas ISO y la prueba de doble tensión tienen uso muy difundido para la prueba de ruptura de materiales quebradizos a bajas temperaturas aplicados a placa de acero (utilizando nitrógeno de hielo seco). Las máquinas de ensaye que más se usan tienen una capacidad de 200 a 2000 toneladas.

4. Procedimientos de Operación

<u>Nº</u>	<u>Pasos</u>	<u>Lugar donde se opera</u>	<u>Precauciones</u>	<u>Referencia</u>
1	Encendido del interruptor (principal y bomba).	Presione el botón.	----	Fig. 4-1
2	Seleccione el rango de la escala.	Gire el selector de rango.	----	Fig. 4-1
3	Sujete la probeta.	Gire la manivela de las mordazas.	*Seleccione la mordaza adecuada a la probeta. *Haga una sujeción adecuada.	
4.	Eleve ligeramente la platina.	Mueva el control de carga.	Colocar el indicador en "sostener", cuando la platina suba.	Fig. 4-1
5.	Ajuste a cero.	*Mover ajustador de cero. *Observe el indicador de la palanca.	*Nunca remueva ni agregue objetos en la platina después del ajuste. *Coloque la aguja indicadora media división atrás del cero de la escala, cuando se hace el ajuste básico a cero.	Fig. 4-1
6.	Sujetar la probeta al cabezal inferior.	*Mover el ajustador del cabezal. *Gire la manivela de las mordazas.	----	Fig. 4-1
7.	Coloque la aguja indicadora de carga máxima en línea con la indicadora de carga.	Gire la aguja indicadora de carga -- máxima.	----	Fig. 4-1
8	Aplique la carga a la probeta.	Gire el control de carga.	*Nunca aplique carga bruscamente. *Quite la manivela de las mordazas en la fase inicial de carga.	Fig. 4-1

- (1) LAMPARA PARA ILUMINACION
- (2) CONTROL DE FOCO PARA LA CÁMARA PRINCIPAL
- (3) GRAFICADOR DE DEFORMACION
- (4) PULLA PARA EL GRAFICADOR
- (5) ESCRITORIO
- (6) CONTROL DE APNIO PARA EL CARZOL INTERIOR
- (7) AGUJA INDICADORA DE CARGA
- (8) DISCO DE SECCION DE VELOCIDAD DE CARGA
- (9) AGUJA INDICADORA DE CARGA MAXIMA
- (10) CARATULA INDICADORA
- (11) SEGUIDOR DE VELOCIDAD DE DEFORMACION
- (12) PERILLA DEL SEGUIDOR DE VELOCIDAD DE CARGA
- (13) SELECTOR DE RANGOS
- (14) AJUSTE DE CERO DEL GRAFICADOR
- (15) INTERRUPTOR DEL GRAFICADOR
- (16) INTERRUPTOR DEL MARCAPASO
- (17) INTERRUPTOR DE LA LAMPARA DE ILUMINACION
- (18) FOCO PILOTO PARA LA BOMBA
- (19) FOCO PILOTO PRINCIPAL
- (20) INTERRUPTOR PRINCIPAL
- (21) INTERRUPTOR DE LA BOMBA
- (22) PERILLA DE AJUSTE PARA LA VELOCIDAD DE CARGA.

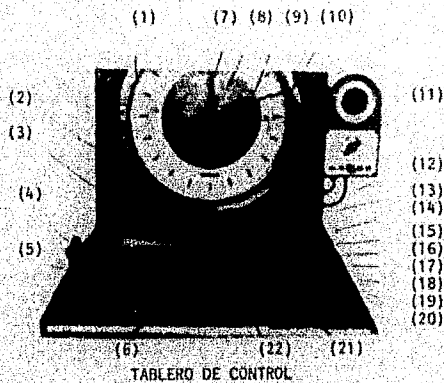


Figura 4.1) Tablero de control de la máquina de ensaye.

<u>Nº</u>	<u>Pasos</u>	<u>Lugar donde se opera</u>	<u>Precauciones</u>	<u>Referencia</u>
9	Lea la carga con el indicador de carga máxima.	----	Punto de fluencia y carga máxima.	Fig. 4-1
10	Regrese el cabezal superior a la posición original.	Gire el control de carga.	----	Fig. 4-1
11	Preparación de resultados de la prueba.	----	----	----

Nota 1:

Procedimiento para obtener la gráfica carga-deformación.

1. Seleccione la amplificación del registro.
2. Enrolle la cuerda motriz en la polea del graficador (ver Fig. 4-1).
3. Ponga la carta de registro alrededor del cilindro de registro.
4. Ponga en contacto el trazador con la carta de registro, después de haber efectuado los pasos del (1) al (7).
5. Levante el trazador una vez que la probeta se ha roto.

Nota 2:

Para una prueba continua.

1. Repita del (3) al (4) y del (6) al (10).
2. Intercale (5) entre las operaciones, según se desee.

Puntos a verificar antes de la prueba.

1. Cantidad de aceite en el tanque de reserva. Se sugiere el uso de un dispositivo medidor de aceite.
2. Posición del indicador de carga. Media división antes del cero de la escala.
3. Comprobación del funcionamiento del interruptor de carrera del pistón. Trabajando entre cero y cinco por ciento del total de la carrera.
4. Comprobación del interruptor del límite de sobrecarga. Trabajando de cinco a diez por ciento de la escala total.
5. Cantidad de aceite en el amortiguador. En dos puntos.
6. Aplicación de la carga completa. Verifique si hay aire atrapado, la lubricación del pistón y del cilindro.

5. Pruebas Especiales

Se han diseñado varios accesorios de las máquinas universales de ensaye, con el objeto de hacer pruebas en condiciones ambientales especiales. Los detalles se describen en otros escritos y como ejemplo, aquí se dan las especificaciones de los accesorios especiales para máquina universal de ensaye Shimadzu.

1. Registrador electrónico (graficador).
2. Extensómetro aplicado con transformador diferencial.
3. Regulador de velocidad de deformación.
4. Regulador de velocidad de aplicación de carga.
5. Dispositivo de pruebas para temperatura controlada.
6. Dispositivo para pruebas a altas temperaturas.
7. Dispositivo para pruebas a bajas temperaturas.
8. Controlador automático de carga.
9. Impresor de carga.
10. Dispositivo para prueba de dureza Brinell.
11. Dispositivo de corte.
12. Dispositivo para prueba de ductilidad interna.
13. Dispositivo para pruebas de doblado para madera o concreto.
14. Dispositivo para pruebas de compresión para madera o concreto.
15. Mordazas especiales.

6. Verificación

6.1. Descripción

Los métodos de verificación para máquinas de ensaye, se describen a continuación:

ISO R 147-19060 (Internacional): Calibración de carga en máquinas de ensaye para pruebas de tensión de acero.

ASTM E4 61 T (Norteamericana): Verificación de máquinas de ensaye.

BS 1610-1964 (Inglesa): Verificación de carga de máquinas de ensaye (incluyendo el equipo de calibración).

JIS B 7721-1952 (Japonesa): Probador de tensión.

También existen métodos para dispositivos de calibración.

ISO R 376-1964: Calibración de dispositivos elásticos de calibración.

ASTM E74-57: Verificación de dispositivos de calibración para la verificación de máquinas de ensaye.

JIS B 7758-1955: Equipo de pruebas de carga para máquinas de ensaye de materiales.

Aquí mencionamos a continuación, los fundamentos y aspectos prácticos para la verificación de máquinas universales de ensaye con referencia a las normas antes citadas.

6.2. Como determinar los errores de las máquinas de ensaye.

El significado que se le da aquí, es la diferencia que existe entre un valor real dado y un valor indicado en la graduación del dinamómetro, que se expresa con fórmulas como las que se dan a continuación:

$$1. \text{ Error porcentual} = \frac{\{\text{carga indicada por la máquina de ensaye} - \text{carga real}\}}{\{\text{carga real}\}} \times 100\%$$

$$2. \text{ Porcentaje de error} = \frac{\{\text{carga indicada por la máquina de ensaye} - \text{carga real}\}}{\{\text{carga indicada por la máquina de ensaye}\}} \times 100\%$$

Existe una pequeña diferencia entre (1) ASTM y (2) JIS.

Como verificar máquinas de ensaye.

- a) Método de medición por taras verificadas.
- b) Método de medición con dispositivos elásticos de calibración.
 - i) Anillos de prueba (redondo u oval)
 - ii) Caja de normalización (calibración)
- c) Método de medición empleando palancas verificadas.

En general, para pesos ligeros (menores de una tonelada), el método directo dado en el inciso (a), es apropiado mientras que para un peso mediano o pesado el método indirecto del inciso (b), es adecuado; con el primero (500 kg a 10 ton), usando el dispositivo de prueba tipo 100 p, mientras que el último (superior a 10 ton), utilizando el tipo de caja de mercurio.

i) Método de medición por taras verificadas (ver figura 6-1).

Ejemplo:

Tara verificada de 300 kg colocada en la platina de la máquina de ensaye.

Carga indicada = 303 kg

Porcentaje de error:

$$\text{Error} = \frac{(303-300)}{(300)} \times 100\% = +1.0\%$$

ii) Método de medición mediante anillos de prueba (ver figura 6-1).

Se lee el número indicado por el anillo, tomando su lectura inicial en la graduación del dinamómetro. Considerando este número, efectuarse las lecturas tal como se hizo para la lectura inicial en el dispositivo elástico de prueba y la indicación es la siguiente:

Porcentaje de error = (constante en el dispositivo de prueba-valor medido)/(constante en el dispositivo de prueba x 100%).

Esta es una fórmula tan conveniente que se puede utilizar como una norma:

$$\text{Porcentaje de error} = \frac{(2400-2385)}{(2400)} \times 100\% = 0.62\%$$

$$x = 300 (1+0.0062) = 3019 \text{ kg.}$$

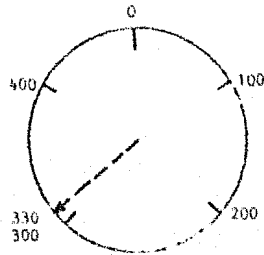
6.3. Causas de error.

Existen varios factores que pueden ser causas de errores de medición, al efectuar la verificación práctica de carga. Las causas principales son las siguientes:

1. A causa de las fricciones mecánicas del dinamómetro.

a) Por fricción en el balero en el eje del indicador.

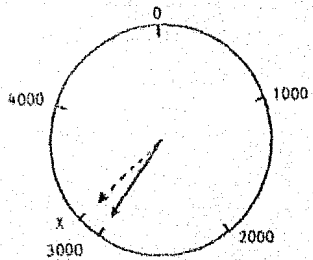
b) Por fricción en el balero en el carro.



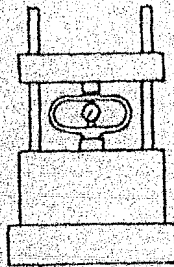
Medición por taras verificadas

Figura 6.1

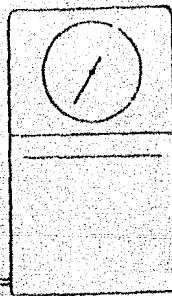
CARGA	CONSTANTES	LECTURA
1,000 kg	801	-
2,000 kg	1,602	-
3,000 kg	2,400	2,385
4,000 kg	3,198	-
5,000 kg	3,995	-



DISPOSITIVO
ELÁSTICO DE PRUEBA



DINAMOMETRO



Dispositivo elástico de prueba

Figura 6.2

- c) Por fricción en el balero en el marco de corrección del péndulo.
 - d) Por fricción en el pistón de medición.
 - e) Por fricción en el recipiente del amortiguador.
 - f) Por fricción en el eje del péndulo.
 - g) Por fricción en la pluma del graficador.
2. A causa de la fricción en la unidad de carga.
 - a) Por fricción en el pistón.
 - b) Por fricción en los redillos guía.
 - c) Por fricción en el cable del graficador o en el equipo de modificación de carga.
 3. A causa de cualquier aditamento extraño en el disco de graduación o a causa de alguna obstrucción en las marcas de la graduación.
 4. A causa de un desajuste en la banda de suspensión de acero en el eje del péndulo.
 5. A causa de una inexactitud en la línea central del eje del péndulo.
 6. A causa de una inclinación de la palanca del dinamómetro.

Los subíndices (1) y (2) se refieren a errores en el uso de la máquina, y los subíndices (3) a (6) corresponden a los ajustes previamente efectuados por los fabricantes y que prácticamente no se requeriría que fueran efectuados por los usuarios.

6.4. Formato para registro de los datos de medición.

Con relación a la carga de la máquina que nos ocupa, la forma más acep

table de verificar y registrar su precisión, se realiza mediante la determinación de diferentes valores para llenar las formas indicadas en la tabla 6-1, con y mediante el trazo de las gráficas de error que se dan en la tabla 6-3.

1. Tabla de referencia para la precisión.

a) No se pone ninguna cifra ni ningún cero en el espacio marcado con asterisco (*) en la tabla 6-2.

b) Constantes.

- i) Las constantes que se anotan aquí, son las constantes de los dispositivos elásticos de prueba, es decir, los valores verificados por una máquina normalizada de carga. Es conveniente indicar que varios detalles de las normas de verificación establecidas en diversos países, se han omitido en este texto.
- ii) Se requiere efectuar generalmente algunas correcciones a las constantes dadas, ya que hay muchos dispositivos que requieren variación en las constantes, dependiendo de la variación de la temperatura. Se aplica una corrección $K=0.027/^{\circ}\text{C}$, según las normas inglesas BS y las norteamericanas ASTM, y $0.02/^{\circ}\text{C}$ en las normas japonesas JIS.
- iii) La revalidación de las constantes, debe efectuarse con cierta periodicidad (una vez cada año o cada dos años, por ejemplo).

c) Lectura (valores medidos).

- i) La lectura de los valores indicados por el dispositivo elástico de prueba, los cuales son la traslación de los valores dados en los puntos de medición del dinamómetro (generalmente a cada quinta parte de la graduación).
- ii) Hay que medir desde M_0 hasta M_5 incrementando la carga y desde M_5' ó M_4' hasta M_1' ó M_0' , haciendo decrecer la carga.

Primer Rango			Toneladas	
Carga	Cte.	Lectura	Diferencia	Error %
* W_0	* C_0	* M_0	* D_0	* E_0
W_1	C_1	M_1	D_1	E_1
W_2	C_2	M_2	D_2	E_2
W_3	C_3	M_3	D_3	E_3
W_4	C_4	M_4	D_4	E_4
W_5	C_5	M_5	D_5	E_5
W_4'	C_4'	M_4'	D_4'	E_4'
W_3'	C_3'	M_3'	D_3'	E_3'
W_2'	C_2'	M_2'	D_2'	E_2'
W_1'	C_1'	M_1'	D_1'	E_1'
* W_0'	* C_0'	* M_0'	* D_0'	* E_0'
Sensibilidad				Temp. °C

Incrementando la carga

Haciendo decrecer la carga

Tabla de referencia para la precisión

Tabla 6.2

Nº	CALIFICACION	CURVA FIG. 6.4	JUICIO A PARTIR DE LA FIGURA	EJEMPLO DE CORRECCION
1	LA AMPLITUD DEL ERROR ES EN MENOS	A	$E_1 - E'_1 > 0$	POR FRICCION EN EL DINAMOMETRO
2	LA AMPLITUD DEL ERROR ES MAS	B	$E_1 - E'_1 < 0$	POR FRICCION EN LA UNIDAD DE CARGA
3	EL ERROR ES EN MENOS	C-1	$E < 0$	TIENE UNA RELACION MAS PEQUEÑA DE MAQUINA
4	EL ERROR ESTA EN MAS	C-2	$E > 0$	TIENE UNA RELACION SUPERIOR DE MAQUINA
5	EL ERROR SE PRODUCE AL DESCARGAR	D-1	$E_1 E_3 E_5$	GIRE EL MARCO CORRECTOR HACIA LA IZQUIERDA
6	EL ERROR SE PRODUCE AL INCREMENTAR LA CARGA	D-2	$E_1 E_2 E_3$	GIRE EL MARCO CORRECTOR HACIA LA DERECHA
7	LA CURVA DE ERROR ES CONCAVA	E-1	$(E_1 - E_2)(E_3 - E_4)$	LIMPIAR CADA PARTE DEL DINAMOMETRO
8	LA CURVA DE ERROR ES CONVEXA	E-2	$(E_1 - E_2)(E_3 - E_4)$	LIMPIAR CADA PARTE DEL DINAMOMETRO
9	LA CURVA DE ERROR ES IRREGULAR	F	CURVAS DOBLES O DE OTRO TIPO	LIMPIAR CADA PARTE DEL DINAMOMETRO

Trazo de gráficas de error

Tabla 6.3

d) Diferencia.

La diferencia que aquí se menciona significa error.

$$\text{Diferencia} = \text{valor medio} - \text{constante} = M - C = D$$

$$\text{Diferencia en porcentaje} = (\text{valor medido} - \text{constante}) / (\text{constante} \times 100\%)$$

$$(M - C) / (C \times 100\%) = \text{porcentaje de error.}$$

e) Sensibilidad.

- i) La prueba de sensibilidad se efectúa colocando sobre la platina, un peso muerto correspondiente a una división del dinamómetro. En este caso, si la aguja indicadora avanza más de la mitad de la graduación significa que la sensibilidad es correcta.
- ii) La sensibilidad debe responder a un peso muerto correspondiente a 1/1000 del rango de la escala.

Lo que se indica en (i) ó (ii), debe cumplirse.

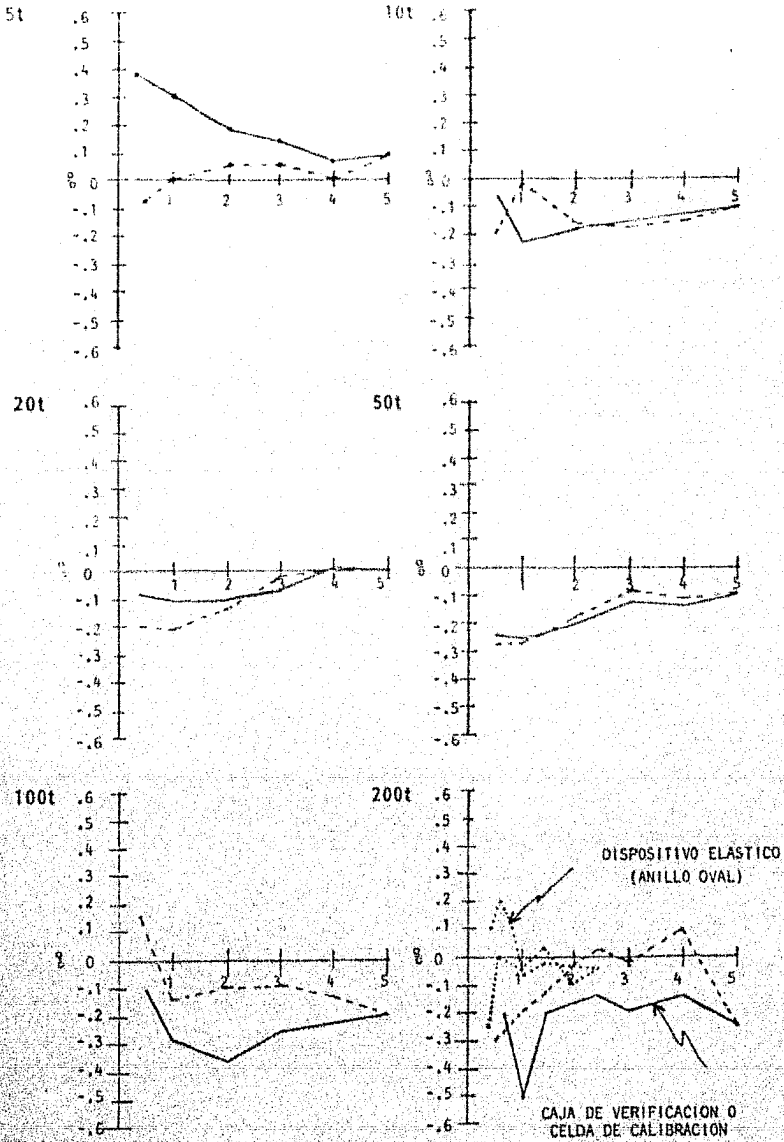
f) Temperatura.

La temperatura ambiental que rodea a la máquina, debe ser medida lo más cerca posible a ella. La temperatura debe ser registrada - sin falla, debido a la necesidad de efectuar las correcciones por - efecto de temperatura sobre los dispositivos elásticos de calibración.

2. Curva de error.

- a) Grafique los valores obtenidos en las tablas 6-1 y 6-2 obteniendo las curvas de error de la misma manera que la figura 6-3.

Por lo general, hay cinco tipos de curva que pueden ocurrir en una máquina.



Curvas de error
 Figura 6.3

- b) En el eje de las ordenadas, el porcentaje de error debe graficarse de acuerdo a su condición como positivo o negativo (+ ó -).
- c) El eje de las abscisas, es para la graficación de la graduación del dinamómetro, el cual está dividido en cinco porciones iguales (algunas veces en seis o diez partes iguales).

6.5. Cómo verificar la exactitud de la carga.

1. Orden de la medición.

- a) Ponga el dispositivo elástico de prueba en el centro de la platina de compresión adecuadamente.
- b) Deje que el pistón flote.
- c) Ajuste a ceros (M), tanto del dinamómetro como del dispositivo elástico de prueba.
- d) El pistón de carga puede ser desplazado rápidamente antes de que el indicador de carátula del dispositivo elástico de prueba arranque y debe disminuirse la velocidad de carga a menos de una vez del total de la escala/minuto después que el indicador de carátula ya inició su movimiento.
- e) Reduzca la velocidad de carga a menos de 0.05 en la escala/minuto cuando el indicador de carga esté cerca del punto de carga a ser medido (una graduación antes del punto).
- f) Se hace una señal convenida cuando el indicador de carátula llega justamente al punto que va a ser medido para que el observador que trabaja en el dinamómetro pueda registrar el valor indicado en ese momento.

g) Se hace el registro en cada uno de los puntos de medición M_1 , M_2 , M_3 , M_4 y M_5 .

2. Cuidados adicionales (tomados de la norma japonesa JIS).

a) La máquina de prueba debe ser sometida a la siguiente inspección, después de romper una probeta con el probador a una carga no menor del 80% de su capacidad.

Puede cambiarse de un 80% a un 50%, si se considera necesario.

Después de lo anterior, al romper la probeta, el indicador de carga debe retornar a su posición original con una tolerancia de 1/2000 del total de la escala.

b) La calibración de la escala de carga debe ser efectuada tratando - de incluir ambos extremos del rango de carga y no menos de otros tres puntos intermedios para cada capacidad, en este caso la diferencia entre dos cargas consecutivas no debe exceder de un 30% de su capacidad.

c) La calibración debe ser ejecutada en orden de carga ascendente, y la medición debe efectuarse cinco veces para cada punto de la escala de carga. Cualquier error correspondiente, deberá ser -- dentro del valor permisible.

d) Después de verificar todas las cargas, se coloca un peso muerto de 0.1% de la capacidad en la parte que mide la carga en la máquina de ensaye y el desplazamiento del indicador de carga de la palanca, se verá de manera distinta para cada capacidad.

- e) Cuando se terminan las verificaciones de la carga máxima, las máquinas de ensaye del tipo de presión de aceite, deben ser sobrecargadas a un poco más de su capacidad, desde su estado de reposo (sin carga) comprimiendo el bloque indeformable.

Durante este período, el indicador de carátula de carga deberá moverse suavemente, enseguida se cierran todas las válvulas y se desconecta la bomba de presión. En este caso, la carga sobre el bloque nunca deberá descender a menos del 80% de su capacidad durante un minuto, después de haberla alcanzado.

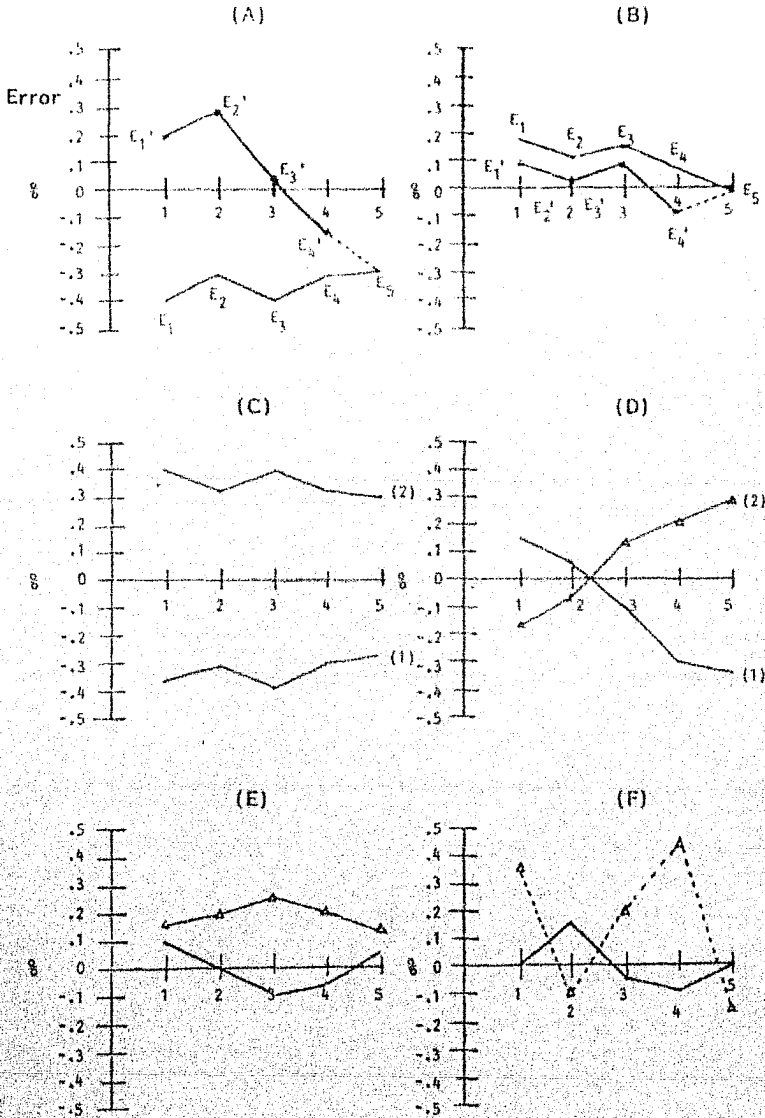
6.6. Tipos de errores.

1. Clasificación.

- a) La curva de error (ver figura 6-2), tiene el propósito de mostrar en general un conjunto de errores que son inevitables en la medición y que son propios de las máquinas de prueba o de los dinamómetros. Se dan mejores correcciones si se eliminan al conjunto todos los errores propios de las máquinas de ensaye.

A continuación, expondremos el mecanismo que genera la curva de errores (ver figura 6-4).

- b) En cuanto a la exactitud de la carga, las normas japonesas JIS dan una consideración especial a aquellos valores que se obtienen durante el incremento de carga en la prueba. Una consideración diferente, debe hacerse, por lo tanto, según sea el caso de la curva $M_0 - M_5$, o de la curva total $M_0 - M_5 - M_0'$.



Curvas de error

Figura 6.4

Aquí contemplaremos; sin embargo, una sola curva que tiene algo en común con las dos curvas.

2. Características de errores.

- a) La tabla 6-3 es una lista de errores clasificada en nueve tipos.
- b) Los nombres son arbitrarios por conveniencia de la explicación.
- c) La figura 6-4 muestra algunos ejemplos de curvas formadas, basándose en esta clasificación.

6.7. Corrección de errores.

1. Teoría de la corrección de errores.

La corrección de errores en el incremento o en el decremento, es posible desplazando el marco de corrección hacia la derecha y hacia la izquierda. Vamos a describir algunos aspectos teóricos sobre las correcciones de errores, a continuación:

En la figura 6-5 (A), se muestra un boceto general del carro del indicador de carga y en la figura 6-5 (B), se muestra el marco de corrección.

R = Distancia entre el eje del péndulo y el balero

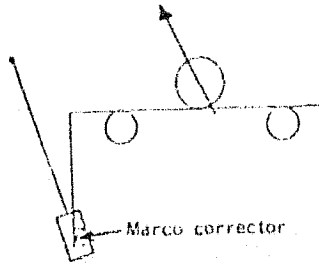
α = Angulo de balanceo del péndulo

β = Angulo de inclinación del marco corrector

S = Distancia del movimiento del carro

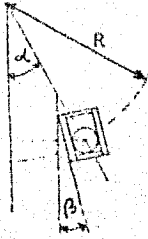
Obtenga ambas para la relación cuando $\beta = 0$ y $\beta \neq 0$, y para el error en cada caso;

$$\beta = 0$$



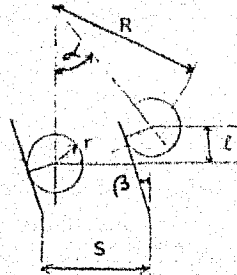
(A)

Carro del indicador de carga



(B)

Marco corrector



(C)

Marco corrector

Figura 6.5

$$S = R \operatorname{sen} \alpha$$

$$(\beta \neq 0)$$

$$S = R \operatorname{sen} \alpha - \ell \tan \beta = R \operatorname{sen} \alpha + \frac{R(1 - \cos \alpha) \tan \beta}{\operatorname{sen} \alpha}$$

La parte subrayada es la relación de corrección.

$$\text{Porcentaje de error} = \left[\left(\frac{R \operatorname{sen} \alpha - R(1 - \cos \alpha) \tan \beta}{R \operatorname{sen} \alpha} \right) - 1 \right] (100\%)$$

$$\text{Porcentaje de error} = \frac{(1 - \cos \alpha) \tan \beta}{\operatorname{sen} \alpha} (100\%)$$

$$\alpha_{\max} = 22^{\circ} 40'$$

Pero obtenido entonces con la limitación de $\alpha_{\max} = 22^{\circ} 30'$

(referirse a las figuras 6-5 y 6-6 y tabla 6-4).

La figura 6-6 muestra la variación de la relación de corrección, debiendo hacerse la corrección adecuada de acuerdo a lo indicado por los trazos de las curvas de error. Ejemplo:

Cómo hacer la corrección.

La figura 6-7 (a), muestra una curva de error que se explicará más adelante. Esta curva de error estará de acuerdo con la curva (b), si alguna corrección se hace de tal forma que el marco de corrección que se muestra en la figura 6-5, se incline aproximadamente un grado en dirección contraria a la dirección dada en la figura. No obstante que aquí intentamos explicar en este artículo cómo hacer que la curva (a), esté de acuerdo con la curva (b), en la práctica, es necesario hacer una corrección adicional que explicaremos en el artículo (2), para que la curva (a), se mueva hacia la curva (c).

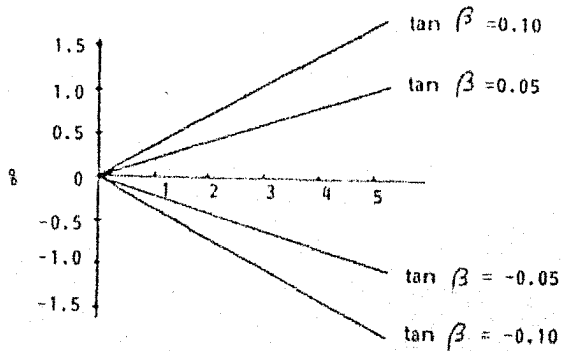


Figura 6.9

Variación de la relación de corrección

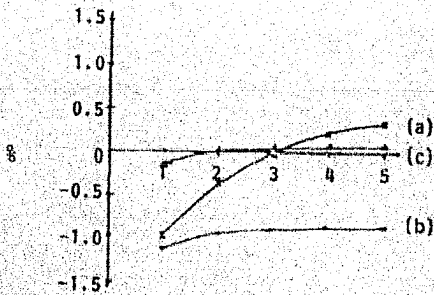


Figura 6.10

Modificación de la curva de error

α°	$\epsilon = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$	$\epsilon [\tan^\circ(2^\circ 52') = 0.05] 100\%$
4° 30'	.00308 / .7846 = 0.0398	0.2%
9° 00'	.01371 / .16505 = 0.0830	0.4%
13° 30'	.02763 / .23345 = 0.1180	0.6%
18° 00'	.05168 / .31730 = 0.1630	0.8%
22° 30'	.07612 / .38268 = 0.1990	1.0%

Relación de corrección

Tabla 6.4

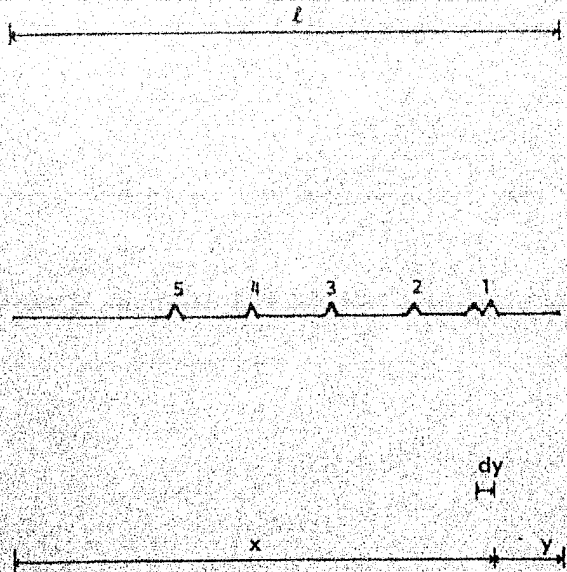
2. Relación de corrección de las cuchillas para el cambio de rangos (ver figura 6.8).

De acuerdo al método de corrección de errores que se menciona en el artículo 5.B (3), los cálculos son los siguientes:

$$i = \frac{y}{x} = \frac{y}{\ell - y}$$

$$\frac{di}{dy} = \frac{\ell}{(1-\ell)^2} = \frac{\ell}{x^2}$$

$$\frac{di}{dy} \approx \frac{\Delta i}{\Delta y}$$



Relación de corrección de las cuchillas para el cambio de rangos

Figura 6.8

Investigando para Δy en la condición que Δi se mantenga fijo:

$$\Delta y = (x^2 / \ell) \Delta i$$

Así como Δ para i , respecto a la variación del 1% de la escala;

$$\Delta y = (x^2 / \ell) (y / 100x) \quad \text{ó} \quad \Delta y = (xy / 100 \ell)$$

La tabla 6.5 muestra que tanto se pueden mover las cuchillas para cada 1% de error para cada rango (y = movilidad del filo de las cuchillas).

6.8. Cómo corregir errores.

1. Para errores negativos o en menos para cualquier rango.

En caso de que el porcentaje de error sea aproximadamente constante, (digamos $E_1 \approx E_2 \approx E_3 \approx E_4 \approx E_5$) y considerando que el mismo grado de error existe en todas las fases de los cinco rangos (ver figura 6.9).

El método de corrección es el siguiente:

Mueva la tara del eje del péndulo hacia arriba. En este momento, sujete el dispositivo de tornillo para que no se suelte, ésto hace que la curva (a) se mueva hacia la curva (b), hacia arriba en la figura 6.9. La curva (a) es un promedio de cada rango.

2. Para errores positivos o de más, en cualquier rango.

El método de corrección es:

Mueva la tara del eje del péndulo hacia abajo (fuera del eje central). Lo que sucede es similar a lo indicado en el artículo (1).

3. Para errores negativos o de menos en un sólo rango.

El método de corrección es:

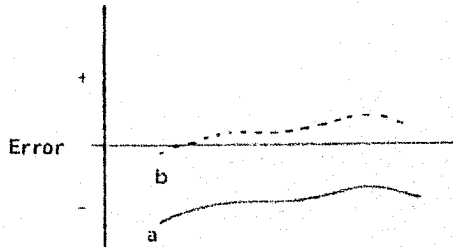
Desplace la cuchilla intercambiable correspondiente hacia la izquierda, la distancia de desplazamiento se indica en la tabla 6.6.

$\ell = 412 \text{ mm}$

Rango	x	x^2	x^2/ℓ	$y/x=i$	$\Delta i \%$	$\Delta y(\text{mm})$
1(1)	383.95	147400.	357.7	0.073	0.00073	0.26
2(1/2)	359.51	129200.	313.6	0.146	0.00146	0.46
3(1/4)	318.89	101700.	246.8	0.292	0.00292	0.72
3'(1/5)	301.83	91100.	221.1	0.365	0.00365	0.80
4(1/10)	238.15	56720.	137.7	0.730	0.00730	1.00
5(1/20)	167.48	28050.	68.08	1.460	0.01460	1.00

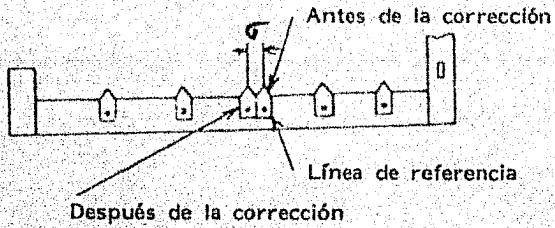
Relación de corrección en caso de un error de corrección = 1%

Tabla 6.5



Errores negativos o en menos para cualquier rango

Figura 6.9



Referencia para corrección de las cuchillas

Figura 6.10

Nº de Rango	Relación	Valor del movimiento de cuchillas
1	1	0.26 mm
2	1/2	0.46 mm
3	1/4	0.72 mm
3'	1/5	0.80 mm
4	1/10	1.00 mm
5	1/20	1.00 mm

Tabla 6.6 (ver Tabla 6.5)

Relación de corrección en caso de un error de corrección = 1%

Observaciones:

- a) Apriete firmemente la cuchilla intercambiable para que no se desplace después del ajuste. El apretón puede hacerse mejor durante la carga para asegurar un mejor asentamiento.
- b) Es conveniente para el usuario hacer una marca de referencia previa en la parte opuesta a la dirección en que la cuchilla será desplazada.

4. Para errores positivos o de más para un sólo rango.

El método de corrección es inverso a las instrucciones dadas en el artículo (3). Desplace la cuchilla intercambiable hacia la derecha.

5. Para errores positivos o de más durante el decremento.

Gire hacia la izquierda el marco de corrección en el carro.

- a) La relación de corrección se muestra en la tabla 6-7, tomando en consideración que el porcentaje de error dado, es entonces de -- $(E_5 - E_1) \times 100\%$, que se deberá obtener por valores promedio, -- cuando las curvas de error presentan similitud a una "concauidad o convexidad".
- b) El método de corrección contempla globalmente la corrección de la tendencia general de errores para todos los rangos; cualquier corrección para cada rango, es imposible por este método.

Observaciones:

- a) Con algunas máquinas la corrección de un error de $\pm 2^\circ$, es posible. Cualquier error de $\pm 2^\circ$, es prácticamente imposible de producirse.

Error %	Angulo de Corrección	
	$\tan \beta$	β
0.15	0.01	0° 35'
0.4	0.025	1° 26'
0.8	0.05	2° 52'
1.2	0.075	4° 17''

Angulo de corrección

Tabla 6.7

b) Esta corrección deberá hacerse antes de las indicadas en los artículos 1 a 4, porque su influencia es tanta que incide en todos los -- otros errores (ver figura 6-7).

6. Para errores en el incremento.

El método de corrección es inverso a las instrucciones dadas en el artículo(5) y la relación de corrección se muestra en la tabla 6-7. Gire a la derecha el marco corrector en el carro.

Observaciones:

Generalmente esta tendencia de errores es muy común y no es correcto como quiera que sea, esta corrección es única. La razón es que ocurren fuertes fricciones dentro del dinamómetro, lo que produce errores de esta naturaleza. Los usuarios de esta máquina, por lo tanto, deberán abstenerse de girar el marco corrector sin el debido cuidado. La primera medida que el usuario debe tomar, es limpiar los baleros para corregir esta tendencia (ver figura 6-7).

7. Para curvas de error cóncavas, convexas o irregulares.

Estos son errores particulares de la máquina y difíciles de corregir, igual que en el caso de la "doble curvatura", pero como en otros casos, depende de la influencia de la fricción mecánica, quien ajuste debe considerar estos factores antes de hacer correcciones que se mencionan en los artículos del 1 al 6. Al ajustar una máquina (causas de error), debe consultarse cuidadosamente el capítulo 6-3.

8. En caso de que la mayoría de los errores sean negativos o en menos.

En casi todos los casos, esta tendencia de errores es causada por una

fricción en algún lugar del dinamómetro. Hay que tener en cuenta que una parte del porcentaje de los errores, es causada por la histéresis de la máquina (y del dispositivo elástico de calibración).

En caso que el indicador de carátula del dinamómetro no muestre ningún decremento, aún si la carga baja de M_5 a M_5' en la indicación del dispositivo elástico de calibración, lo más probable es que sea a causa de una fricción presente en algún lugar del dinamómetro.

Corrija el dinamómetro para que la fricción interior se reduzca.

9. En caso de que la mayoría de los errores sea positiva o de más.

Corrija la unidad de carga para que la fricción en ella se reduzca.

En caso de que la medición del dispositivo elástico de calibración no muestre valores decrecientes, aún cuando la presión del aceite disminuya por sí misma hasta el punto A, lo más probable es que sea a causa de una fricción presente en el pistón o en la unidad de carga.

10. Como distinguir el error en el incremento a partir de la amplitud de los errores en menos.

a) Con una máquina que acaba de ser verificada, se deberá evitar el descuido y la manipulación constante del marco corrector.

El reajuste; sin embargo, deberá efectuarse en el caso de que se confirme un desplazamiento del marco.

b) Para el caso de que cualquier curva de error sea comparativamente baja y cualquier diferencia entre alguna pareja de errores sea significativamente alta en menos, como se muestra en la figura 6.12, lo más probable es que sea debida a que ocurra alguna fricción dentro del dinamómetro.

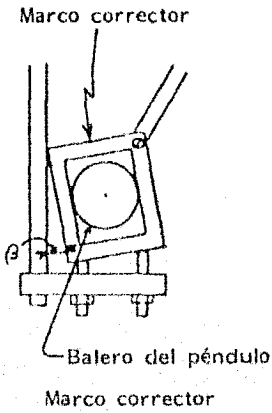


Figura 6.11

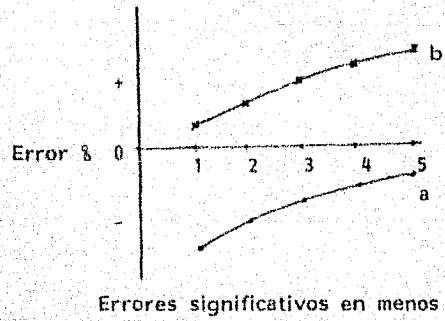


Figura 6.12

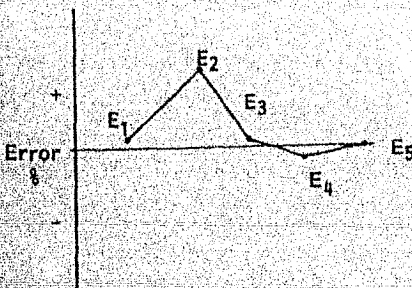


Figura 6.13
Error extremadamente grande
en un sólo punto

- c) En caso de que cualquier error sea comparativamente alto y cualquier diferencia entre cualquier pareja de errores sea pequeña, se deberá de corregir el ángulo de inclinación del marco corrector.

11. Síntesis.

El criterio adecuado se consigue después de haber tomado en consideración todas las características y las indicaciones dadas en este capítulo. Las medidas de corrección deberán seguir el siguiente orden:

- a) Corregir la diferencia entre cada pareja de errores.
 - b) Corregir el error en el incremento o decremento.
 - c) Corregir los errores en todos los rangos.
 - d) Corregir el error en cada rango.
12. En caso de un error extremadamente grande, en un sólo punto (ver figura 6-13).

En el caso de que un error extremadamente grande se observe en un punto de la curva de error, o en el caso de que se observe un gran intervalo entre la curva de error cuando crece la carga y cuando decrece, ambas en el lado positivo, puede suponerse que alguna basura esté atrapada en el eje de la aguja indicadora, lo cual puede considerarse como la causa principal de estas fallas en la mayoría de los casos. Ocurre lo mismo con la presencia de alguna basura o suciedad en los baleros del carro indicador de carga y algunos otros baleros.

6.9. Análisis en ejemplos.

Como referencia, se dan resultados de pruebas para otras máquinas a -
continuación:

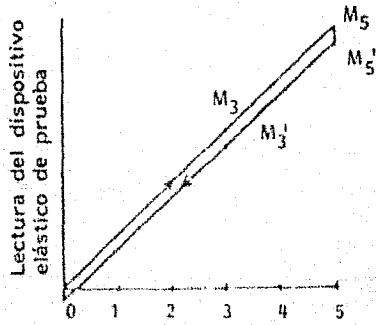
1. Tipo hidráulico para 10 toneladas (ver figura 6-16).
 - a) Fecha en que fue efectuada la prueba.
 - b) La curva del incremento de carga es casi recta (0).
 - c) La curva de la carga creciente es en decrecimiento (aproximadamente 0.45%).
 - d) La diferencia entre dos curvas es en menos (la fricción es aproximadamente $\pm 0.06\%$ de la escala total).
 - e) Algunos rangos están más allá de $\pm 0.5\%$.

2. Tipo hidráulico para 30 toneladas (ver figura 6-17).
 - a) Fecha en que fue efectuada la medición
 - b) La curva de la carga creciente se sale de la tendencia en el incremento o pierde convexidad.
 - c) Los errores verificados son grandes.
 - d) Hay una pequeña fricción en la unidad de carga.

3. Tipo hidráulico para 50 toneladas (ver figura 6-18).
 - a) Fecha en que fue efectuada la medición.
 - b) Hay una característica de curvas dobles.
 - c) Hay una pequeña fricción en el dinamómetro.
 - d) El error de medición es pequeño.
 - e) Corrección del error.

Esta máquina se caracteriza por tener muy poca fricción. ¿Pero hasta qué grado tiene la capacidad esta máquina para lograr disminuir errores?

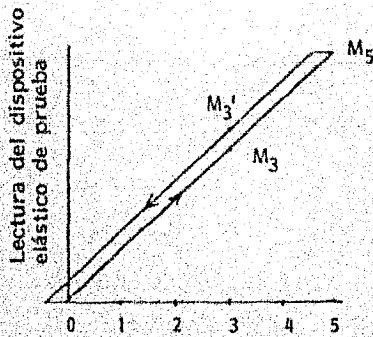
A continuación vamos a presentar algunas consideraciones al respecto (ver figuras 6-19 y 6-20).



Valores indicados por el dinamómetro

Ciclo de carga y descarga

Figura 6.14



Valores indicados por el dinamómetro

Ciclo de carga y descarga

Figura 6.15

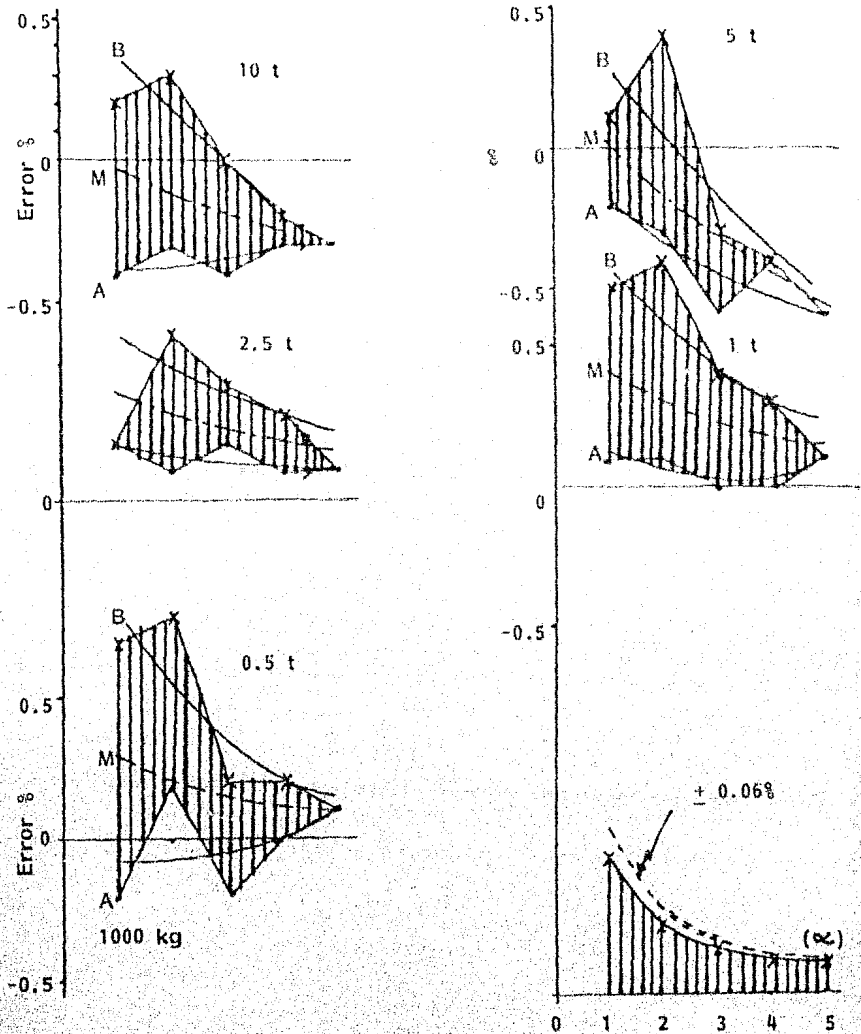


Figura 6.16

Ejemplo de medición de una máquina hidráulica de diez toneladas
 Para referencia: diagrama del dinamómetro con fricción ($\pm 0.05\%$)

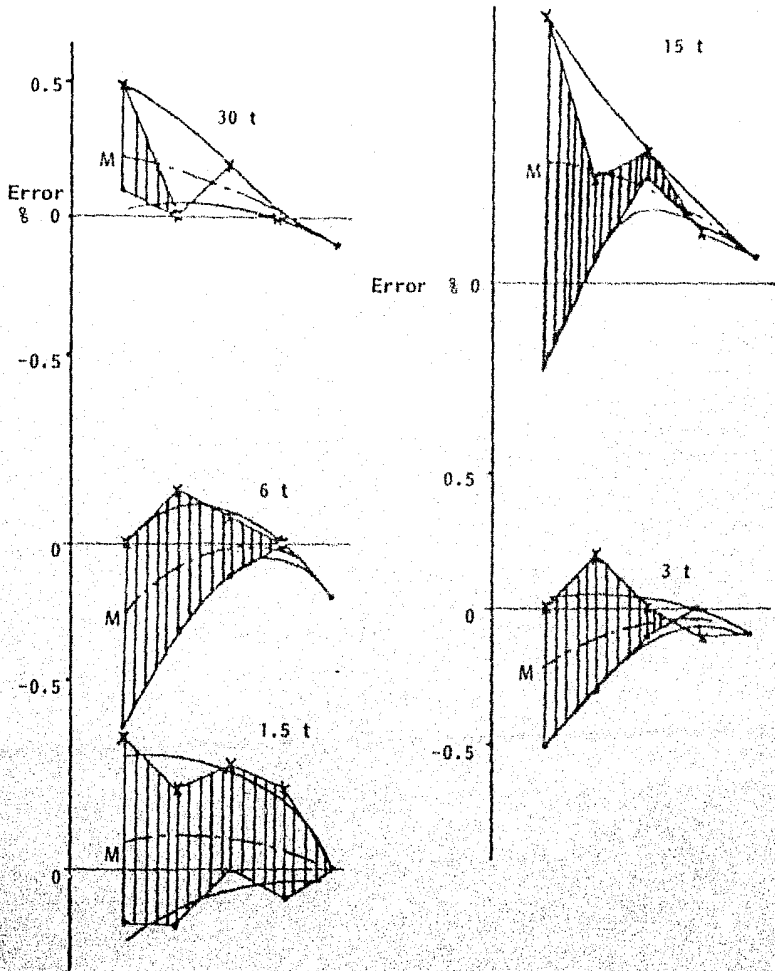


Figura 6.17

Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 30 toneladas

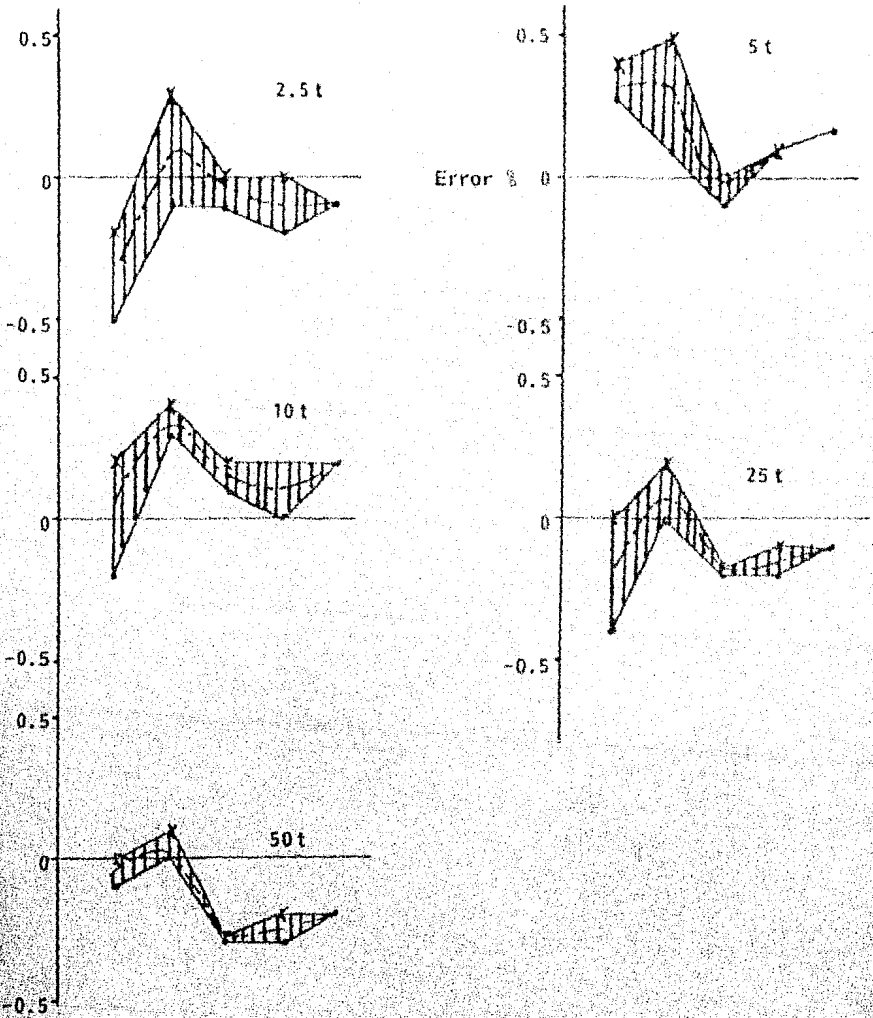


Figura 6.18

Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 50 toneladas N^o 1

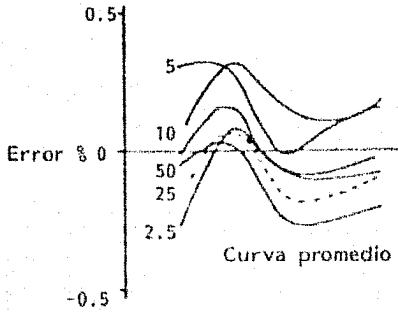


Figura 6.19

Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 50 toneladas N^o 2

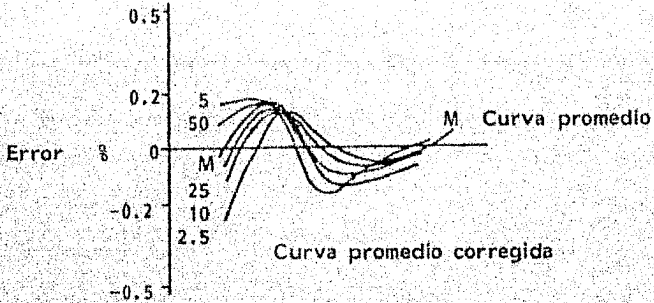


Figura 6.20

Ejemplo de medición en una máquina hidráulica de 50 toneladas N^o 3

7. Cómo corregir y reparar

Las causas de errores han sido mencionadas en el capítulo 6-3 y como detectar dichos errores en los capítulos correspondientes. En este capítulo se mencionarán algunos detalles que se relacionan prácticamente con el método de corrección de errores explicado anteriormente en el capítulo 6-8.

7.1. Como limpiar los baleros de dimensiones pequeñas.

1. Dentro del dinamómetro existen baleros en las siguientes partes:

- a) En el eje del carro.
- b) En el eje del balero dentro del marco de corrección.
- c) En el eje del indicador de carga.
- d) En el eje del balero concéntrico y del pistón de medición.
- e) En el eje de la unión para el amortiguador.
- f) En el eje del péndulo.

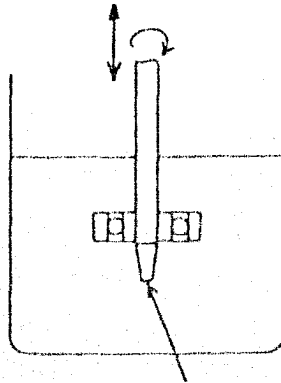
2. Descompostura.

En caso de descompostura, el primer paso es extraer los baleros soltando los tornillos de fijación. Para ésto, es necesario fijarse muy bien en no perder cada una de las partes y acordarse del orden, la dirección, la posición y el sentido y apreciación de que tan apretado estaba cada una de las uniones (como cuando se desarma un reloj), se debe tener un cuidado muy especial al extraer los baleros para no aplicarles fuerzas que los dañen.

3. Cómo limpiarlos.

- a) Como se muestra en la figura 7-1, montar y agitar el balero hacia

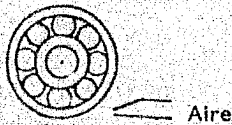
Dirección de la agitación



Flecha desvastada o
punta de aguja

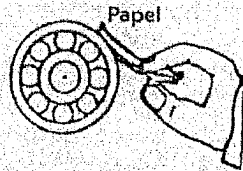
Limpieza de baleros (inmersión en solventes)

Figura 7.1



Limpieza de baleros (con compresora)

Figura 7.2



Prueba de función del balero

Figura 7.3

arriba y hacia abajo en un recipiente lleno de gasolina. En este momento, se puede girar en su sentido de giro del balero.

- b) Girar manualmente la parte exterior del balero (taza) fuera del recipiente. También puede usarse una compresora como se muestra en la figura 7-2. Lavándolos varias veces como se indica en (a) y en (b).
- c) Volatilizar la gasolina. Tenga cuidado, ya que al soplar imprudentemente con la boca, se puede agregar una humedad peligrosa en la gasolina.
- d) Prueba la función del balero rodándolo suavemente, esto es, empujándolo con una tira de papel suave como se muestra en la figura 7-3.

4. Reparación.

Los baleros del carro y del marco corrector no deben aceitarse después de su reparación. Sin embargo, se requiere aceitar otras partes que no son los baleros.

Esto es debido a que el aceite puede atrapar polvo e impedir el libre rodamiento.

7.2. Ajustes en el amortiguador.

1. La viscosidad del aceite que debe usarse en el amortiguador, es la misma que la indicada para el eje.

Para mediciones más exactas, se debe seleccionar una buena calidad en el aceite que se va a utilizar, según las siguientes indicaciones.

"Elevar el péndulo manualmente y soltarlo, éste debe reaccionar bajando por gravedad lo suficiente para golpear ligeramente el amortiguador de hule o para detenerse antes del amortiguador de hule, dejando una pequeña separación entre ellos".

2. El amortiguador debe situarse en una posición en que esté seguro para evitar que se safe.
3. El aceite sucio debe ser reemplazado por nuevo y su nivel debe ser de 20 mm bajo la superficie del cilindro.

7.3. Corrección de la fricción en el pistón de medición.

1. Una fricción en el balero del pistón de medición, puede corregirse - por el método indicado en el inciso 7.1 del capítulo 7.
2. En caso de no haber aceite en el impulsor interno del pistón, hay -- que verter algunas gotas de aceite para trabajo pesado.

Nota: Hay que observar la aguja indicadora de la carátula en la posición de cero. Si no hay alguna pequeña variación en el indicador de la carátula hacia la izquierda o derecha al girar el pistón de medición, las causas de ésto se analizaron en los incisos (1) y (2) anteriormente mencionados.

3. Para el ajuste, cuando se desee tener un funcionamiento más suave - entre el pistón de medición y su cilindro, desármelo y separe las partes y entonces, cualquier impedimento en el trabajo del pistón o del cilindro es en muchos casos, ocasionado por un araño entre ellos; ponga mucha atención y frote el borde cuidadosamente con una piedra de esmeril hasta eliminarla.

Nota: El esmerilado con polvos de óxido de cromo, debe hacerlo un experto.

7.4. Corrección de la fricción en el pistón de carga.

1. Se produce una fricción en el pistón de carga causada por la formación de una película imperfecta entre el pistón de carga y el cilindro.
 - a) Aplíquese la carga máxima (con los platos de compresión sólo) y descargue después de varios minutos de mantenerse. Hay que repetir varias veces este proceso, con lo que no sólo se resolverá el problema, sino que servirá para deshacerse del aire incluido en el aceite.
 - b) Algunas veces el pistón sufre de excentricidades a causa de la reducción de la viscosidad del aceite, cuando cambia su calidad.
2. En caso de que exista una raya en el pistón de carga o en el cilindro.
 - a) Como se muestra en la figura 7-4, hay que poner un polín entre la parte superior e inferior de los cabezales, quitar los tornillos de fijación y colocar tornillos de armella entre el pistón y la mesa.
 - b) Se extrae el pistón del cilindro moviendo hacia arriba el cabezal inferior y poniendo el pistón en un bloque de madera (A), sobre el cilindro.
 - c) Se elimina el rayado con una piedra fina de esmeril y se termina con lija calibre N° 0.
 - d) Cuando el rayado es encontrado en el cilindro de carga, hay que quitar los tubos y el pistón y darle acabado con una piedra fina de esmeril que tenga un radio menor que el del cilindro, después se da un acabado con lija N° 0.
 - e) Después de haber efectuado lo antes indicado, lave con suficiente aceite limpiador el cilindro, de tal manera que no quede ni rebaba ni arenilla.
 - f) Después de la reparación, inserte el pistón verticalmente poniendo una escuadra alrededor de éste en diferentes lugares y golpeando el pistón con un martelete de madera cuidadosa y gradualmente, hasta que se aloje nuevamente en su sitio, sin que se produzcan abo-

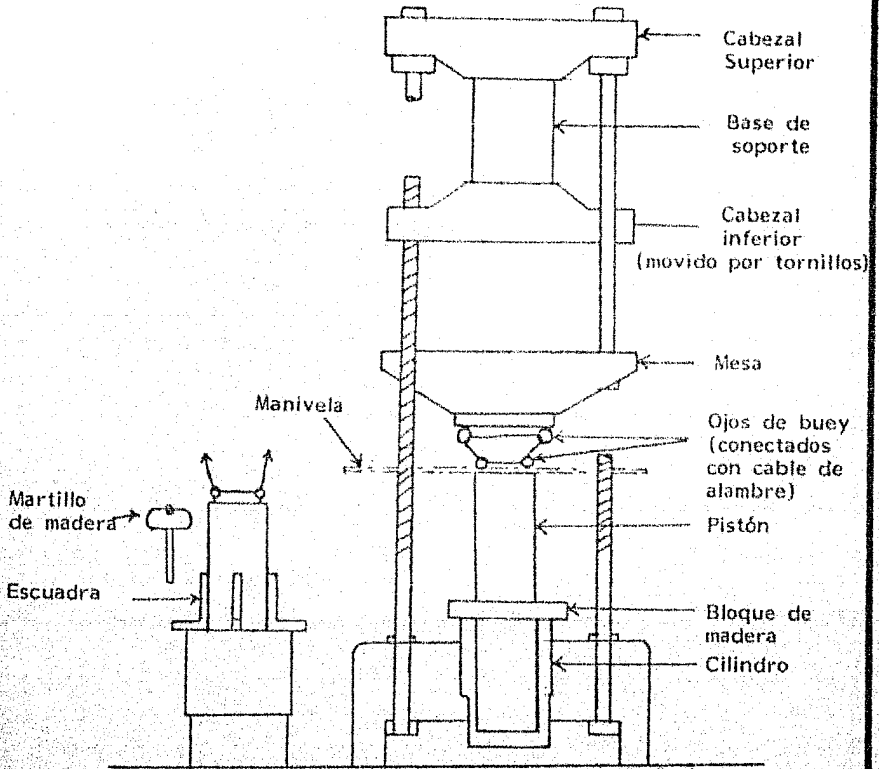


Figura 7.5

Figura 7.4

Extracción y colocación del pistón de carga

lladuras en ninguna de sus partes (ver figura 7-5). Después hay que lubricar suficientemente el pistón con aceite N° 40.

- g) Si los trabajos anteriores no fuesen satisfactorios, será necesario pulir nuevamente el pistón.

Después de recubrir el pistón y el cilindro con polvo abrasivo --- (polvo de óxido de cromo N° 1000), disuelto en aceite, se pule un formemente. Para el pulido, hay que fijar el cilindro para prevenir el movimiento, sujetándole con una manivela larga como se muestra en la figura 7-4. En este caso es recomendable quitar el cilindro de la unidad de carga.

Nota: El pulido debe ser realizado por un experto.

7.5. Corrección de la fricción en los rodamientos guía.

Trate de girar ligeramente los ocho rodamientos con los dedos. En caso de que cualquiera de ellos esté frenado, hay que sacarlo y lavarlo. Y en el caso de que alguno de los baleros esté forzado, hay que sacarlo y lavarlo.

8. Inspección (Detección de Problemas)

8.1. Observe la posición de la aguja indicadora de carga cuando el pistón está en descanso.

1. Si se encuentra dentro de una graduación desde 1/2 graduación en el lado negativo.

* Ajuste a cero la varilla de control, calibre a 0.5 en la escala (ver figuras 8.1 y 2.4).

2. Mayor que en (1).

Reemplace la cuerda (ver figura 8.4), cuando la cuerda para rotación del indicador se safa, (ver figuras 8.1, 8.4, 8.6 y 2.4).

8.2. Problemas en la aguja indicadora de carga cuando el pistón se mueve.

1. Cuando el indicador no se mueve.

* Purgue (elimine el aire) la bomba hidráulica, (ver figura 2.3).

2. Cuando la aguja indicadora de carga se mueve lentamente al incrementar la carga.

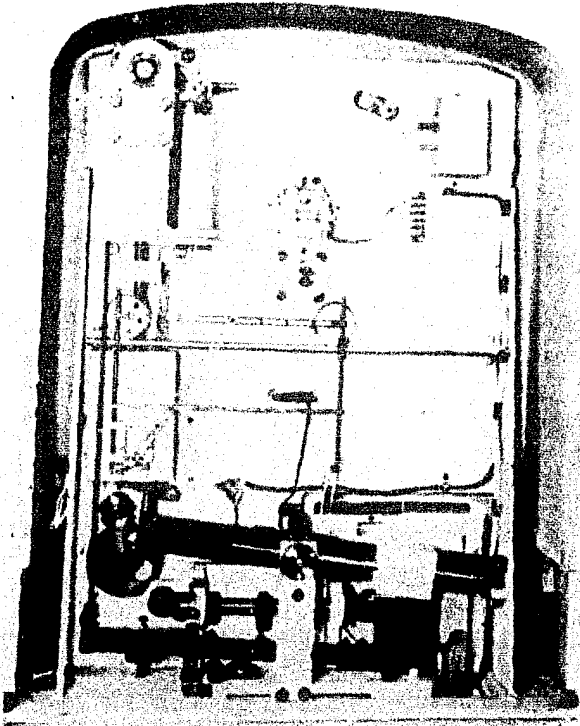
* Purgue la bomba hidráulica. Aplique ciclos de carga, mantener la carga, descargar y volver a cargar varias veces, (ver figura 2.3).

3. Cuando la aguja indicadora de carga se traba a la mitad y no avanza.

* Incremente la presión del resorte de la válvula de alivio. Cuando la aguja muestre un registro inestable ajuste la válvula de seguridad, (ver figura 2.3).

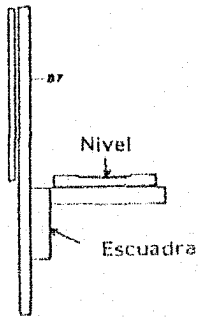
4. La aguja indicadora de carga se detiene momentáneamente en su recorrido.

* Ajuste el eliminador de impactos o apriete la tuerca en la base de los husillos, (ver figuras 8.7 y 2.2).



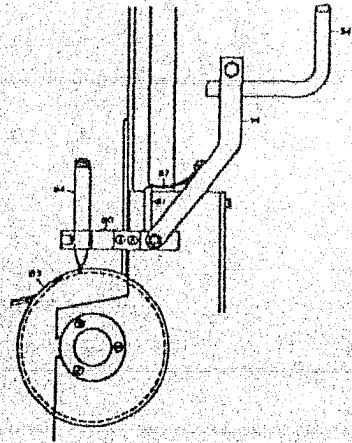
Vista posterior de un dinamómetro con sistema de palancas intercambiables y péndulo pequeño

Figura 8.1

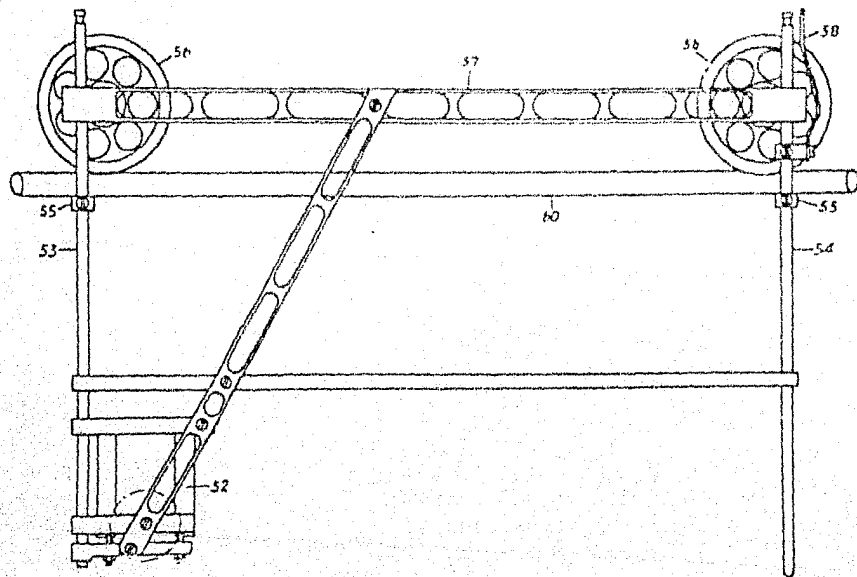


Forma de nivelar el dinamómetro

Figura 8.2

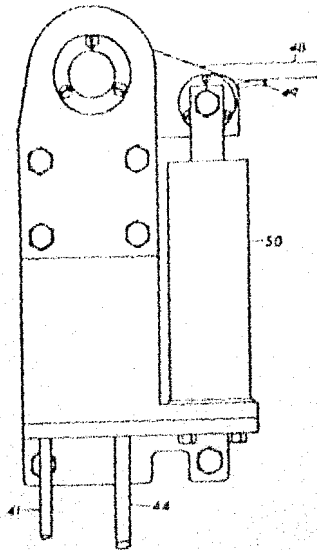


Graficador de tambor giratorio y
plumilla desplazable
Figura 8.3



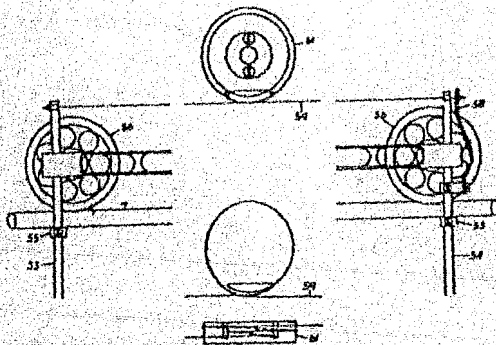
Carro del indicador de carga

Figura 8.4



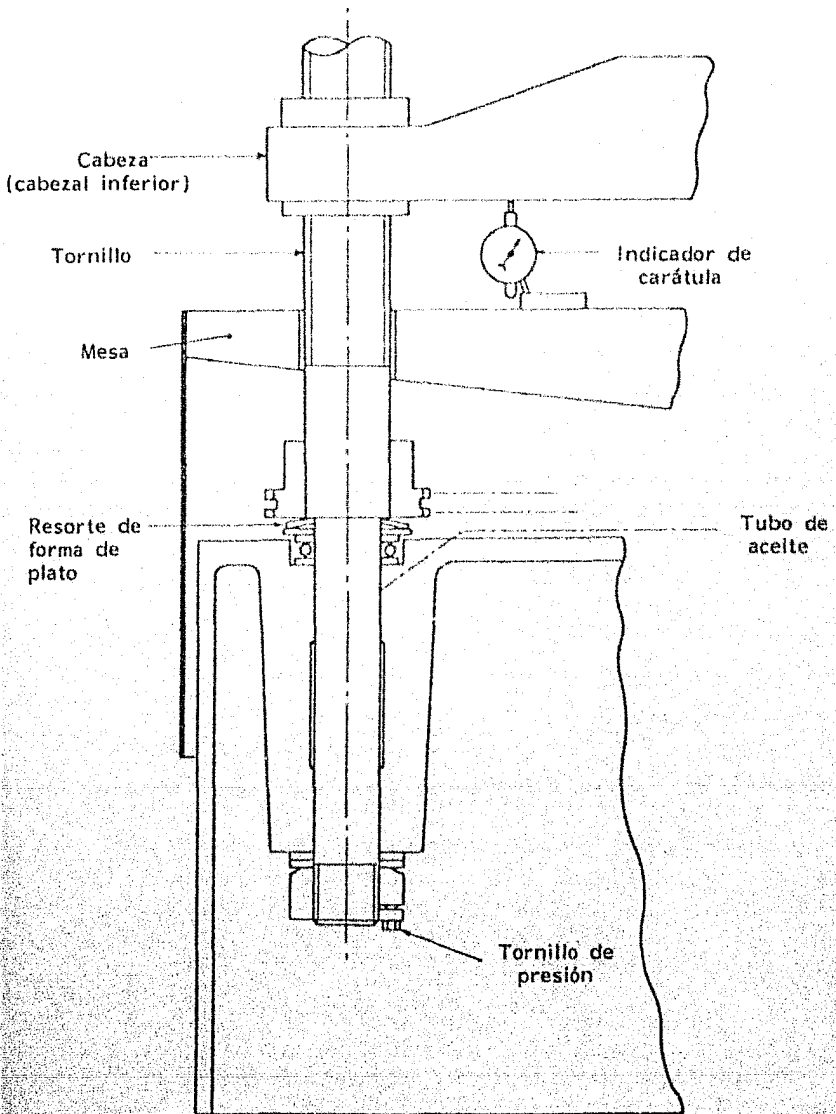
Amortiguador del péndulo

Figura 8.5



Carro indicador de carga-forma de colocar el cable para
desplazar el indicador de carga

Figura 8.6



Sistema de amortiguación entre husillos y base

Figura 8.7

5. Cuando la aguja indicadora de carga gira como si fuese manecilla de segundero de reloj (intermitente).
 - * Limpie las ruedas en el carro con gasolina para remover el polvo, (ver figuras 8.1, 8.4, 8.6 y 2.4).

6. Cuando el extremo de la aguja indicadora vibra.
 - * Ajuste el dinamómetro firmemente a tierra en las cuatro esquinas.

7. Cuando la aguja indicadora de carga regresa violentamente al momento de romperse la probeta.
 - * Agregar aceite dentro del amortiguador del péndulo o cambiar el -- aceite por uno de mayor viscosidad, (ver figuras 8.1, 8.5, y 2.4).

- 8.3. Cuando el ajuste a cero no puede efectuarse.
 - * Ajuste la tara, (ver figuras 8.8 y 2.4).

- 8.4. Cuando el cable (cuerda de acero) que gira la aguja indicadora de carga, se sale de su posición.
 - * Colocarlo adecuadamente como indica la figura 8.6.

- 8.5. Cuando el seguro de sobrecarga falla en operar dentro de los valores deseados.
 - * Operando el tornillo de ajuste hasta que se detenga entre el 2 y 5% sobre la capacidad total de la escala, (ver figura 8.8).

- 8.6. Cuando la aguja indicadora de carga máxima se mueve con dificultad o demasiado fácilmente.
 - * Hay que quitar la cubierta de la escala y ajustar la tuerca del eje de la aguja, aflojando el tornillo colocado en la perilla central de la carátula de vidrio.

- 8.7. Cuando la indicación de cero varía al actuar el pistón.

*Revise el dispositivo para corregir las desviaciones de cero para el peso o pesos del transmisor de tensiones. (Ver figura 8-9).

8.8. Problemas en las sujeciones.

1. Desalineado.

*Forzar el piñón de las mordazas moviéndolo hacia adelante y hacia atrás. (Ver figura 3-12).

2. Cuando la probeta se safa.

*Verifique el agarre de las mordazas de acuerdo a su posición o verifique la dureza de la probeta.

8.9. Cuando la instalación de la máquina no fue hecha a nivel.

1. Unidad de carga.

*Ajuste con cuñas en la cimentación hasta que un nivel graduado indique que la posición queda dentro de cinco divisiones de la escala (una división de la graduación será equivalente a 0.05 mm).

2. Dinamómetro.

*Se ajusta con cuñas en la cimentación hasta que el nivel esté dentro de dos divisiones de la escala (una división de la graduación equivalente a 0.05 mm). (Ver figura 8-2).

8.10. Cuando la sensibilidad de la carga no es correcta.

*Ver capítulo 6.

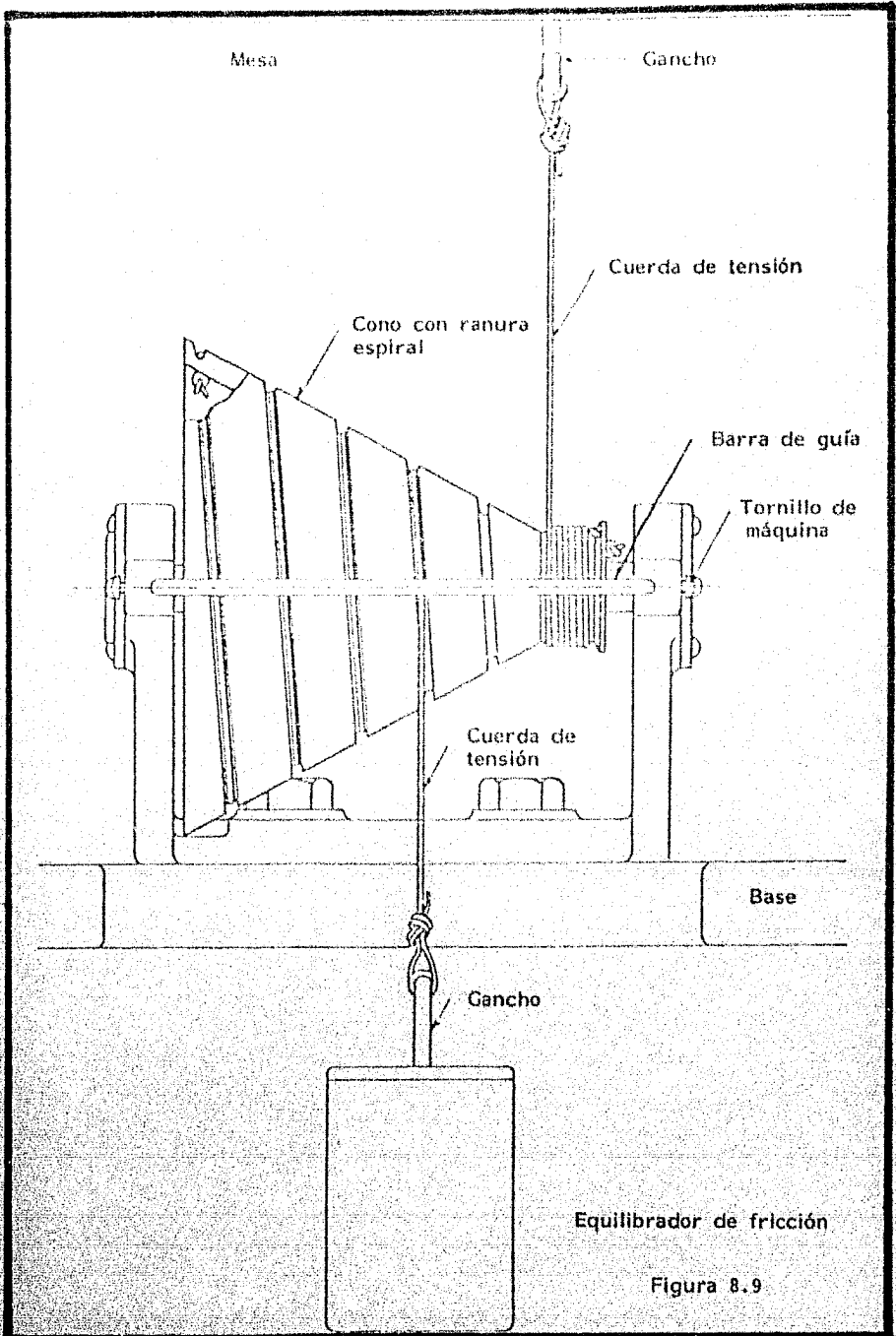


Figura 8.9

9. Diseño

9.1. Unidad indicadora de carga.

Al diseñar máquinas de ensaye de alta precisión, deben tomarse en cuenta lo siguientes puntos:

1. Las ventajas mecánicas.

Los factores más esenciales para instrumentos de medición son, la amplificación y reducción de fuerzas y deformaciones mediante palancas, engranes, poleas, resortes, etc., de manera especial deben tener:

- a) Fricciones mínimas.
- b) Aseguramiento de su linealidad.
- c) Eliminación de la excentricidad.
- d) Buen balance en su centro de gravedad.
- e) Elementos estructurales de rigidez adecuada, para evitar la deflexión de palancas o la variación de brazos de palanca.

Fundamentalmente hay que tener presente que la exactitud y la sensibilidad deben mantenerse adecuadamente.

2. Aplicación de nuevos mecanismos.

Se logra un mejor uso de las máquinas de ensaye, utilizando dispositivos eléctricos, electrónicos, hidráulicos y ópticos, que utilizando simplemente dispositivos mecánicos. Por ejemplo:

- a) Con transformadores diferenciales se pueden amplificar las deformaciones.
- b) Con un motor síncrono se puede transmitir el ángulo de rotación con mayor exactitud.
- c) Pueden obtenerse respuestas de mayor velocidad usando dispositivos electrónicos, hidráulicos, neumáticos o un servomecanismo electrónico.

- d) Un indicador digital o graficador, facilita la medición de resultados comparado con el analógico.
- e) Los dispositivos ópticos permiten amplificar con exactitud las mediciones de dimensiones pequeñas o deformaciones.

Lo antes mencionado, permite un mejor desempeño y control de las máquinas de ensaye.

3. Ejemplo de diseño de una unidad indicadora de carga.

La figura 9-1 muestra las dimensiones de las partes de la unidad indicadora de carga del tipo hidráulico. La fuerza P_1 al ser aplicada en el cilindro principal será proporcional a las indicaciones de la aguja indicadora (ángulo de rotación), con objeto de mantener una linealidad con este diseño.

$$L_1 \sin \theta = (P_1/H)(d/D)^2(Y_3/X_3)(Y_2/X_2)Y_1 \dots (1)$$

Donde:

P_1 : Capacidad de la máquina

W : Peso del péndulo

D : Diámetro del cilindro principal

d : Diámetro del cilindro de medición

L_1 : Distancia entre el eje y el centro de gravedad del péndulo

$$L_2 \sin \theta = r \alpha \dots (2)$$

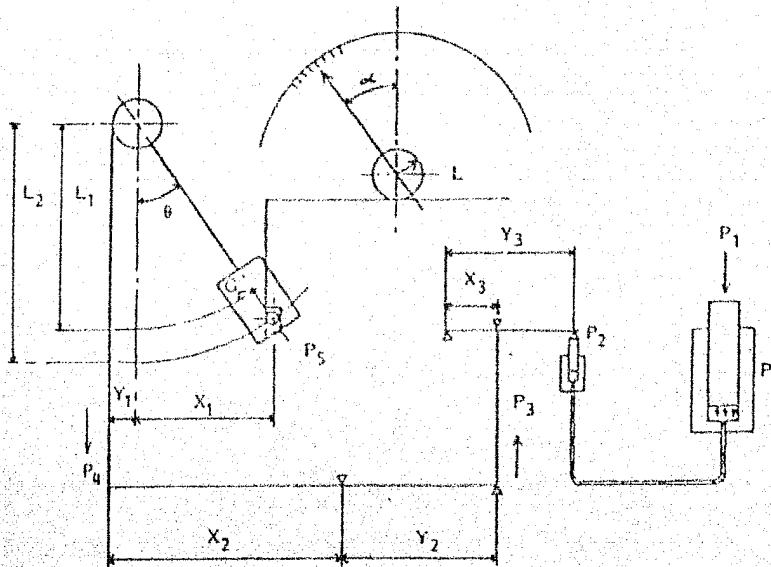
Donde:

r : (Diámetro de la polea + diámetro del cable de alambre)/2

L_2 : Distancia entre los ejes y el centro del balero.

De aquí:

$$P_1 = ((1/W)(d/D)^2(Y_3Y_2Y_1L_2/X_3X_2L_1)) = r \alpha \dots (3)$$



Descripción y dimensiones de las partes de la unidad
Indicadora de carga del tipo hidráulico

Figura 9.1

Puesto que:

() y "r" son la constante.

Tenemos:

$$P_1 = K \times \dots \quad (4)$$

Valores normalizados para el diseño.

- a) $L_2 \sin \theta = 200 \text{ mm}$... Desplazamiento del carro.
- b) Diámetro de la polea: 200 mm / "r" = diámetro del cable de alambre.
- c) Capacidad de la máquina: (Por ejemplo, 10 a 1000 toneladas).
- d) Presión hidráulica: 150 a 400 kg/cm².

Estos valores servirán para el diseño de la máquina.

9.2. Unidad de carga.

Cuando una unidad de carga emplea una fuerza equivalente de 10 a 1000 toneladas, requiere de un cálculo exacto y adecuado de la resistencia del material y de su potencia de operación. Como es natural, es necesario que los diseñadores tengan una variedad de conocimientos sobre resistencia de materiales, dinámica, etc.

Lo siguiente es una síntesis de como debe diseñarse una unidad de carga.

1. Cálculo de la potencia de operación de la bomba de aceite.

a) Valores normalizados.

Velocidad de carga ... $v = 800 \text{ mm/min}$

Capacidad ... $P_1 = 100 \text{ toneladas}$

Presión de aceite ... $P = 250 \text{ kg/cm}^2$

Eficiencia ... $\eta_h > 80\%$

Eficiencia mecánica ... $\eta_m > 80\%$

b) Cálculo de la cantidad de salida de la bomba de aceite.

$$Q = P_1 v / P \quad \eta_g \dots 4.0 \text{ l/min.}$$

$$HP = PQ/4500 \quad m \dots 2.8 \text{ HP (para motor de 2.2 kw)}$$

2. Motor para el ajuste del cabezal.

Valores normalizados.

Velocidad de ajuste ... 450 mm/min.

Peso del cabezal ... $W=2.3$ toneladas.

Eficiencia mecánica ... $\eta_m=35\%$.

$$HP = Wv/4500 \quad \eta_m \dots 0.7 \text{ HP (para motor de 750 W).}$$

3. Cálculo de las columnas de la unidad de carga.

La figura 9-2 es un diagrama.

Cuando el radio menor es $r < 150$, usar la fórmula de Gordon-Rankine.

$$P = (AG) / (1 + a/n(\ell/k)^2)$$

Donde:

$$a = 1/6500$$

$$n = 1/2$$

4. Cálculo de resistencia de los husillos.

Haga los cálculos en la sección más reducida, la conexión del husillo con la base de la máquina.

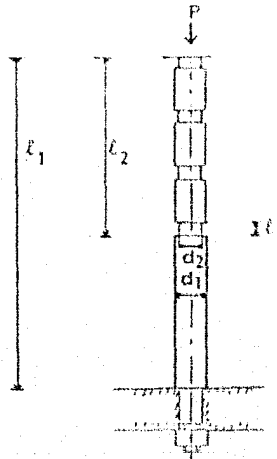
5. Cálculo de la resistencia de la mesa.

Como se muestra en la figura 9-3, se calcula la resistencia de la sección transversal a-a' y se repite el mismo procedimiento para las restantes secciones transversales.

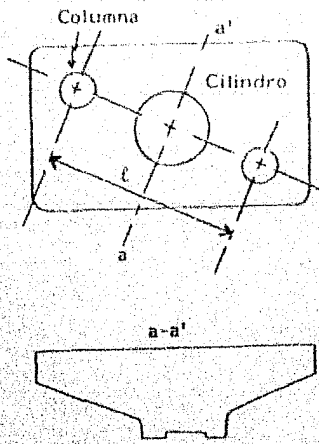
$$M_{\max} = N\ell/4$$

$$\sigma_1 = M\ell_1/I \dots \text{esfuerzo de tensión}$$

$$\sigma_2 = M\ell_2/I \dots \text{esfuerzo de compresión}$$



Dimensiones de las columnas de la unidad de carga
 Figura 9.2



Sección transversal de la mesa de carga

Figura 9.3

6. Cálculo de la resistencia de la base y el cabezal.

Siga los mismos procedimientos, teniendo cuidado en los siguientes aspectos:

- a) Hacer una completa inspección de los materiales para probar que su resistencia sea adecuada.
- b) El factor de seguridad deberá ser como mínimo de 3.5
- c) Deberá evitarse la deformación excesiva.
- d) Se debe efectuar un estudio del uso, concentración de esfuerzos, etc.

9.3. Otros diseños.

1. Cálculo de circuitos electrónicos.
2. Cálculo de servosistemas.
3. Cálculo de cimentaciones.
4. Cálculos de los aditamentos.

(Dispositivos de medición para altas y bajas temperaturas, graficadores, etc.).

CAPITULO II

DISEÑO DE UN MANUAL DE CALIDAD DE UN LABORATORIO

DISEÑO DE UN MANUAL DE CALIDAD DE UN LABORATORIO

Introducción

En el capítulo anterior, hemos explicado que en el uso de las máquinas universales de ensaye, es necesario comprender su diseño, estructura y funcionamiento para aplicarlas correctamente en las pruebas de tensión, compresión y doblado. Lo anteriormente expuesto, no es funcional, a no ser que lo cimentemos con la organización y disciplina necesarias para que los resultados de prueba obtenidos, se puedan considerar confiables, pero es necesario contar además, con evidencia documentada que compruebe ante la vista de terceras personas, que las pruebas que se realicen en ese laboratorio, en particular, han sido ejecutadas bajo los procedimientos y normas adecuadas.

El laboratorio, por lo tanto, deberá operar bajo un sistema apropiado de aseguramiento de calidad, que corresponda al tipo, rango y volumen de trabajos ejecutados por éste. El programa de aseguramiento de calidad, deberá estar descrito en un Manual de Calidad, en el que se expresen todos los procedimientos utilizados por ese laboratorio en particular, y debe estar a la mano del personal adscrito. Este Manual de Calidad, debe mantenerse actualizado y ser revisado en forma periódica por personal capacitado, responsable ante la Gerencia, realizando una función de supervisión en la ejecución correcta de las operaciones, proponiendo acciones preventivas y correctivas, a fin de asegurar la confiabilidad del laboratorio.

Este sistema podrá ser tan sencillo o tan complejo como el tamaño y las operaciones del laboratorio lo demanden.

El sistema de aseguramiento de la calidad, tiene dos funciones: La primera, es obtener una confiabilidad uniforme y continua (exactitud y precisión), de las pruebas efectuadas, es decir, que tan buenos y precisos son los resultados. Esta premisa cumple la función de obtener "calidad"; la segunda, es la de control de calidad, es decir, el seguimiento de programas que aseguren el cumplimiento de la confiabilidad de las operaciones. La diferencia entre las dos funciones podemos ejemplificarla de la siguiente forma:

Los resultados de una prueba de compresión conforme a la norma, representan la función de calidad. La calibración y mantenimiento de la máquina de ensaye, son una forma de control de la calidad.

A continuación, describiremos las pautas indicativas para desarrollar un Manual de Control de Calidad.

En él se deben contemplar todos aquellos aspectos relativos al manejo de los tipos de muestras que serán tratadas por ese laboratorio; desde su selección y acopio, su recepción en el laboratorio, su identificación, preparación y análisis o pruebas a las que deberá de someterseles, los informes de los resultados y el manejo y archivo de datos generados.

El laboratorio organizará sus operaciones estableciendo concreta y objetivamente un sistema que dé cumplimiento con las políticas y servicios que proporciona el laboratorio en cuestión, los elementos básicos de di-

cho sistema, deben conformarse de tal manera que puedan ser aplicados en cuatro conjuntos de actividades:

- A. Generación y control de documentos elaborados en o para el laboratorio.
- B. Validación de datos generados (ejecución y control de pruebas y resultados obtenidos).
- C. Control de compras de materiales y componentes necesarios para ejecutar las actividades del laboratorio.
- D. Acciones preventivas y correctivas.

Es indispensable hacer notar, que no es importante tener un Manual de Control de Calidad "sólo por tenerlo", lo que es importante, es lograr establecer un sistema de aseguramiento de calidad, de tal forma, que el Manual describa los elementos del sistema y que su contenido sea respetado cotidianamente por el personal adscrito.

MODELO PARA ELABORAR EL MANUAL

Presentación del Manual

El manual debe indicar el número de partes contempladas, proporcionando breves descripciones del contenido de cada una de ellas.

Un modelo utilizado con mucha frecuencia es:

I. INDICE

0. Consideraciones generales
1. Políticas de calidad requeridas por el laboratorio
2. Presentación del laboratorio (¿qué es, a qué se dedica?, tipo de pruebas efectuadas)
3. Recursos humanos (personal adscrito)
4. Recursos materiales (equipo de mediciones y pruebas)
5. Condiciones ambientales de prueba (instalaciones, temperatura, humedad, etc.)
6. Métodos de prueba (acopio de normas y/o métodos de prueba utilizados)
7. Controles documentados (procedimientos escritos, manuales, instructivos, formas y controles utilizados en las operaciones diarias del laboratorio)
8. Manejo de los artículos que van a ser probados (selección, acopio, recepción, etc.)
9. Planes de prueba (preparación y seguimiento de las secuencias de prueba)
10. Pruebas mismas
11. Informes de resultados
12. Acciones preventivas y correctivas

II. GLOSARIO DE TERMINOS

III. VALIDEZ

CONTENIDO DEL MANUAL

1. Política de Calidad

Para que un sistema de aseguramiento de calidad sea realmente efectivo, el personal del laboratorio debe estar claramente convencido de su utilidad, para obtener resultados confiables. Las autoridades a cargo del laboratorio deben, por lo tanto, dar su apoyo para poner en operación este sistema; especificar los objetivos que deben de alcanzarse, dar al responsable del laboratorio y Jefes de las diferentes áreas o secciones, la autoridad necesaria y obviamente también, darles los recursos necesarios.

2. Presentación del Laboratorio

Debe de contener una descripción del laboratorio, para información del público o clientes y para el nuevo personal que llega al laboratorio.

La presentación deberá incluir aspectos tales como:

- La situación legal del laboratorio (razón social, ¿cuál es su finalidad?).
- Su historia (¿cuándo fue creado?, ¿cuándo inició actividades?, etc.).
- Referencias a otros documentos promocionales.

Descripción de:

- Los laboratorios, áreas y anexos (si es aplicable), con croquis o fotografías.
- Campos de servicio cubiertos (investigación, asistencia técnica, pruebas).

- Lista de acreditamientos otorgados (por el Sistema Nacional de Acreditamiento y por otros sistemas).

3. Recursos Humanos (Personal)

Esta Sección debe cubrir las estructuras de los recursos humanos del laboratorio, la clara delimitación que debe haber en cuanto a las responsabilidades de cada persona, jerarquías y ámbitos de trabajo.

3.1. Estructuras existentes en el laboratorio.

La descripción de estas estructuras debe cubrir:

- Organigramas y perfiles de puestos (con o sin nombres).
- Información del número de personas y cómo se dividen las categorías del personal.
- Definición de funciones.
- Lista de personas que pueden firmar documentos (¿qué sucede en caso de ausencias de los responsables? ¿quién firma documentos?, sustitutos).
- Medidas para asegurar enlaces con otras áreas del mismo laboratorio o departamentos. Cuando las pruebas son múltiples o interdisciplinarias, es necesario que un sólo artículo recorra varias secciones del laboratorio (definir brevemente el sistema seguido).

3.2. Capacitación, entrenamiento e información.

Este capítulo debe describir las medidas que deberá tomar en forma continua, el laboratorio para asegurar que se cumplan los requisitos de capacitación necesarios al personal adscrito y las medidas que deben de tomarse para que su entrenamiento e información se mantenga al día y que

el personal novato adquiera los conocimientos y habilidades requeridos.

Los señalamientos de esta parte deben de contemplar:

- Descripción del trabajo, nivel de preparación mínimo requerido, experiencia, actividades específicas, etc.
- Condiciones de reclutamiento.
- Condiciones de entrenamiento.
- Medidas que deben tomarse para motivar al personal y hacerlo participe y consciente del logro de imperativos de calidad.
- Manejo de expedientes del personal (personas a cargo, etc.).
- Evaluaciones del personal y registros de avances.

3.3. Secrecía profesional.

Medidas para asegurar la ética profesional del personal y confidencialidad de datos obtenidos.

3.4. Visitantes.

Recepción de visitantes, medidas a tomarse, restricciones de accesos.

3.5. Seguridad.

Aspectos inherentes para proteger personal, equipos, materiales, etc.

4. Recursos Materiales

Equipos de medición y pruebas.

La importancia de esta parte es fundamental. Aquí deben contemplarse

todas las acciones necesarias para asegurarse del manejo adecuado de los equipos de mediciones y pruebas, de manera tal, que estos instrumentos mantengan todas las cualidades metroológicas requeridas.

Factores que deben considerarse:

4.1. Inventario de instrumentos. Expedientes individuales.

El Manual debe contemplar una descripción del procedimiento para el manejo de inventarios de los equipos principales, conteniendo además, sus requerimientos y condiciones; para ésto, es indispensable tener un inventario general y una serie de expedientes individuales manejados en cada sección.

4.1.1. Inventario general.

Debemos contemplar las siguientes interrogantes:

- ¿Qué equipo está en la lista?
- ¿Qué información está registrada?
- ¿Qué características tiene el equipo?, tales como: nombre, marca, tipo, identificación, número de serie, fecha en que el equipo se recibió, fecha en que fue puesto en servicio, lugar destinado, asignación a un determinado operador, etc.

Procedimientos de mantenimiento, etc.

4.1.2. Expedientes individuales.

Estos deben contener lo siguiente:

- Números de inventario.

- Bitácora de control: tarjetas de mantenimiento, ajustes programados, calibraciones, verificaciones, intervalos asignados, reparaciones, fallas, etc.

Procedimientos para el uso de estos expedientes:

- Métodos empleados para identificar equipos sujetos a calibración.
- Fechas que indiquen la última calibración y en la que deberá efectuarse la próxima.
- Sistema para alertar al personal. Que indique cuando requiere ser calibrado nuevamente.
- Si es una calibración interna (con equipo del propio laboratorio), indicar con cuales equipos de referencia (patrones nacionales o extranjeros), ha sido comparado (trazabilidad).

4.1.3. Identificación con el equipo.

El personal que labore con el equipo de pruebas, debe tener acceso a la información sobre todos los aspectos de operación y mantenimiento del mismo. Para asegurar ésto, debe establecerse un procedimiento que contemple:

- Manual del equipo (síntesis traducida, si es necesario).
- Las condiciones del instrumento con respecto a los intervalos de calibración (tarjeta de calibración, fecha de calibración, fecha de la última calibración y la siguiente, rangos de medición aceptables, precisión).
- Restricciones de uso (si es que existen).
 - i) Para ser manejadas por algunos operadores, por ejemplo: bajo ciertas condiciones.
 - ii) Cuando el instrumento en cuestión tiene problemas como, requerimientos de reparación, imprecisión en uno de sus rangos, calibraciones que no se han efectuado en los intervalos estipulados, etc.

4.1.4. Mantenimiento.

En este manual, deben quedar descritos los procedimientos y sistemas a seguir en el laboratorio, para asegurar lo siguiente:

- La verificación y mantenimiento preventivo (tipo de acciones, frecuencia, intervalos, calendarización, etc.).
- Las reparaciones (responsabilidades, condiciones para reinstalar equipos reparados, etc.).

4.1.5. Calibración y verificación de instrumentos.

Deben de tomarse en consideración los siguientes factores:

- Instrumentos o partes de instrumentos sujetos a calibración y verificación periódica, para lo que se requiere hacer el seguimiento y fijar procedimientos (control por etiquetas, tarjetas, etc.).
- Frecuencia. Se requiere definir una política en la que se establezca cuál es el número de instrumentos que deben estar en buenas condiciones al efectuarse las calibraciones programadas regularmente, los métodos para hacer uso de los resultados, los errores máximos tolerados y la expresión de los intervalos requeridos (según tiempo y uso).
- Programación de calibraciones y calendarización.
- Métodos para acopiar los instrumentos que requieren calibración.
- Métodos elegidos. Modos de operación, trazabilidad a los patrones nacionales o extranjeros según el caso. Dictámenes de calibración. Formas aceptadas.
- Restricciones en el uso del equipo de prueba o de calibración.
- Condiciones para reinstalación de instrumentos que fueron reparados.
- Intercomparación de equipo:
Si se participa en programas de intercomparación, identificar a que programa pertenece.

Señalar cuales son los resultados.

- Restringir uso de materiales de referencia. Usarlos sólo con fines de calibración.

4.2. Proveedores.

En esta parte del manual, se han de describir las precauciones que deben de tomarse cuando sea necesario comprar, aceptar o almacenar materias primas; instrumentos y equipos de medición, refacciones y artículos diversos. Deberán tomarse en consideración los siguientes aspectos.

- Inventario o listas de proveedores, con sus correspondientes expedientes (calidad, servicio, precios):
 - i) Preparación y seguimiento de las órdenes de compra.
 - ii) Condiciones para la aceptación (control, criterio de aceptación, calificaciones, especificaciones, señalamiento, concursos).
 - iii) Requerimientos de documentación para los artículos objeto de compra (instructivos para ensamble, operación y mantenimiento, requerimientos de calibración, etc.).
 - iv) Condiciones de almacenaje.

5. Condiciones de Prueba

Objetivo: Es importante que las condiciones establecidas se respeten. - Para cumplir con ésto, es necesario que se tomen en cuenta los siguientes términos:

- Descripción del edificio y posibles extensiones.
- Condiciones de mantenimiento y limpieza. ¿Quién lo hará?, ¿cada cuándo?, precauciones que deberán tomarse, etc.

- Factores críticos (temperatura, humedad, vibraciones, etc.), determinar si necesitan verificarse, si es el caso, cómo?, controles aplicables, etc.
- Aspectos de contaminación ambiental (si es el caso, cómo solucionarlos?).

6. Métodos de Prueba

El manual debe establecer por escrito, la metodología que proporcione las garantías necesarias de calidad. Es decir, se asegura que los métodos de prueba seleccionados se apliquen correctamente. Por lo tanto, debe ponerse a disposición del operador, el plan de pruebas a seguir, de la siguiente manera:

Plan de Prueba (Quality Plan)

- Asegurarse de que los métodos de prueba se encuentren actualizados y conforme a normas o en su defecto, presentar una descripción completa, siempre y cuando sea repetitivo y reproducible. Cuando sea aplicable deben definirse también las condiciones para muestrear y para la preparación de especímenes, estas indicaciones podrán ser breves pero lo más completas posibles.
- Las instrucciones de trabajo a seguir. Designación del equipo que deberá utilizarse (instrucciones para uso, límites, precauciones con respecto al uso, etc.).
- Verificaciones metrológicas que deben efectuarse antes de hacer las operaciones.
- Lista de analistas autorizados para ejecutar esa prueba.
- Métodos para registro y procesamiento de datos.
- Método para acopio y verificación de datos.

- Formatos normalizados para informes de pruebas que deban ser utilizados.
- Supervisiones y verificaciones que deban llevarse.
- La (s) persona (s) autorizada (s) para firmar estos informes.

7. Control de Documentos

En esta parte del Manual, se definen los procedimientos que el laboratorio elige para asegurarse de un control apropiado de documentos.

- Condiciones que estipulan la preparación de documentos generales en el laboratorio y para el Manual.
- Condiciones que estipulan la revisión y aprobación.
- Identificación, códigos, datos de entrada en la (s) orden (es) de trabajo.
- Condiciones que controlan la disseminación de documentos, préstamos de documentos o instructivos.
- Formación y manejo de expedientes.

8. Manejo de Artículos que van a ser Probados

Esta parte debe considerar las instrucciones que deben seguirse para el manejo de los artículos que van a ser probados. Los siguientes factores deben de tomarse en cuenta:

- Aceptación. Condiciones para aceptar las muestras, identificación y marcado.
- Precauciones para manejo y almacenamiento.
- Vigilancia, protección, confinamiento antes, durante y después de las pruebas.
- Medios de identificación, cuando se obtienen especímenes de prueba.

- Duración de la retención de artículos después de las pruebas.
- Condiciones para la destrucción o para el regreso del artículo al usuario.

9. Preparación y Seguimiento de la Secuencia de Pruebas

En esta parte se debe contemplar todas las instrucciones relativas a las solicitudes de prueba.

- Recepción de solicitudes. Registro, responsabilidad, identificación.
- Respuesta a solicitudes. Evaluación técnica, términos de contrato.
- Enlace con la recepción de (los) artículo (s) que va (n) a ser probado (s).
- Instrucciones internas para manejo de órdenes: Responsabilidades, normas, referencia al plan de prueba, traslape de varios departamentos que van a trabajar sobre la misma orden, puntos de inspección, verificaciones, etc.
- Anexos a las órdenes.
- Casos especiales.
- Seguimiento (tiempos y movimientos). Costos.

10. Las Pruebas mismas y como Verificarlas

En esta parte, el Manual debe describir las instrucciones y acciones de aseguramiento de calidad que se tomen durante las operaciones de prueba.

10.1. La Prueba.

El plan de ejecución de prueba, estará a la disposición del área de trabajo apropiada y además, deben definirse las medidas de seguridad que

deben tomarse y aspectos tales como:

- Advertencia de que "está corriendo una prueba". Asegurarse que los instrumentos están en operación.
- Condiciones para acopio de datos. La revisión de cálculos, salidas de resultados, etc.
- Formas de reporte. Los encabezados deben contener: fecha, nombre del operador, ensamble, máquinas, método, identificación de pruebas, etc.
- Procesamiento de datos. Registros.

10.2. Control de la prueba.

Incluye:

- Verificación de la instalación (pruebas preliminares, verificación en cero, etc.).
- Uso de material de referencia o muestras (tarjetas de control, error máximo de aceptación, etc.).
- Evaluación de resultados. Comparación con valores conocidos.
- Salvaguarda contra errores de procesamiento de datos.
- Procedimientos estadísticos; desviación estándar.
- Formas de acción correctiva (modelo normalizado, condiciones de uso).

11. Informes de Resultados

El laboratorio debe establecer métodos y procedimientos para normalizar las formas que utiliza para los Informes de resultados. Los siguientes aspectos deben de tomarse en consideración:

- Tipo de documentos emitidos: Diseño de formas, designación, contenido, o sea, que los documentos estén normalizados.

- Verificación de cálculos y del contenido de los informes de pruebas, antes de ser liberados.
- Formación y guarda de expedientes.
- Señalamiento de responsables (operador, supervisor, gerente).
- Tipo de acciones que deben tomarse si se hace uso impropio de los documentos emitidos.

12. Acciones Preventivas y Correctivas

En esta parte, se deben indicar, cuales son las medidas para efectuar controles de calidad dentro del laboratorio; los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta.

12.1. ¿Qué hacer en caso de deficiencia? (no conformidad).

Incumplimiento con el método de prueba, en su totalidad o en parte. Definir claramente que es una deficiencia. No conformidad con una especificación, procedimiento, examen, deficiencia interna, deficiencia externa.

- **Detección:**
 - Ordenes emitidas al personal.
 - Tipo de deficiencias.
 - Quejas.
- **Documentación:**
 - Acciones correctivas, solicitud de corrección o inconformidad mediante formas.
 - Expedientes con las quejas de los clientes.
- **Acciones:**
 - Acciones correctivas tales como: personal responsable para coordinar y tomar decisiones, varias causas de deficiencias (equipo, resultados, calibración).

Acciones preventivas.

- Control:

De acciones preventivas y correctivas.

12.2. Pruebas de intercomparación entre laboratorios.

Programas que se realicen en este sentido (actividad muy compleja, requiere de un coordinador experto).

12.3. Auditoría internas.

- Hechas por personal ajeno al laboratorio, aunque pertenezca a la misma organización.

- Departamento de control de calidad.

12.4. Seguridad del laboratorio.

- Protecciones contra riesgos, incluyendo acciones contra responsabilidades incurridas por ejecución defectuosa de pruebas.

II. GLOSARIOS

El Manual debe contener una serie de glosarios que definan el significado de los términos clave contenidos en el mismo. Así deben identificarse y definirse claramente el significado de:

- Manual de calidad
- Plan de pruebas
- Procedimiento
- Métodos de prueba
- Instrucciones para el uso de instrumentos de prueba
- Instrucciones para el mantenimiento de los instrumentos de prueba
- Tarjeta de identificación por instrumento
- Ordenes de trabajo para ejecución de prueba
- Ordenes de trabajo para calibración
- Informes de pruebas
- Dictámenes o certificados de conformidad

En este glosario, deben incluirse también, definiciones de aquellos términos de mayor uso en los textos de los documentos, tales como:

- Jefe de laboratorio, de área, de sección, etc.
- Sistema de calidad
- Aseguramiento de calidad
- Muestreo
- Muestra
- Lote
- Probeta o espécimen de prueba
- Acción preventiva
- Acción correctiva
- Etc.

III. VALIDEZ

Es muy importante especificar el tiempo de validez del Manual, así como las condiciones de uso y manejo del mismo, los responsables de supervisar cada aspecto y determinar los sistemas empleados para mantenerlo actualizado y hacerlo del conocimiento del personal.

Este capítulo debe contemplar:

- La fecha inicial en que el Manual será aplicable (se va a poner en -- práctica).
- Fecha de aprobación de su operación y control.
- Campo de aplicación (unidades técnicas y pruebas cubiertas).
- Cuantas copias del Manual se van a distribuir y a quienes.
 - i) Número vs. responsable.
 - ii) Derecho de acceso al Manual completo o a partes del mismo.
- Períodos establecidos en que el Manual debe de revisarse y actualizarse.
 - i) Fecha de referencia.
 - ii) Preparación de la revisión.
 - iii) Revisiones.
 - iv) Aprobaciones de cambios.

CAPITULO III

COMENTARIOS Y DISCUSIONES

DISCUSION

Este trabajo fue realizado con el objetivo de presentar en forma simplificada, las características de los principales tipos de máquinas universales, las más comúnmente usadas, de tal modo que el personal que haga uso de ellas, se familiarice con su diseño y pueda operarlas correctamente al efectuar pruebas de: compresión, tensión, flexión y doblado; pueda así mismo calibrarlas y ejecutar un mantenimiento adecuado. Es por ello que el trabajo fue complementado con diagramas, esquemas, gráficas, fotografías y listas de normas que más se utilizan en este tipo de pruebas.

En la segunda parte, planteamos la necesidad de controlar también las operaciones de laboratorio, tomando en cuenta que en todo sistema de aseguramiento de calidad, existen varias áreas que deben ser cubiertas, fundamentalmente:

- PLANEACION Y ORGANIZACION
 - a) Política de calidad.
 - b) Organización.
 - c) Manuales de control de calidad.
 - d) Sistemas de seguimiento y supervisión.
 - e) Análisis de costos de calidad.
- DISEÑO, NORMALIZACION Y CONTROL (DEL DISEÑO O DE LOS SERVICIOS OTORGADOS)
 - a) Revisión de nuevos diseños y modificación de diseños existentes (productos y servicios).
 - b) Criterios de aceptación y rechazo de Inspecciones y pruebas.
 - c) Sistemas para calificar nuevos diseños o productos rediseñados (procesos o servicios).
 - d) Autorizaciones documentadas.

- e) Regulaciones de seguridad.
- f) Controles del diseño o cambios en el proceso.

- CONTROL DE COMPRA DE MATERIALES, PARTES Y COMPONENTES

- a) Comunicación de requerimientos a proveedores.
- b) Selección de fuentes calificadas.
- c) Determinación de la capacidad del proveedor; Evaluación y concurso de proveedores.
- d) Relaciones comprador-vendedor.
- e) Controles (no conformidad y acciones correctivas).
- f) Sistemas de inspecciones y pruebas.
- g) Calibración de instrumentos y mantenimiento.
- h) Control de inventarios (cantidad y calidad).

- CONTROL DE CALIDAD DE FABRICACION (O DE REALIZACION DE PRUEBAS)

- a) Planeación y control del proceso.
- b) Información de calidad.
- c) Prueba de equipo.
- d) Manejo, almacenamiento y embarque, o en su caso, prestación de servicio.
- e) Empaque y etiquetado o informe de resultados.
- f) Inspección final.

- SERVICIO AL CLIENTE

- a) Mercadotecnia.
- b) Desarrollo de productos o de prestación de servicios.
- c) Retroalimentación del cliente.
- d) Retroalimentación externa (gobierno, asociaciones de compradores).

- ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

Existen otras herramientas que se utilizan en las funciones de aseguramiento de calidad, pero no consideramos pertinente hacer más extenso el presente trabajo y preferimos describirlas someramente. Sugerimos que deberán consultarse en tratados especializados, en caso de tener necesidad de abundar en la información. Damos a continuación algunas definiciones, sólo como indicadores y consideramos entre los más importantes, los siguientes:

1. Diagrama de Causa y Efecto

En todo proceso existen diversos factores que lo influyen predominantemente, entonces este tipo de diagrama sirve para organizar dichos factores, en forma visual, dándoles dirección y sentido.

2. Análisis de Pareto

Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80-20, esto quiere decir, que el 80% de las dificultades de un proceso pueden ser eliminadas por el 20% de factores.

Una variante de esta herramienta, es el análisis geográfico, que es la aplicación de la localización de los defectos de un producto, a partir de un diagrama de causa y efecto.

3. Cartas de Control

Es una herramienta que registra los acontecimientos que se suceden en un tiempo determinado, con relación a situaciones preestablecidas.

4. Planes de Aceptación y Muestreo

La aplicación de tablas para determinar planes de muestreo y métodos de muestreo.

CAPITULO IV

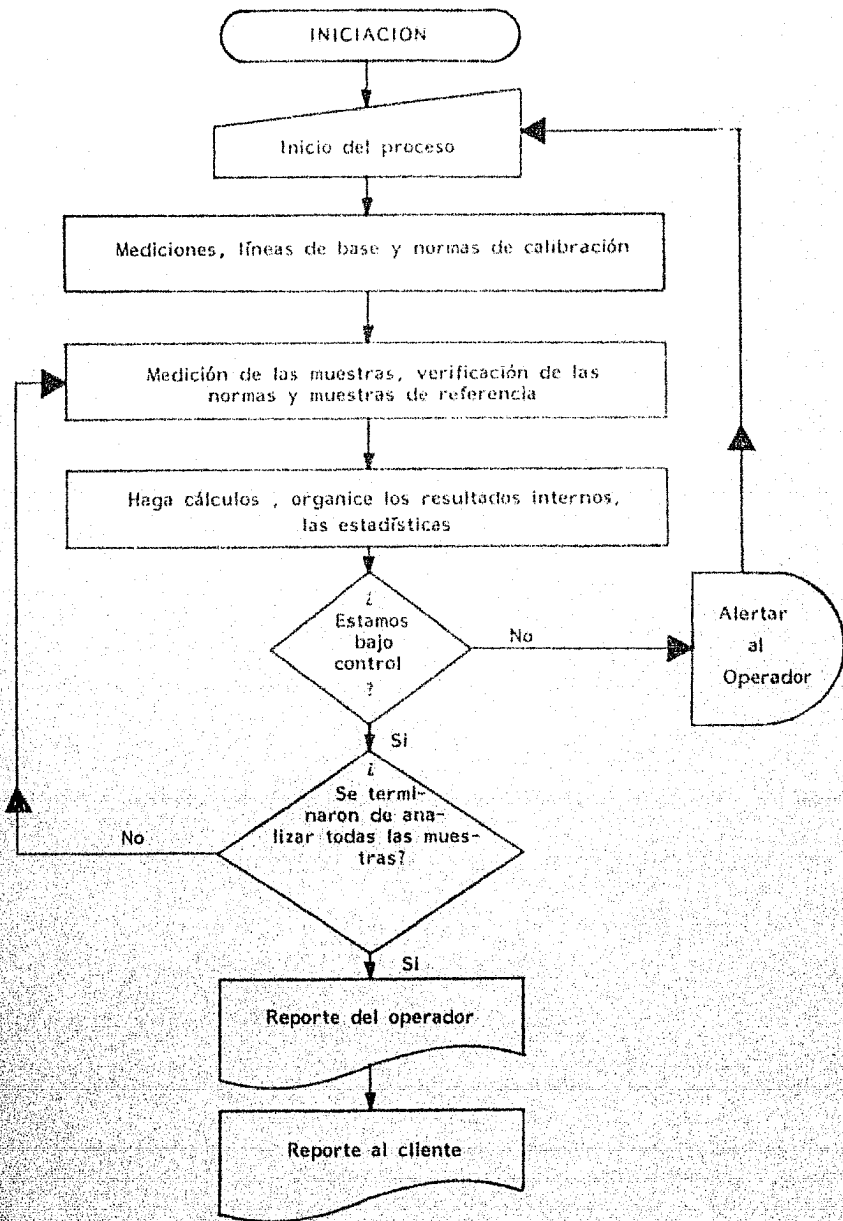
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La correcta utilización de las máquinas universales de ensaye, así como el funcionamiento de los laboratorios de ensaye, requieren más que de buenas intenciones, ya que la experiencia nos dice que no bastan. Y se debe adoptar siempre un enfoque sistemático y profesional, que sólo están dispuestos a llevar a cabo personas que no se conforman con la teoría y contribuyen con hechos derivados de la observación directa, la experimentación y la comprobación a la solución correcta de los problemas.

Finalmente, queremos expresar que en nuestra presentación del "Modelo de Desarrollo de un Manual de Calidad" simplificamos los puntos señalados en los sistemas de aseguramiento de calidad, con objeto de darle una presentación sencilla enfocada a las funciones de un laboratorio de pruebas.

El diagrama de flujo que presentamos en seguida, ilustra lo que pretendimos expresar.

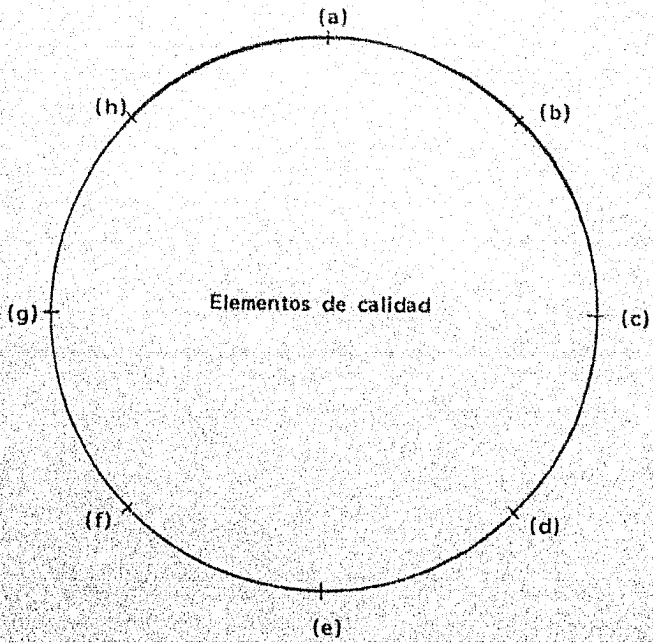


Flujograma de la secuencia de eventos durante una serie controlada de mediciones de laboratorio

Figura IV.1

Elementos de calidad.

- (a) Calidad
- (b) Rendimiento
- (c) Precio
- (d) Crédito
- (e) Seriedad
- (f) Disponibilidad
- (g) Servicio comercial
- (h) Servicio técnico



Elementos de calidad

Figura IV.2

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

1. Davis, Troxel y Wisckoski
Ensaye de Materiales
Limusa Wiley.
2. Sociedad de Ciencia de Materiales, Japón
Manual de Ensaye de Materiales.
3. Yamada Ryonosuke
Métodos de Prueba de Materiales
4. Yoshizawa Takeo
Métodos de Prueba y Aplicaciones de las Pruebas.

NORMAS CITADAS EN EL TRABAJO:

5. Normas ANSI.
6. Normas ASTM.
7. Normas BS.
8. Guía ISO 25.
9. Normas JIS.
10. Normas KS.
11. Normas NOM.

PUBLICACIONES:

12. ANSI/ASQC A-3, 1978
Norma Nacional Norteamericana, Terminología de los
Sistemas de Calidad.
13. ANSI/ASQC Z-1.15, 1979
Norma Nacional Norteamericana, Directrices Genéricas
para los Sistemas de Calidad.

14. ANSI Z-1 Comité, 1978
Sociedad Norteamericana para el Control de la Calidad.
Anteproyecto: Norma Nacional Norteamericana, un Sistema de
Calidad Normalizado para Laboratorios.
15. Consejo Norteamericano de Laboratorios Independientes,
Inc., 1976
Manual de Prácticas, Requisitos del Sistema de Control de
Calidad para un Laboratorio de Inspección y Pruebas.
16. Kirkpatrick D. y Horbick J.
Noticias sobre Normalización ASTM, B, 12, diciembre de 1980.
Pruebas de Intercomparación: Un Elemento Esencial del
Acreditamiento de Laboratorios.
17. Lashof T.W.
Publicación Especial de la Oficina Nacional de Normas Nº 591:
Memorias del Congreso Nacional sobre el Comportamiento de
los Laboratorios de Pruebas; Evaluación y Acreditamiento,
llevada a cabo en la NBS, Gaithersburg, MD, septiembre 25-26,
1979: "El Proceso de Medición y la Evaluación de Laboratorios".
18. McBean Gerald M., marzo de 1976
Procedimientos de Control de un Laboratorio Independiente.
19. Wening Robert J., marzo de 1976
Aseguramiento de la Calidad de un Laboratorio.

A P E N D I C E

GUIA ISO 25

Requerimientos generales para tratar de garantizar la competencia técnica de los laboratorios de prueba.

1. Objetivo y Campo de Aplicación

El objetivo de este documento, es establecer los requisitos generales que debe cumplir un laboratorio para que pueda ser reconocido como técnicamente competente.

Si se requiere suministrar información adicional no comprendida en esta guía, relativa a los requisitos para evaluar la competencia técnica de los laboratorios o para determinar la conformidad o cumplimiento con otros criterios, éstos habrán de ser especificados por el organismo que otorga el acreditamiento, dependiendo de la característica específica de las pruebas efectuadas en ese laboratorio.

Un laboratorio de prueba se define en este documento como aquel que opera en o desde una localidad específica. Este documento puede ser utilizado por organismos acreditadores, de certificación, gubernamentales o privados, que se ocupen de evaluar la competencia técnica de los laboratorios.

2. Definiciones

2.1. Laboratorio de prueba: un laboratorio que mide, examina, prueba, calibra o determina de alguna manera las características o el comportamiento de materiales o productos.

2.2. Método de prueba: un procedimiento técnico definido para deter

minar una o más características especificadas de un material o producto.

- 2.3. Informe de prueba: es un documento que presenta, tanto los resultados obtenidos, como la información importante de dicha prueba.
- 2.4. Organismo de acreditamiento: un organismo gubernamental o privado que conduce y administra un sistema de acreditamiento de laboratorio y otorga el acreditamiento.
- 2.5. Organismo de certificación: un organismo imparcial, gubernamental o privado, que posee la confiabilidad y la competencia necesarias para operar un sistema de certificación, en el cual los intereses de todas las partes involucradas con el funcionamiento de dicho sistema están representadas.

3. Organización

El laboratorio de pruebas debe:

- Estar registrado legalmente.
- Tener una estructura organizacional, en la que se incluya un sistema de calidad, que garantice el mantenimiento de la capacidad de ejecutar satisfactoriamente las funciones técnicas que le hayan sido acreditadas.
- Poder demostrar ante personas físicas o morales que estén evaluando su competencia, que es capaz de ejecutar las pruebas representativas para las cuales se les ha otorgado el acreditamiento.
- Estar organizado de tal manera, que sea posible evitar que el personal del laboratorio pueda ser presionado o inducido indebidamente a emitir juicios o a influencia de alguna manera, los resultados de su trabajo.

- Estar organizado de tal manera, que cada miembro del personal conozca la extensión y las limitaciones de su área de responsabilidad.
- Tener un Gerente Técnico (con este o cualquier otro nombre) que sea responsable completamente de las operaciones técnicas del laboratorio.
- Tener las condiciones o reglas de seguridad adecuadas, para la protección de los derechos de propiedad y de información confidencial.

Nota:

En los laboratorios pequeños, la estructura organizacional debe cumplir con los requerimientos de esta cláusula en una forma simplificada.

4. Sistema de Calidad

4.1. El laboratorio debe efectuar sus operaciones con un programa de aseguramiento de calidad apropiado al tipo, rango y volumen de trabajo efectuado. El programa de aseguramiento de calidad, debe de estar disponible en un Manual de Calidad, para uso del personal del laboratorio.

El Manual de Calidad debe ser constantemente actualizado.

La Gerencia del laboratorio debe designar a una persona o una serie de personas, con la responsabilidad de supervisar el programa de aseguramiento de calidad dentro del laboratorio, con acceso directo a la Dirección.

4.2. El Manual de Calidad debe contener información correspondiente a:

- La estructura del laboratorio (organigrama).
- Las obligaciones de funcionalidad, operación y servicios correspondientes a cada persona, así como la extensión y los límites de sus responsabilidades.
- Los procedimientos generales de aseguramiento de calidad.

- Los procedimientos específicos de aseguramiento de calidad para cada prueba, según corresponda.
- Y en las áreas aplicables: Pruebas de intercomparación, uso de materiales de referencia, etc.
- Las condiciones apropiadas para recibir retroalimentación y -- aplicar acciones correctivas cuando ocurran discrepancias en -- las pruebas.
- Los procedimientos para responder reclamaciones técnicas.

4.3. El sistema de calidad debe ser revisado sistemática y periódicamente, por alguien designado por la Gerencia o por la misma Gerencia, de modo de asegurar la continuidad en la efectividad de los servicios y de las acciones correctivas que se hayan iniciado, dichas revisiones deben de registrarse junto con los detalles de las acciones correctivas tomadas.

Nota:

En los laboratorios pequeños, el sistema de calidad debe cumplir los requerimientos de esta cláusula en forma simplificada.

5. Personal

- 5.1. El personal debe tener la formación necesaria, entrenamiento, conocimiento técnico y experiencia para cumplir con las funciones que le hayan sido asignadas.
- 5.2. Debe haber una descripción de puestos para cada posición de Gerencia, que incluya la formación necesaria, entrenamiento, conocimiento técnico y experiencia.
- 5.3. Se debe equilibrar la proporción del personal dedicado a super-

visar para asegurar que la supervisión se efectúe de manera --
adecuada.

- 5.4. Se debe designar personal capacitado para sustituir a los Jefes de área o gerencias, en casos de ausencia.
- 5.5. La información importante sobre calificaciones, entrenamiento y --
experiencia requeridas del personal técnico, debe de estar regis-
trada en el laboratorio.

Nota:

En los laboratorios muy pequeños, una sólo persona puede realizar varias funciones.

6. Equipo de Mediciones y Pruebas

- 6.1. El laboratorio de pruebas, debe de estar equipado o tener el --
acceso a todos los artículos y equipo requeridos, para la ejecu-
ción correcta de las pruebas y mediciones en las cuales está acre-
ditado el laboratorio.
- 6.2. Todos los equipos deben de tener un mantenimiento adecuado que
los proteja debidamente contra la corrosión y otras causas de de-
terioro. Se debe contar con instructivos para efectuar un proce-
dimiento de mantenimiento adecuado para aquellas partes del equi-
po que requieren de mantenimiento periódico.
- 6.3. Cualquier parte del equipo que haya estado sujeto a sobrecargas
o manejo deficiente, que pueda conducir a resultados dudosos o
cuyas calibraciones indiquen deficiencias, deben de ponerse fue-
ra de servicio y etiquetarse claramente, manteniendo esta indica-
ción hasta que sea reparado y mediante una prueba de calibración,
se haya confirmado que efectúa su función satisfactoriamente.

6.4. Deben de mantenerse registros para cada componente principal del equipo. Cada registro debe incluir:

6.4.1. El nombre de la parte del equipo.

6.4.2. El nombre del fabricante, tipo y número de serie.

6.4.3. Fecha de recepción y fecha de puesta en servicio.

6.4.4. Localización actual.

6.4.5. Detalles de mantenimiento.

6.5. En caso de tratarse de equipos de calibración, el registro deberá incluir:

6.5.1. Fecha de su última calibración y sus informes de calibración.

6.5.2. Período máximo de tiempo entre calibraciones sucesivas.

6.6. Todo equipo que requiera calibración, deberá tener sujeta una etiqueta o tarjeta que indique la fecha de la última calibración y la fecha señalada para la siguiente.

7. Calibración

7.1. Todo equipo de calibración y de pruebas del laboratorio, deberá calibrarse antes de ser puesto en servicio y posteriormente, de acuerdo a un programa establecido.

7.2. El programa integral de calibración de los equipos, debe de estar diseñado y operado de tal forma, que las mediciones hechas en el laboratorio de pruebas sean trazables (donde este concepto sea aplicable); hacia el sistema nacional de calibración y cuando sea apropiado al sistema de mediciones Internacionales especificadas por la Comisión Internacional de Pesas y Medidas. Cuando el concepto de trazabilidad al sistema nacional o Internacional

de calibraciones no sea aplicable, el laboratorio de pruebas debe proporcionar evidencia satisfactoria de la correlación o precisión de los resultados de pruebas (por ejemplo, por la participación en un programa adecuado de intercomparación de laboratorios).

- 7.3. Los materiales de referencia propiedad del laboratorio, deben de utilizarse exclusivamente para calibración y no deben de utilizarse para ningún otro propósito.
- 7.4. Los materiales de referencia o de calibración, deben ser calibrados por un organismo competente, que proporcione trazabilidad al sistema nacional o internacional de medición.
- 7.5. Cuando sea importante el equipo de pruebas en servicio, debe de estar sujeto a verificaciones entre sus recalibraciones regulares.
- 7.6. Los materiales de referencia cuando sea posible, deben de estar trazados en base a materiales de referencia nacionales o internacionales.

8. Métodos de Prueba y Procedimientos

- 8.1. El laboratorio de pruebas, debe de tener instrucciones documentadas para el uso y operación de todo su equipo importante para el manejo y preparación de probetas (en donde sea aplicable) y para los métodos de prueba normalizados, donde la ausencia de dichas instrucciones, pueda poner en duda la eficacia de los procedimientos de prueba. Todas las instrucciones, normas, manuales y fechas de referencia importantes, relacionadas con el traba-

jo del laboratorio de pruebas, deben de ser mantenidas actualizadas y estar a la disposición inmediata del personal.

- 8.2. El laboratorio de pruebas, debe utilizar los métodos y procedimientos requeridos por la especificación, con relación a la cual las probetas han de probarse. La especificación debe de estar disponible para el personal que ejecute la prueba.
- 8.3. Cuando sea necesario emplear métodos de prueba y procedimientos que no hayan sido normalizados, deberán estar debidamente documentados.
- 8.4. Todos los cálculos manuales y las transferencias de datos, deben ser objeto de verificaciones adecuadas.
- 8.5. Si los resultados se emiten a través de técnicas de procesamiento de datos, la estabilidad del sistema debe ser tal, que no se afecte la exactitud de los resultados. Esto implica generalmente, la habilidad de detectar un funcionamiento inadecuado del equipo durante la ejecución del programa y tomar las acciones apropiadas.

9. Condiciones Ambientales

- 9.1. Las condiciones ambientales en las cuales se van a efectuar las pruebas, deben mantenerse adecuadamente para no invalidar los resultados o afectar adversamente la exactitud requerida de las mediciones. Las premisas de prueba deben cumplirse como se requiere, protegiéndoles de condiciones excesivas, tales como temperatura excesiva, polvo, humedad, vapor, vibración, disturbios electromagnéticos o Interferencias. También debe contarse con espacio suficiente para limitar las posibilidades de riesgo o

daño y permitir a los operadores hacer movimientos cómodos y precisos. Las instrucciones deben comprender los requerimientos de energía necesarios para el equipo de pruebas. Cuando una prueba lo quiera, debe contarse con los dispositivos que verifiquen las condiciones ambientales.

9.2. El acceso y uso de las áreas de prueba, deben ser controlados de forma adecuada para el propósito proyectado, debiendo restringirse claramente el acceso de personas ajenas.

9.3. Se deben adoptar medidas para asegurar la correcta limpieza del área de laboratorio de pruebas.

10. Manejo de Especímenes de Prueba (probetas)

10.1. Debe aplicarse un sistema para la identificación de las muestras o artículos que deben ser probados o calibrados, tanto a través de documentos como de marcado, para asegurarse de que no exista confusión en la identidad de las muestras o artículos y en los resultados de las mediciones que se hayan efectuado.

10.2. Debe existir un procedimiento para almacenar los artículos en línea de espera.

10.3. En todas las etapas de almacenamiento, manejo y preparación para las pruebas, es necesario tomar precauciones que prevengan daño a los artículos, por ejemplo contaminación, corrosión o aplicación de esfuerzos o cualquier otro que pudiera invalidar los resultados de las pruebas. Cualquier instrucción importante que sea puesta como condición en el artículo a probar, deberá cumplirse.

10.4. Deberán existir reglas claras para la recepción, retención y desecho de las muestras.

11. Registros

11.1. El laboratorio de pruebas deberá mantener un sistema de registro adecuado a su situación particular y cumplir con cualquier reglamentación existente. Debe mantener un registro de todas las observaciones, cálculos y datos derivados de los cálculos originales; registros de calibración y el reporte final de la prueba durante un tiempo determinado. Los registros para cada prueba deben contener la información suficiente que permita reproducir satisfactoriamente la prueba.

Nota:

En algunos países se requiere que los registros se mantengan durante un período especificado por ley.

11.2. Todos los registros y reportes de prueba, deben ser mantenidos en lugar seguro cuidando la confidencialidad que corresponda al cliente, a menos que haya un requerimiento de tipo legal.

12. Informes de Prueba

12.1. El trabajo desarrollado por el laboratorio de prueba, debe quedar cubierto por un reporte que presente los resultados de prueba, con precisión, claramente, sin ambigüedades, además de cualquier otra información relacionada con la prueba.

12.2. Cada reporte de prueba debe de contener cuando menos, la siguiente información:

- Nombre y dirección del laboratorio de pruebas.

- Identificación individual del reporte (tal como puede ser un número de serie), así como de cada página correspondiente al reporte.
- Nombre y dirección del cliente, descripción e identificación del espécimen de prueba.
- Fecha de recepción del espécimen de prueba y fecha (s) de ejecución de la prueba, según el caso.
- Una declaración en el sentido de que los resultados de prueba, se refieren exclusivamente a los especímenes probados.
- Identificación de la especificación de prueba, del método y del procedimiento.
- Descripción del procedimiento de muestreo, si éste es importante.
- Cualquier desviación, adición o exclusión de la especificación de prueba, así como cualquier otra información importante relacionada con una prueba específica.
- Señalamiento de cualquier método y procedimiento no normalizado que haya sido utilizado.
- Mediciones, observaciones y resultados derivados, soportados por tablas, gráficas, dibujos y fotografías, según el caso, así como la identificación de cualquier falla.
- Una manifestación relativa a la incertidumbre de las mediciones (cuando el caso lo amerite).
- Firma y título de la (s) persona (s) que aceptan la responsabilidad técnica del informe de prueba, con su fecha de elaboración del informe.
- Una disposición clara que indique que el reporte no debe ser reproducido parcialmente, sin la aprobación del laboratorio de pruebas.

12.3. Se debe poner especial cuidado y atención a la distribución del informe de prueba, principalmente en lo que respecta a la presentación de los datos de la prueba, en forma clara para el lector.

El formato debe estar diseñado cuidadosa y específicamente para cada tipo de prueba efectuada. Pero los encabezados deben estar normalizados.

- 12.4. Las correcciones o adiciones a un informe de prueba, una vez - que éste ha sido elaborado, debe hacerse a través de un documento adicional adecuadamente identificado, por ejemplo, suplemento al informe de prueba con número de serie... (o como se haya identificado), debiendo corresponder con los requisitos importantes, especificados en los párrafos precedentes.