

37  
20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

-----  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"

"AUTOMATIZACION DE LA MAQUINA UNIVERSAL  
BALDWIN PARA PRUEBAS DE ENSAYE UBICADA EN  
LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL DE LA  
E.N.E.P. ARAGON"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**I N G E N I E R O C I V I L**

**P R E S E N T A**

**MARIA DE LOS ANGELES SANCHEZ CAMPOS**

ASESOR DE TESIS: M. EN J. DANIEL VELAZQUEZ VAZQUEZ



SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.

1966.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

MARÍA DE LOS A. SÁNCHEZ CAMPOS  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 27 de noviembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, M en I DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ, pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL BALDWIN PARA PRUEBAS DE ENSAYE UBICADA EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL DE LA E.N.E.P. ARAGÓN", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 30 de noviembre de 1995  
EL DIRECTOR

  
M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

  
c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC'AIR'la.



## DEDICATORIA

A Dios por incluirme en su creación.

A mi padre, Pedro Sánchez Guevara por darme la vida.

A mi madre, Beatriz Campos Pérez por cuidar y resguardar con celo lo que cubre con amor, por generar la fuerza que me hace humana y mejor.

A mi hermano Juan Manuel por enseñarme a pasar no sólo humedeciendo como la brisa, sino como gotas que dejan huella.

A mi hermana Beatriz por transmitirme sus conocimientos y caminar a mi lado.

A mis sobrinos Claudia Cristina, Juan Manuel y Pedro Enrique, esos bajitos que hechan mano de todo lo que hay a su alrededor, por ser el motivo de comprometerse con la sociedad y contribuir a mejorarla.

A mi tía Concepción por su apoyo incondicional.

A la familia Campos González por los momentos compartidos.

A la Universidad por darme la oportunidad de tener una preparación profesional.

A mis profesores, compañeros y amigos , por compartir esta larga trayectoria.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo, en especial al Ing. Juan José Pérez Sánchez e Ing. Miguel Angel Galván Mateos.

De manera muy particular a mi Director de tesis M. en I. Daniel Velázquez Vázquez por depositar en mí su confianza y tener absoluta disposición para que se lleve a buen fin este trabajo.

Ma. de los Angeles Sánchez Campos.

## CONTENIDO

	<b>Página.</b>
Objetivo .....	1
Introducción .....	2
Antecedentes .....	4
<b>I. CLASIFICACION DE LAS MAQUINAS DE ENSAYE</b>	
- Clasificación .....	9
- Diagramas de operación .....	12
- Diagramas de funcionamiento de máquinas de prueba .....	14
<b>II. FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES</b>	
- Generalidades sobre ensaye de materiales .....	18
Máquina universal de pruebas Baldwin-Tate-Emery .....	25
Operación .....	28
Mantenimiento .....	32
- Sistema de indicación Tate-Emery .....	37
Mantenimiento .....	40
- Instrumentos suplementarios .....	45
<b>III. CRITERIOS Y PERIODOS DE CALIBRACION</b>	
- Importancia de la calibración de máquinas de ensaye y dispositivos utilizados .....	54
- Servicio de certificación de laboratorios de calibración (SECLAC) .....	56
- Patrones y dispositivos para la calibración de máquinas de ensaye. ....	57
- Orden del procedimiento de calibración .....	63
- Calibración .....	67
- Máquinas patrón hidráulicas .....	70
- Calibración y mantenimiento de la máquina universal Tate-Emery .....	76

#### IV. ELECCION DEL MODULO DIGITAL

- Descripción del módulo digital ADR-33 4855 .....	78
- Microprocesador digital digimax II .....	86
- Microprocesador de sistema universal .....	88
- Cotizaciones de alternativa seleccionada .....	92

#### V. INSTALACION Y OPERACION DEL PROGRAMA PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS

- Descripción general .....	95
- Descripción del programa de presentación .....	99
- Descripción del programa de configuración y calibración .....	101

#### VI. OBTENCION DE RESULTADOS EMPLEANDO EL MODULO

- Prueba de tensión .....	107
- Resultados de pruebas (ejemplos) .....	112
- Prueba de compresión a cilindros de concreto .....	120

Conclusiones y recomendaciones .....	123
Bibliografía .....	124

## **OBJETIVO**

El actualizar la máquina de ensayos universales, es conveniente y necesario para que de ésta forma los avances tecnológicos vayan a la par con la preparación profesional y así el alumno pueda diferenciar los alcances que tiene la máquina en cuanto a la precisión y resultados que ésta nos pueda arrojar.

Logrando así otro objetivo implícito, el de no dejarla obsoleta y que siga cumpliendo con mayor eficiencia a la actividad para la cual ha sido creada.

## INTRODUCCION

Una vez iniciada la revolución industrial los procesos de fabricación comúnmente aceptados en ese entonces cambiaron drásticamente.

Al iniciarse la producción en serie e ir cambiando las exigencias del mercado y el consumidor, llegó la necesidad de crear más y mejores máquinas para fabricar los bienes solicitados.

A la par con este cambio tecnológico se crearon equipos para probar los diversos materiales usados en la fabricación de innumerables artículos, de esta manera, se inventaron las máquinas de ensayos universales capaces de desarrollar fuerzas físicas en el orden de hasta doscientas toneladas, todo un alarde de tecnología para esa época.

Al paso del tiempo las condiciones tanto del mercado como de los materiales usados fueron cambiando, exigiendo, cada vez más, procesos y calidad mejor controlados con lo cual aquellas máquinas fueron quedándose rezagadas tecnológicamente hablando.

Sin embargo, las características especiales de este tipo de equipos las hace hoy por hoy máquinas irrepetibles con resistencia sobrada a la capacidad de ellas, con sistemas hidráulicos aunque voluminosos sumamente efectivos y confiables para desarrollar el trabajo para el cual fueron creadas, sin perjuicio de sufrir daños irreversibles durante su operación normal o durante un exceso de aplicación de carga, prueba de ello es que hasta nuestros días, estas máquinas con más de medio siglo de antigüedad, siguen trabajando como el primer día de su aparición.

La evolución de los sistemas de control de calidad de ser departamentales a convertirse en política empresarial (calidad total) nos lleva a la necesidad de tener equipos muy precisos y con incertidumbres muy delimitadas en sus sistemas de medición, estos equipos en la actualidad alcanzan elevados costos para poder cumplir con los requerimientos técnicos solicitados.

La electrónica actual ofrece una alternativa para todas aquellas máquinas de ensayo universales que se han quedado rezagadas con sus sistemas de medición analógicos, convirtiéndolas, con una inversión mucho menor al costo de una máquina electrónica actual en un equipo renovado y que compite a la par con los equipos modernos, teniendo grandes ventajas entre las que podemos citar un marco de carga robusto y con capacidad de trabajo sobrada.

Al hacer las modificaciones electrónicas necesarias, estos equipos logran una espectacularidad de operación jamás imaginada, control por computadora, gráficas en tiempo real, control absoluto de fuerza y recorrido con precisiones desde 10 kg. a 1 mm. todo esto ocupando los marcos de carga y sistemas hidráulicos que en la actualidad serían de un alto costo.

Como comentario final cabe mencionar que el sistema analógico de medición no se ve afectado en lo absoluto en su diseño original debido a que toda la adaptación es interna.

## ANTECEDENTES.

Hace mucho que se conoce las palabras automático, autómeta y hasta automatismo, pero la palabra automatización es muy reciente en nuestros diccionarios. Esencialmente hay muy poca diferencia entre el significado de las palabras automatizado y automático y, prácticamente, esa diferencia sólo es de grado.

Desde hace mucho tiempo han habido máquinas que tienen mecanismos que se regulan por sí mismos y capaces de ejecutar los actos que se ajustan, esas máquinas funcionan automáticamente: sólo es necesario proporcionarles material, energía y lubricarlas. ¿No es esto automatización? lo es y no lo es.

Para muchos, la automatización comprende prácticamente todo adelanto tecnológico desde que el hombre creó herramientas por vez primera. Para otros, sólo se refiere a las formas más adelantadas y relativamente recientes. Todo depende del punto de vista de cada uno.

Tal vez la definición más amplia es la que dio el líder del Sindicato de Trabajadores de Acero, de quien se cuenta dijo: "Automatización es el desplazamiento de cualquier trabajador mediante el uso de maquinaria". Prácticamente, esto nos hace retroceder al invento de la rueda, porque ésta permitió al hombre sentarse y dejarse arrastrar en vez de caminar.

Otro experto la llama "una palabra nueva, inventada para describir un procedimiento muy antiguo..." en realidad, la automatización es "la sustitución con sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos de los órganos humanos de observación, decisión y esfuerzo, a fin de incrementar la productividad, controlar la calidad y reducir el costo".

En algunos casos el ingeniero y el especialista limitarán el uso de la palabra automatización a un estructura fundamental que requiere realimentación, de tal modo que un mecanismo discierna y corrija, o informe sobre los errores o cambios a medida que ocurren.

Automatización es todo eso en su sentido más amplio, no es un concepto nuevo, sino solamente una palabra nueva. Puede incluir todo nuestro adelanto tecnológico; puede limitarse a su sentido más moderno de control de realimentación. En la más vasta de sus acepciones, es un conjunto de mecanismos para producir más artículos de calidad más fija, a un costo reducido, en el que el hombre hace menos trabajo y las máquinas hacen la mayor parte. Prácticamente toda nueva herramienta es un paso más hacia el mayor incremento de la automatización y, por lo tanto, cae bajo esta definición.

Actualmente, ciertos aspectos de la automatización son tan distintos de sus primitivas formas en concepto, especie y grado, que tenemos que usar la palabra "moderno" para distinguir estos nuevos aspectos.

Aun así, la automatización moderna significa muchas cosas distintas, y se aplica a diversas tareas en una gran variedad de formas:

En un extremo de la automatización moderna se encuentran los mecanismos que trasladan automáticamente objetos materiales de un lugar a otro, que cambian de forma esos objetos a medida que avanzan, que se guían y mantienen por sí mismos y que corrigen su propio trabajo. Su función consiste en producir objetos físicos.

En el otro extremo del campo, hay mecanismos que ordinariamente llaman computadores. Estos ejecutan, con rapidez, tareas lógicas y de toma de decisiones, ya sean rutinarias o complejas. Versan sobre valores intangibles. El hombre les da instrucciones sobre las tareas que deben llevar a cabo y proceden con cifras para analizar e interpretar datos complejos.

Aunque esas dos divisiones de la automatización moderna están diametralmente separadas, hay un área intermedia, que tiene igual o mayor importancia. En ella se encuentran los sistemas mixtos, en que los computadores intervienen en las tareas de idear o controlar la producción de cosas materiales. En ella se usan también los computadores para preparar datos, analizarlos, suministrar la base de las decisiones, desempeñar labores rutinarias de oficina y facilitar las comunicaciones.

Las distintas formas de automatismo utilizan equipo diferente: maquinaria automática. Efectúa un ciclo de operaciones fijado previamente, que sólo requiere ayuda humana para ajustar el procedimiento, alimentar con materiales la maquinaria, lubricarla, supervisar sus operaciones y retirar las piezas terminadas.

*Integración de materiales: equipo de manejo y preparación.* Esta forma es más complicada. Se instala en línea toda una serie de máquinas automáticas, de modo que el trabajo pase de una a otra en una secuencia establecida. Las herramientas, materiales y servicios llegan automáticamente a la línea.

*Controles automáticos.* Las máquinas electrónicas dirigen y controlan el funcionamiento de otras, de un modo predeterminado.

En esa forma es posible obtener una producción que se regula y corrige totalmente por sí misma. Intervienen en ella mecanismos perfeccionados que suministran controles sensorios, de medición, de comparación, de prueba y otros.

*Computadores electrónicos y máquinas para elaboración de datos.* Pueden usarse para predecir cuál será la mejor forma de proceder cuando hay que experimentar con un gran número de variables y contingencias; para resolver problemas matemáticos muy complicados o para hacerse cargo de trabajos de contar y computar.

En pocas palabras, hay automatización en la maquinaria. La hay en el manejo de materiales y en la preparación de piezas; en el control de unas máquinas por otras de modo que la producción se regule por sí misma. Hay automatización en el computador que efectúa los análisis científicos, o en el que elabora datos de todas clases.

Hay un aspecto que es común a todas las formas de automatización moderna. Se le llama "realimentación". Hay control de realimentación cuando la información sobre el resultado (cualquiera que sea la naturaleza de lo que se elabore), se retrotrae o alimenta de nuevo a una etapa anterior, de modo que influya en el procedimiento y, por consiguiente, cambie el resultado mismo.

Ese medio ya sea mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico o electrónico es el que hace que el equipo cambie, corrija, modifique, reajuste o informe sobre cualquier cosa que ocurra en el procedimiento. En esquema sería algo semejante a esto:

Se llama "circuito cerrado" porque ocurre dentro de la máquina misma. Este circuito cerrado entre la entrada y la salida contrasta con los controles de "circuito abierto", en los que un operador humano recibe información sobre los resultados de un procedimiento, la compara con el funcionamiento deseado y, si es necesario, hace ajustes en la entrada para lograr el resultado predeterminado.

Así pues, la realimentación es un método automático de corrección o control. Es un instrumento indispensable de la automatización moderna, ya que releva de toda responsabilidad al operador humano y hace el trabajo con mayor rapidez y precisión que el hombre.

Automatización, pues, no es una sola cosa. Podríamos concebirla en su misma esencia como "automático" y sería correcto.

Podríamos llegar a llamarlo "cibernación", palabra que se comienza a usar para referirse tanto a las máquinas que trabajan automáticamente (en el sentido moderno), como a la familia cada vez más extensa de las máquinas que "piensan".

"La automatización integra en un cerebro electrónico todo un proceso productivo, ese es el objetivo final de la automatización dividido en cinco niveles: la máquina, el mando individual, el mando centralizado, la gestión de la producción, y la planificación y gestión global". Nivel 0: (la máquina). Se parte de un nivel cero, donde se encuentra la máquina y donde no se contempla todo el proceso, "sino puesto por puesto, así como todos los componentes que incluye esa máquina (motores, válvulas, cilindros neumáticos, etc..) Es decir, cualquier elemento que va a decir el cerebro de esa máquina en qué posición está o qué paso es el que sigue.

Nivel 1: (Mando individual ). Aquí está el cerebro que va a gobernar a esos motores, a esas válvulas, lo que va a censar la posición de una u otra pieza o de la máquina en sí. En este nivel está propiamente lo que es la electrónica (controlador programable o un control numérico), que va a mover parte por parte el sistema productivo.

Nivel 2. (Mando centralizado). En este nivel se encuentra el mando centralizado que coordina la labor de cada uno de los puestos individuales. "Siempre en un sistema productivo, por ejemplo en el de los automóviles, una parte de la línea de producción se dedica a ensamblar, otra realiza la carrocería, mientras otra más se encarga del montaje del tablero. Es decir, son tres líneas completas que tienen un puesto central de coordinación".

Nivel 3. (Gestión de la producción). En este nivel se coordina a los coordinadores. Es el puesto central y de más jerarquía, donde se centraliza la información completa del sistema productivo. "Por ejemplo, en un solo lugar se monitorea y se instruye sobre todo el proceso productivo completo y se puede ver éste parte por parte y globalmente. Como todo esto es una tecnología programada, en este puesto de gestión de la producción, lo que se programe es el alcance que se puede tener".

**El automatizar no implica necesariamente hacer que una máquina se mueva sola, sino hacer a través de esta tecnología programada, la secuencia lógica de pasos sin que intervenga directamente el hombre.**

Nivel 4: (Planificación y gestión global). En este nivel, la computadora central de un centro de trabajo, recaba toda la información del sistema de producción: "cuántas máquinas están produciendo, cuántas piezas, el tiempo de máquinas en operación, etc.; para que a nivel administrativo, estadístico y económico, se tomen ya todas las decisiones".

Los objetivos básicos que se persiguen con la automatización de un proceso, son referidos principalmente en relación con los costos. "Por ejemplo, si se está produciendo para satisfacer un mercado, este mercado tiene ya una

demanda establecida, por ello se programa la producción para reducir los costos, además de cero defectos con productos de calidad total (parte desde calidad de la materia prima, hasta la calidad en el producto terminado); y lo más importante es que se tiene un flujo continuo de materiales a través de una red de distribuidores".

Con un sistema computarizado o un sistema electrónico de una máquina o de un proceso, se puede dar la flexibilidad que se desea al proceso, únicamente con cambiar una secuencia a través de un programa, se pueden cambiar los productos.

Las aplicaciones reales de la automatización en el mercado mexicano, se dan principalmente en industrias embotelladoras de refrescos, la industria cervecera, en el sector alimenticio, en la industria automotriz, en los laboratorios donde se analizan propiedades de materiales, entre otras. Con el Tratado de Libre Comercio, la "automatización industrial es un factor esencial para el desarrollo económico de nuestro país".

## I. CLASIFICACIÓN DE LAS MAQUINAS DE ENSAYE.

El término de la fuerza se utiliza en la Física Mecánica refiriéndose a lo que en lenguaje ordinario se conoce como tracción o empuje. Podemos ejercer una fuerza sobre un cuerpo dado mediante un esfuerzo muscular; un resorte tenso ejerce fuerzas sobre los cuerpos a los que está sujeto; el aire comprimido ejerce una fuerza sobre las paredes del recipiente que lo contiene; una locomotora ejerce una fuerza sobre el tren que está arrastrando.

En todos estos casos, el cuerpo que ejerce la fuerza está en contacto con el cuerpo sobre el cual se ejerce, a esta clase de fuerzas se les denomina fuerzas de contacto. Existen fuerzas que actúan sin contacto, a través del espacio vacío; se denominan fuerzas de acción a distancia. La fuerza de atracción gravitatoria ejercida por la tierra sobre un cuerpo, llamada peso del cuerpo, es, por el momento la más importante de estas. Las fuerzas eléctricas y magnéticas son también fuerzas de acción a distancia.

Físicamente fuerza se define como la acción de una masa acelerada.

$$\text{fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}$$

La masa se representa por kg. y la aceleración  $\text{m/seg}^2$ , por lo que una magnitud de fuerza tiene las siguientes unidades.

$$(\text{kgm/seg}^2)$$

La cantidad unitaria de fuerza es  $1 \text{ kgm/seg}^2$  y se obtiene al acelerar una masa de 1 kg. a  $1 \text{ m/seg}^2$ . Esta cantidad es denominada como newton y se simboliza por "N". el newton es la unidad internacional.

Si consideramos la aceleración gravitacional de la tierra, suponiendo que ejerce una acción sobre 1 kg. masa, se generará sobre ésta una fuerza de 9.80665 N en dirección vertical hacia el centro de la tierra.

$$\text{fuerza } F = 1\text{kg} \times 9.80665\text{m/seg}^2 = 9.80665$$

A esta cantidad de fuerza se le denomina, en el sistema gravitacional kilogramo fuerza, simbolizado como kgf.

$$1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$$



Las máquinas para pruebas físicas de materiales, así como la mayoría de los equipos de medición, se integran por una unidad de carga y una unidad de medición y, son empleadas para efectuar pruebas de control de calidad.

Las pruebas se efectúan con el propósito de conocer las características de comportamiento de los materiales bajo carga o de verificar que cumplan con esas características.

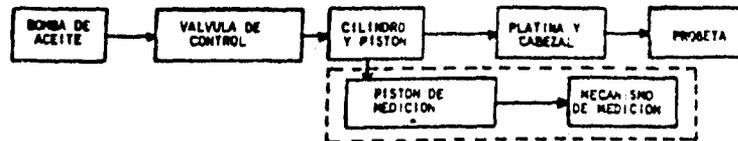
*Clasificación de máquinas para pruebas físicas por la forma:*

En que aplican la carga:	Máquinas hidráulicas. Máquinas mecánicas.
De medir la carga:	Con péndulo. Con un contrapeso móvil. Con tubos de Bourdon. Con elementos elásticos. Con celdas de carga.
De indicar la carga:	Con dispositivos mecánicos. Servomecanismos electrónicos. Servomecanismos neumáticos.
De funcionamiento:	MAQUINAS UNIVERSALES. Para pruebas de tensión. Para pruebas de compresión. Para pruebas de doblado.
En que se operan:	Manuales. Semiautomáticas. Automáticas.
Por la dirección de aplicación de carga:	Máquinas verticales. Máquinas horizontales.

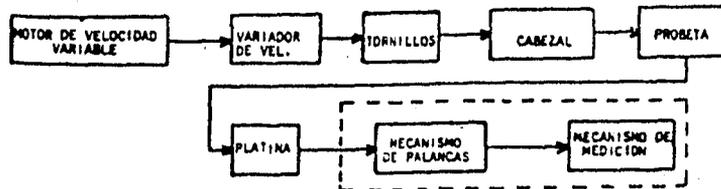
Cuando las máquinas de prueba de tipo mecánico cuentan con motores de velocidad variable, para operar el sistema de carga, el control de la velocidad de su aplicación es semejante al que se hace con las máquinas hidráulicas.

Para ello se muestran los *diagramas de operación*.

a) Equipadas con sistema de aplicación de carga del tipo hidráulico.



b) Equipadas con sistema de aplicación de carga mecánico y además con motor de velocidad variable.



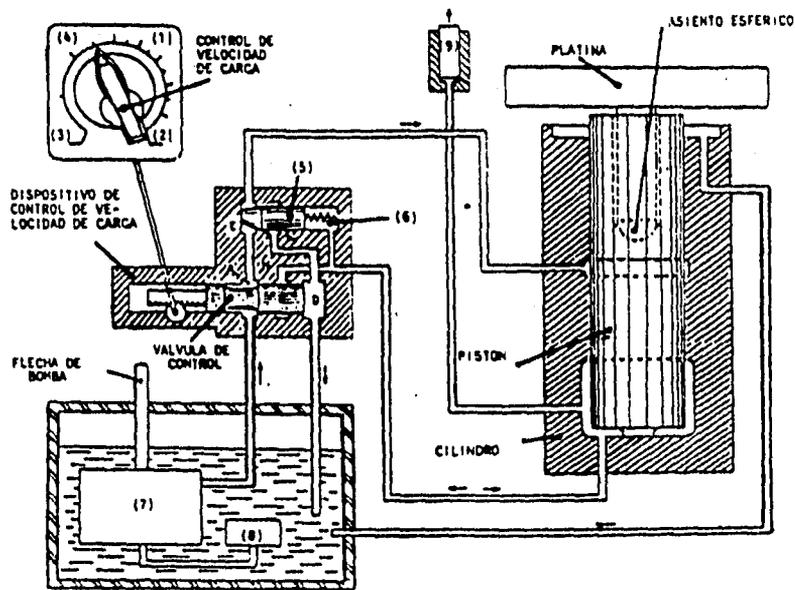
### Operación del sistema hidráulico.

Cuando carga y descarga se efectúan con un solo control:

Hay una posición del control en que el pistón de carga (4) se mantiene estático, al girar el control (1) hacia esta posición, el pistón se mueve para aplicar carga; con el control (2) totalmente abierto el pistón se mueve a su velocidad máxima, (3) es la posición en que disminuye la carga y el pistón retorna a posición de reposo, por un filtro (8) se alimenta con aceite la bomba que produce la presión, esta bomba (7) inyecta el aceite a toda su capacidad en un dispositivo de control.

Una válvula reguladora de presión (5) evita pulsaciones notables al aplicar carga, con una válvula de seguridad (6) se evita que la máquina sufra sobrecargas.

Las fuerzas aplicadas por el pistón (9), se miden con un cilindro de medición con Tubos de Bourdon, Celdas de carga o "Transductores".

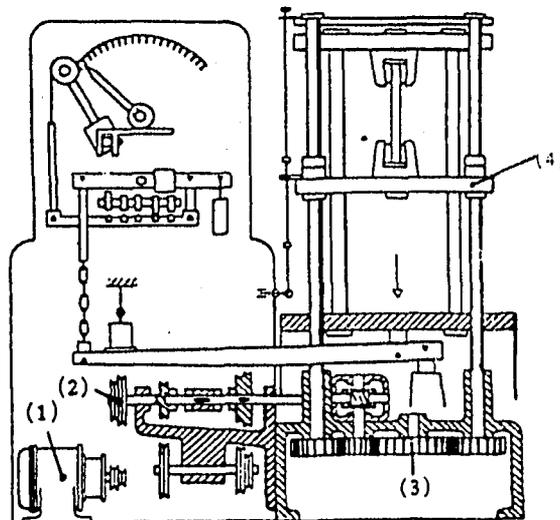


*Diagramas de funcionamiento de máquinas de prueba:*

*Con sistema de aplicación de carga del tipo de tornillos.*

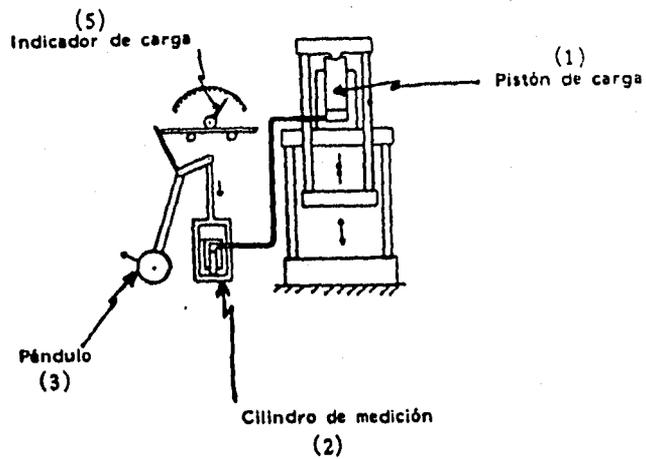
El sistema de medición de cargas es un sistema de palancas combinado con un péndulo.

Un motor eléctrico (1) mueve un conjunto de poleas (2) que dan fuerza a un sistema de engranes (3) que hacen girar los tornillos que desplazan el cabezal móvil (4) el cual aplica cargas comprimiendo contra la platina o tensando del cabezal fijo.



*Hidráulica con sistema de operación de tipo péndulo.*

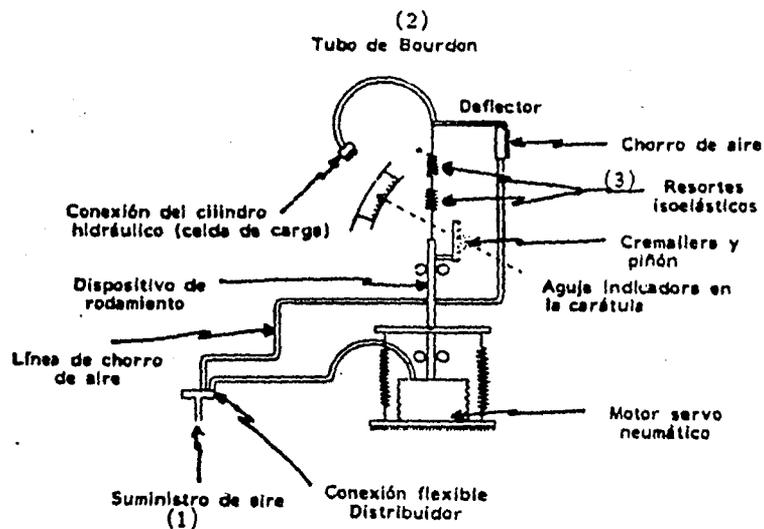
Una bomba hidráulica (1) da fuerza al pistón de carga (2) que desplaza el cabezal móvil que transmite la carga al espécimen y al cilindro de medición (3) el cual mueve el mecanismo de péndulo. El péndulo (4), de acuerdo a la fuerza aplicada desplaza al indicador de carga.



*Hidráulica con sistema de medición de cargas del tipo de servomecanismo neumático.*

Un compresor (1) alimenta el circuito neumático del sistema con aire a presión constante que proyecta un chorro continuo contra un deflector y mantiene al servomotor neumático en una posición estable, al aplicar carga el aumento de presión en el cilindro hidráulico (2) hace que el tubo de Bourdon se deforme elevando el deflector, lo que permite que el flujo de aire aumente y el servomotor pierda su estabilidad desplace el sistema de rodamiento que mueve la aguja indicadora de carga en una carátula.

Un mecanismo de resortes isoelásticos (3) establece un balance entre el movimiento del tubo de Bourdon y el servomotor, para que las cargas que aplica la máquina se registren de manera estable.

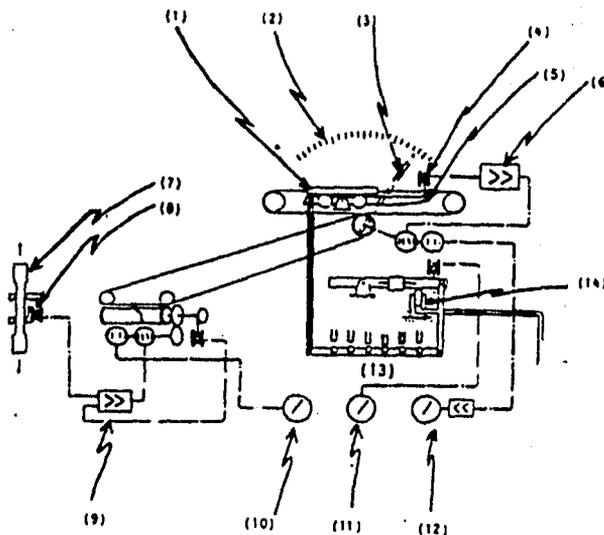


*Hidráulica con sistema a base de dispositivos electrónicos balanceables para registro de cargas y deformaciones.*

Al aplicar carga sobre un espécimen (7), se genera una señal en el deformímetro (8) y un desplazamiento en el pistón de medición (14).

- Al incrementar la carga se provocan deformaciones que son registradas por el deformímetro (8), amplificadas y registradas por un graficador (9) que genera una señal que indica (10) la velocidad de la deformación.

- El pistón de medición (14) mueve una palanca que cuando la máquina no aplica cargas indica (11) que mantiene una posición horizontal y la saca de balance haciendo que una palanca con apoyos variables de acuerdo a rangos de carga seleccionados (13), desplace un contrapeso móvil (1) sobre una viga (5), provocando un desbalance que cambia la señal de un transformador diferencial (4), para registrar (3)-(4) e indicar la velocidad de carga (12).



## II. FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES.

### *Generalidades sobre ensaye de materiales.*

Por los métodos de la resistencia de los materiales se realizan los cálculos prácticos y se determinan las dimensiones necesarias, seguras, de las piezas de máquinas y de distintos tipos de estructuras.

Las bases fundamentales de la resistencia de materiales se apoyan sobre los teoremas de la mecánica general, sobre todo de la estática, sin conocimiento de los cuales el estudio de la resistencia de materiales sería imposible.

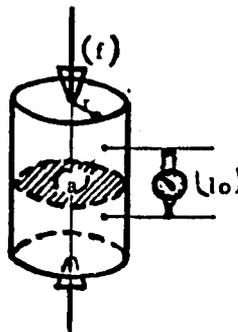
La diferencia entre la resistencia de materiales y la mecánica teórica consiste en que para la primera lo esencial son las propiedades de los cuerpos deformables, mientras que las leyes del movimiento del sólido interpretado como un cuerpo rígido no solamente pasan a un segundo plano, sino que en muchos casos simplemente carecen de importancia.

El objeto de hacer pruebas o ensaye de materiales es conocer los esfuerzos a que pueden ser sometidos durante su trabajo en una estructura y la manera en que se comportan o deforman bajo la acción de esos esfuerzos.

El ensaye se ejecuta en probetas de dimensiones específicas representativas de los materiales, para intentar predecir de manera aproximada el comportamiento que pueden tener en servicio.

En las probetas, que para cada tipo de material deben tener una sección transversal ( $a$ ) estándar, se aplican fuerzas ( $f$ ) hasta que se produce la falla de ruptura.

Durante la aplicación de las fuerzas ( $f$ ) se miden las deformaciones que sufre el material, en una longitud especificada ( $l_0$ ). En algunos casos también en su diámetro.



Estas fuerzas se miden empleando las MAQUINAS ENSAYE.

A las máquinas de ensaye que tienen la capacidad de efectuar pruebas de tensión y compresión, además de contar con los aditamentos para hacer pruebas de flexión y doblado, se les denomina MAQUINAS UNIVERSALES.

La medida de las deformaciones se hace con deformímetros conocidos como extensómetros o compresómetros, dependiendo de la dirección en que se registra el movimiento durante la aplicación de las fuerzas.

### *Esfuerzos.*

Se entiende como esfuerzo la reacción que tiene un material al aplicarle una fuerza.

Por convención, un esfuerzo esta dado como:

$$\sigma = \frac{\text{(La fuerza aplicada)}}{\text{(Un área determinada)}} = \frac{f}{a} \quad \begin{matrix} \text{(unidades de fuerza)} \\ \text{(unidades de área)} \end{matrix}$$

### *Deformaciones unitarias.*

Es la deformación que se produce en cada unidad de longitud, al aplicar un esfuerzo.

$$\Delta = \frac{\delta_1}{l_0} = \frac{\text{(incremento de longitud)}}{\text{(longitud de prueba especificada)}} = \frac{\text{(unidades de longitud)}}{\text{(u. de longitud)}}$$

Con el cálculo de las deformaciones unitarias en base a las deformaciones registradas aumentar o disminuir cargas sobre las probetas, es decir al incrementar o disminuir los esfuerzos, se pueden elaborar las gráficas ESFUERZO-DEFORMACION.

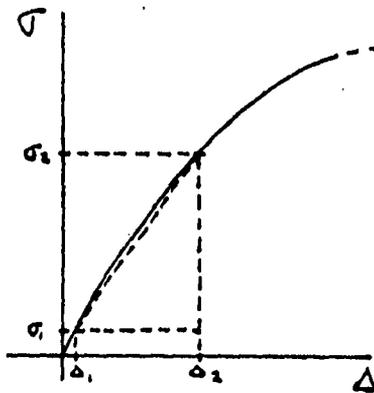
Las gráficas ESFUERZO-DEFORMACION, son útiles para conocer diferentes características del comportamiento de los materiales cuando trabajan bajo la acción de algún tipo de fuerzas.

*Modulo elástico.*

$E$  es el coeficiente de proporcionalidad denominado módulo de elasticidad de primer género. El módulo de elasticidad es una constante física del material que se obtiene experimentalmente y se mide en las mismas unidades que  $\sigma$ , es decir, en  $\text{kgf/cm}^2$ . El módulo de elasticidad para los materiales de mayor uso es el siguiente (en  $\text{kgf/cm}^2$ ):

Acero .....	$E = (2.0/2.1) \times 10^6$
Cobre.....	$E = 1.2 \times 10^6$
Latón.....	$E = (1.0/1.2) \times 10^6$
Aluminio y sus aleaciones con magnesio.....	$E = (0.7/0.8) \times 10^6$
Madera (a lo largo de las fibras).....	$E = (0.08/0.12) \times 10^6$

Por convención, es el valor de la pendiente de la recta que une dos puntos especificados de la CURVA esfuerzo-deformación. Estos puntos deben situarse dentro de la "zona de comportamiento elástico" del material sometido a prueba.



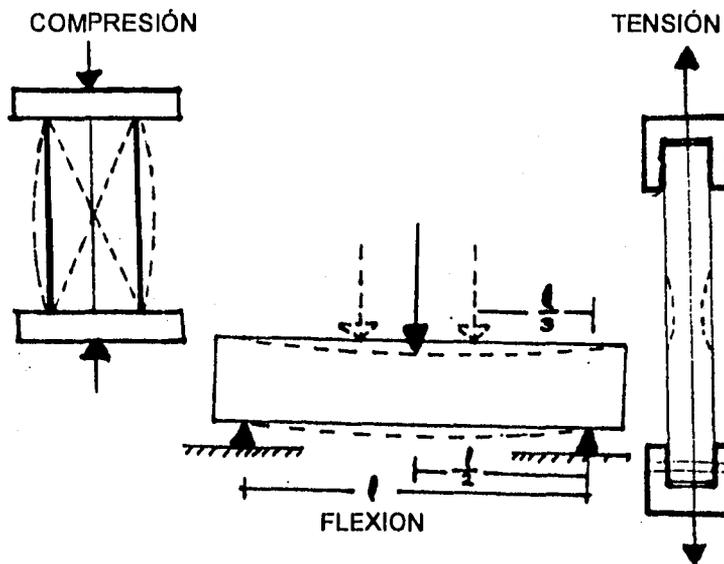
$$\sigma = E / \epsilon$$

Los puntos que se toman como base para calcular el MODULO ELÁSTICO, se especifican en atención a las características particulares de cada material.

Puede decirse que, el Módulo elástico es uno de los cajones en los que se trata de encerrar el comportamiento mecánico de cada material.

Debe tenerse presente que al efectuar las pruebas que sirven para determinar al módulo elástico de algún material; puede requerirse que la aplicación de carga se haga con una velocidad especificada, o que la deformación deba producirse a una velocidad controlada.

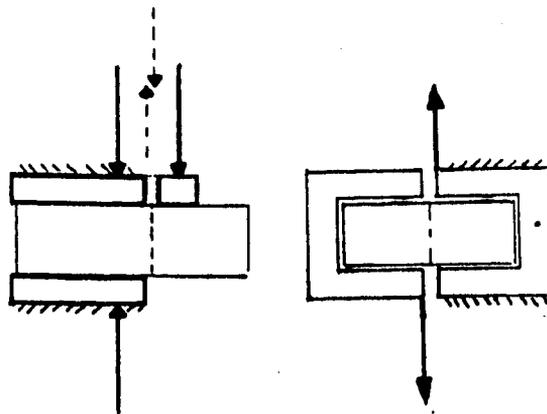
*Pruebas físicas básicas.*



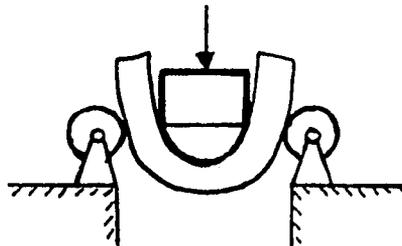
En estos diagramas se ilustra de manera simple el objetivo básico de las pruebas de resistencia de los materiales:

- A la compresión: La resistencia que presentan a distribuir sus dimensiones en la dirección en que una fuerza los empuja.
- A la tensión: La resistencia que presentan a alargar sus dimensiones, en la dirección en que una fuerza o peso los jala.
- A la flexión: La resistencia que oponen a deformarse, cuando se les coloca sobre dos apoyos y una o varias fuerzas los empujan contra ellos.

### CORTANTE



### DOBLADO



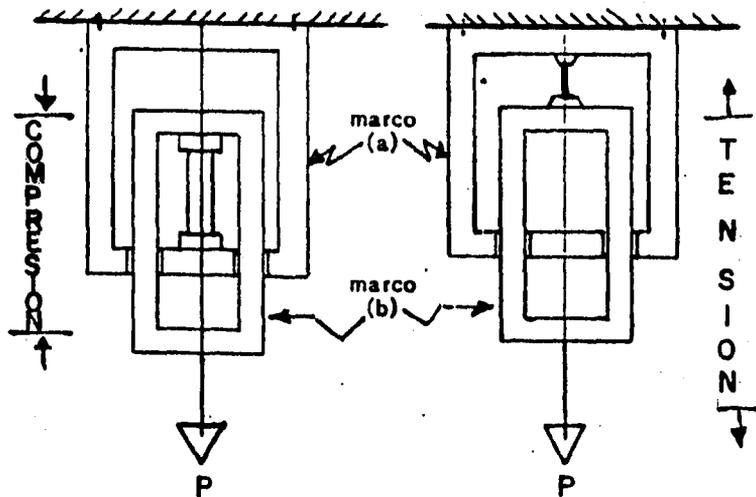
Al cortante: La resistencia que oponen a ser cortados. Una especie de prueba de flexión con un claro extremadamente corto entre los apoyos.

Doblado: Para medir la capacidad de plegarse sobre un mandril o sobre si mismo, sin sufrir daños.

*Esquema de funcionamiento de las maquinas de ensaye de tipo universal.*

La aplicación de cargas se hace generalmente empleando dos marcos rígidos (A) y (B).

Considerando el marco (A) como fijo y al marco (B) como móvil, cuando se coloca un obstáculo que se oponga al movimiento del marco (B) y se aplica una fuerza o peso P, se provoca un esfuerzo de compresión de tensión, dependiendo del lugar en que se coloque el obstáculo.

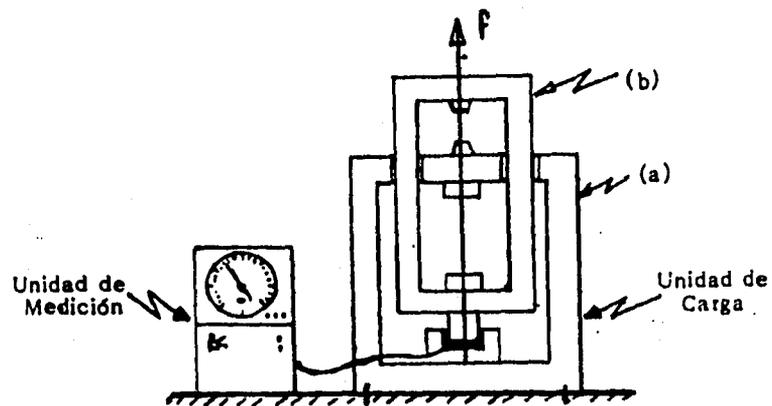


En las máquinas de ensaye los esfuerzos se producen de forma semejante.

La aplicación de fuerzas medidas, se hace utilizando un gato hidráulico o mecánico.

En las máquinas de ensaye con sistemas hidráulicos para la aplicación de cargas, la velocidad con que se aplican es variable. La velocidad con que se deforma el material sometido a ensaye depende de la velocidad con que se apliquen las cargas. En estas máquinas, el rango de velocidades de aplicación de carga que se puede manejar es muy amplio.

En las máquinas de ensaye con sistemas mecánicos para la aplicación de fuerzas, la velocidad con que se producen las deformaciones es constante. Las cargas se registran en función de la velocidad de deformación. En general con estas máquinas se pueden efectuar las pruebas de materiales, con tres o cuatro velocidades fijas de deformación.





Los tornillos que forman parte del marco sensitivo están soportados por el cilindro a través de resortes precargados. El cabezal ajustable está montado sobre los tornillos y está localizado entre el cabezal superior y la mesa del marco de carga. Los extremos inferiores de los tornillos están unidos juntamente con el cabezal inferior para completar el marco sensitivo. La cápsula de pesado está localizada entre el cabezal inferior y la parte inferior del cilindro hidráulico.

Los resortes precargados además de soportar el peso de este marco sensitivo también son usados para aplicar una carga inicial a la cápsula de pesado. Este marco se estabiliza horizontalmente por las placas de apoyo y la cápsula de pesado.

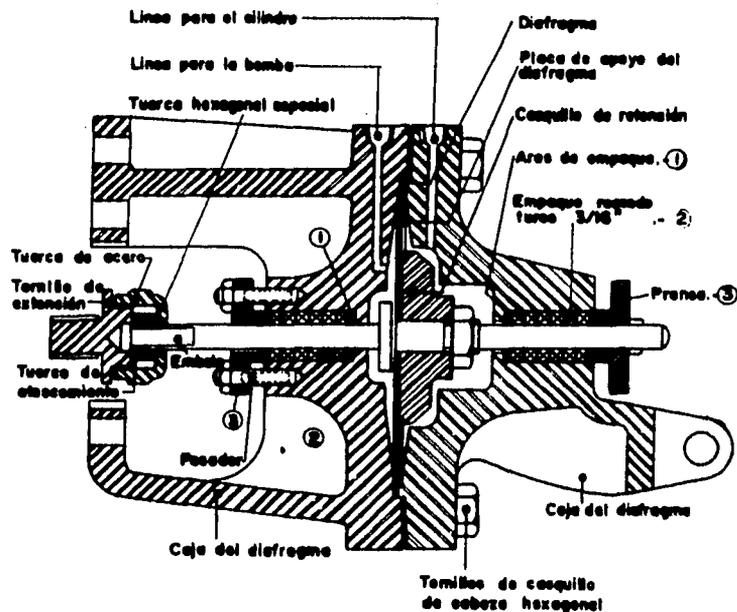
Cuando el fluido hidráulico se aplica al cilindro, una muestra colocada entre la mesa y el cabezal ajustable será comprimida por el movimiento ascendente de la mesa, y una muestra agarrada entre el cabezal de tensión y el cabezal sensitivo será puesta en tensión. En cualquiera de los dos casos, la fuerza en el cabezal sensitivo siempre será ejercida en la dirección ascendente. Esta fuerza es transmitida por los tornillos al cabezal inferior para comprimir la cápsula de pesado.

El cabezal ajustable es infinitamente ajustable a cualquier posición entre la mesa y el cabezal superior. Las tuercas del mecanismo, retenidas en los extremos de este cabezal, montadas sobre los tornillos se giran con un manejo lento por un motor del mecanismo. Estas tuercas están separadas y los resortes están cargados para eliminar la reacción en las roscas entre la tuerca y el tornillo.

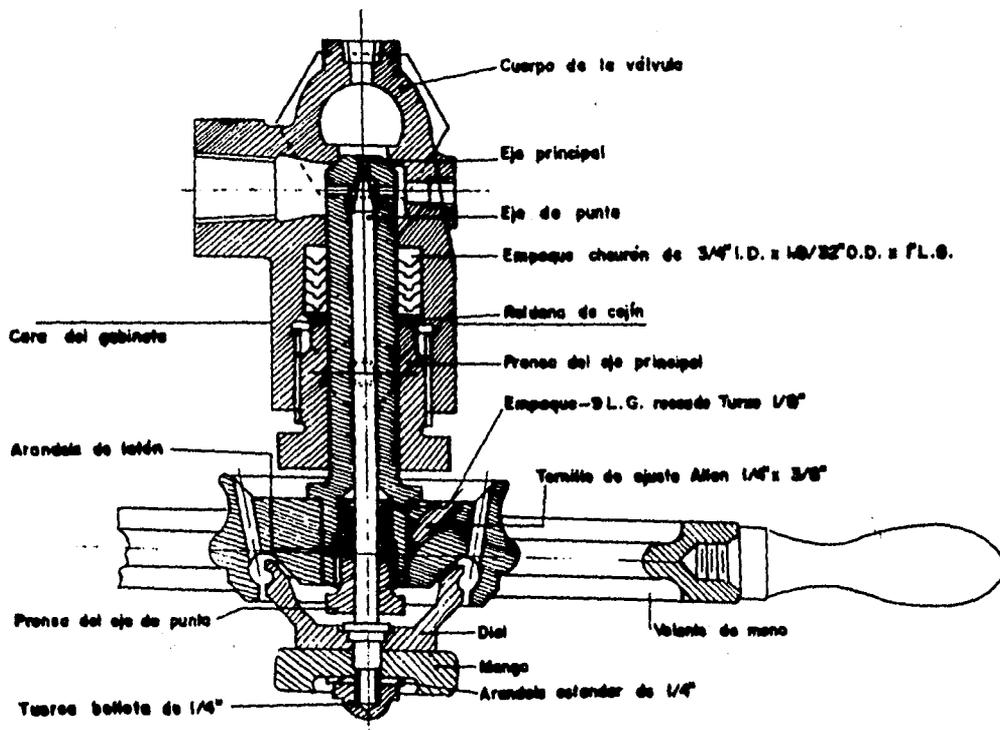
El cabezal de tensión es ajustable en pasos fijos para proveer las alturas convenientes para la prueba de tensión. Este cabezal está unido a las columnas por collares separados y pueden bajarse y elevarse al usar el cabezal ajustable como un elevador.

La unidad de bombeo que está localizada en la mitad inferior de la consola de control proporciona el fluido hidráulico requerido para la aplicación de la carga.

Esta contiene una bomba de pistón radial de volumen variable manejado por un motor eléctrico. La descarga de la bomba esta controlada por un instrumento diferencial como se muestra en la siguiente figura:



que es esencialmente, una unidad de dos cámaras separadas por un diafragma flexible. Una cámara esta conectada a un lado de la bomba de la válvula de control y el otro a un lado del cilindro. Cualquier cambio en la presión, en el cilindro o en la bomba, resultará en el movimiento del diafragma. Como el diafragma esta conectado al émbolo de la bomba, este movimiento cambiará el golpe de la bomba y de este modo de desplazamiento, con lo cual tiende a igualar las fuerzas contra el diafragma. En otros trabajos, la velocidad del pistón automáticamente se mantiene constante, a pesar de las variaciones contra el pistón del goteo interno en la bomba. La descarga de la bomba después del paso a través de la válvula de control entra al cilindro para manejar el pistón hacia arriba. Una segunda válvula, de construcción similar a la válvula de control, se usa para drenar el cilindro permitiendo que el pistón regrese por gravedad. La unidad de bombeo esta protegida por una válvula de ayuda de resorte cargado, que esta colocada ligeramente por arriba de la presión requerida para producir la capacidad de carga de la máquina. Las válvulas de control y de descarga son dos válvulas en una, como se muestra a continuación:

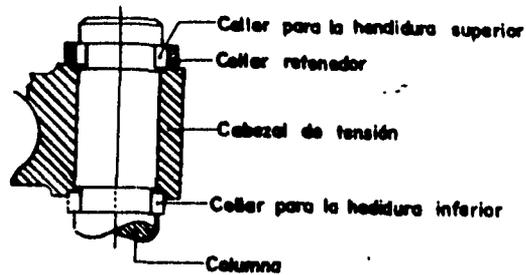


El volante de mano grande en cada válvula controla un eje grande para producir las velocidades de pruebas rápidas y una perilla del micrómetro con el volante de mano controlan un pequeño eje para producir las velocidades de pruebas bajas.

### Operación

Pasos para poner en posición el cabezal de tensión.

1. Quitar los aros de retención superiores y collares hendidos, como se muestra en la siguiente figura:



Sección a través del cabezal de tensión que muestra los aros de retención que muestra los aros de retención superiores y los collares para las hendiduras.

2. Levantar el cabezal ajustable (usando el botón del motor del cabezal) para hacer contacto con el cabezal de tensión. Después del contacto de plano, se continúa elevando el cabezal ajustable para así mover el cabezal de tensión a el espacio de los collares hendidos inferiores.
3. Quitar los collares hendidos inferiores.
4. Mover el cabezal de tensión a la posición deseada, dejando el alojamiento para la inserción de los collares hendidos inferiores.
5. Insertar los collares de hendidura inferiores y el cabezal de tensión hasta que este descansa sobre los collares de hendidura inferiores.
6. Insertar los collares de hendiduras superiores y vuelva a colocar los aros de retención.

*Prueba de compresión estándar.*

- 1) Insertar la placa de compresión en el cabezal ajustable.
- 2) Mover el cabezal ajustable, para proporcionar un espacio de compresión alrededor de una pulgada de más que la muestra a ser probada.
- 3) Colocar la muestra a compresión en la mesa teniendo la seguridad de que este centrada en relación a dicha placa.
- 4) Abrir la válvula de descarga y cerrar la de carga.
- 5) Encender la bomba.
- 6) Cerrar la válvula de descarga y abrir la válvula de carga. Justo y tan pronto como la muestra haga contacto con la placa de compresión, cerrar el control aproximativo y abrir el control fino (micrómetro), de modo que la carga se aplique en la proporción deseada.
- 7) Cuando la prueba se haya completado, cerrar el control de carga fino y abrir la válvula de descarga aproximativa.

*Prueba de tensión estándar.  
(agarraderas de cara plana ó en v)*

- 1) Mover el cabezal de tensión a una posición tal que dé el espacio de tensión deseado.
- 2) Insertar la agarradera operando la flecha del piñon en el cabezal superior. Atornillar los pernos-doblados en la parte superior de la agarradera; entonces bajar las agarraderas a la ranura del cabezal de tensión. Nivelar las agarraderas al encajar o jalar la flecha del piñon y apretar el tornillo de ajuste, para mantener el ajuste dependiendo del tamaño de la muestra a ser probada, introducir placas de cuña en pares del mismo espesor de modo que, en el arranque de la prueba, los extremos inferiores de las agarraderas de cuña estén de uno a dos pulgadas sobre la superficie inferior del cabezal de tensión. Poner la pequeña placa y el tornillo en la parte superior del cabezal para prevenir que las agarraderas salten fuera cuando la muestra se rompa. De la misma manera acomodar las agarraderas y las cuñas en el cabezal ajustable, de modo que los extremos de las agarraderas estén de uno a dos pulgadas por debajo de la superficie superior. Las placas de cuñas son insertadas desde

arriba para evitar que se desincronicen cuando la muestra se rompa. Poner la pequeña placa y el tornillo en la superficie inferior del cabezal para evitar que las agarraderas fallen completamente.

- 3) Insertar la muestra en el cabezal de tensión. *Teniendo precaución de que las agarraderas tengan una completa sujeción sobre la muestra.*
- 4) Levantar el cabezal ajustable hasta que sus agarraderas estén en la posición en la que se sujete la mayor área posible de la muestra.
- 5) Instalar y ajustar las agarraderas con el mango en la flecha del piñon y arranque la prueba repitiendo los pasos 4, 5, 6 y 7 de la *prueba de compresión estándar*. Tan rápido como la carga se incrementa, quitar los mangos.

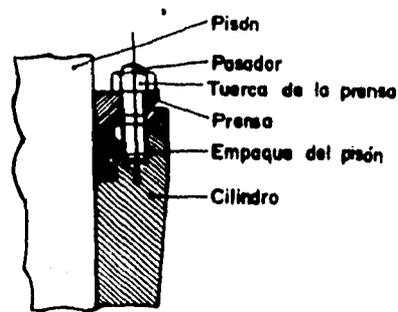
#### **RECOMENDACIONES.**

- \* *No se deberá apagar el motor de la bomba con la máquina cargada. Esto produce un esfuerzo indeseable sobre el diafragma del control de la bomba.*
- \* *No bajar el cabezal ajustable sobre la mesa de trabajo sin primero elevar ligeramente la mesa y manteniéndola en esa posición. De ésta manera el atascamiento no puede ser vencido sólo por el descenso de la mesa.*
- \* *No intentar ninguna prueba de tensión sin una completa sujeción sobre la muestra. Este es un error muy común y es responsable de la mayoría de los daños hechos a las agarraderas planas y en V y a los sujetadores de muestra de extremo roscado.*

### *Mantenimiento.*

#### *\* Prensa del cilindro.*

Si el goteo del aceite del cilindro es excesivo, se ajustarán las tuercas de la prensa uniformemente como se muestra en la figura siguiente:



Sección que muestra el ensamblaje de la prensa y del empaque.

Si estas ya no se pueden ajustar más, elevar hidráulicamente el pistón y bloquearlo, es importante mencionar que no deberá ser bloqueado sobre las placas de apoyo. Quitar todas las tuercas de la prensa y levantarla, cambiar el empaque y reinstalarla, no apretar las tuercas de la prensa muy firmemente o el pistón no regresará rápidamente por gravedad.

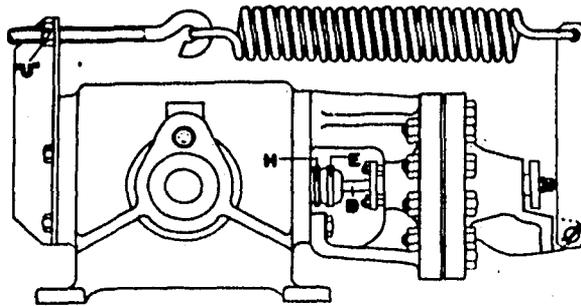
#### *\*Válvula de descarga y control.*

Estas válvulas sufren un desgaste con el tiempo por tanto pueden endurecerse al momento de apretar las prensas, después de que el tornillo de ajuste ha sido aflojado. Si las prensas no se pueden apretar más, entonces se aumentará o reemplazará el empaque. El goteo de aceite que pasa por el eje principal debe bajar al colector de goteo y debe regresar al depósito de aceite. Si el aceite se derrama en lugar de gotear al frente, quite la mitad superior del colector y selle la mitad inferior con unas cuantas gotas de pintura.

*\*Control de la bomba.*

Si se colecta mucho aceite abajo del control de la bomba automática, apretar las tuercas de la prensa, en cada lado de la unidad. Si no se pueden apretar, aumentar o cambiar el empaque. Las instrucciones para ajustar el control de la bomba automática aparecen a continuación:

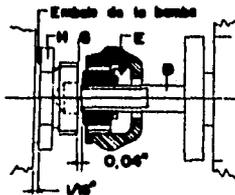
- 1) Una a la bomba como se muestra en las figuras siguientes:
- 2) Instrucciones para el control automático de la bomba.
- 3) Apretar la tuerca "U" hasta que el resorte se alargue 3/8, se tendrá cuidado de que la tuerca "G" no toque el tornillo de extensión "H", como se muestra en la figura siguiente:



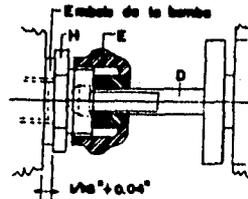
Instrucciones para el control automático de la bomba.

- 4) Ajustar la tuerca "G" de modo que quede un espacio libre de 0.40 pulgadas entre ella y el extremo del tornillo "H", cuando el émbolo de la bomba salga un 1/16 de pulgada fuera de la cara de la bomba apretar la tuerca "F", asegurar la tuerca "G" a la espiga "D".

Deslizar la tuerca "E" hacia la bomba, sobre las tuercas "G" y "F" sobre el tornillo de extensión "H".



Operación completa No. 3.



Operación completa No.4  
Después del empuje de "E"

*\*Abastecimiento de aceite.*

La máquina se manda con el depósito de aceite lleno. Si ha habido mucho goteo, verificar el nivel en la barra de referencia en el depósito. Si el nivel ha descendido por debajo de la marca inferior, poner un aceite que tenga 600 SSU a 100°F.

*\*Válvula de desfogue.*

La instalación de la válvula de desfogue hidráulica puede cambiarse al aflojar las tuercas de seguridad y al apagar y prender el control. Prendiéndolo incrementará la presión instalada.

*\*Tornillos.*

Si el motor del cabezal ajustable muestra signos de trabajar con dificultad, esto puede significar que la grasa de los tornillos se ha vuelto pegajosa. En este caso, se realizará una limpieza profunda y aplicará lubricante nuevo. La temperatura bajo la cual la máquina opera, servirá para determinar la viscosidad del lubricante. Esto resulta importante para proteger a los tornillo

*\*Placas de apoyo.*

Recomendación: No se debe permitir la colocación de fragmentos sobre las placas de apoyo, ya que pueden ser atrapados entre la mesa y la placa de apoyo ocasionando desperfectos en la máquina difíciles de reparar.

*\*Casquillos del cabezal ajustable.*

El engrane de la marcha del cabezal ajustable, y las tuercas del eliminador de reacción deberán lubricarse. La grasa debe ser bombeada periódicamente dentro de los conectores provistos (graseras), hasta que aparezca un goteo alrededor de la parte superior de los casquillos.

*\*Mesa.*

La mesa deberá estar protegida para no ser dañada por objetos que boten al caer sobre ella. Por lo anterior, es una práctica estándar el cubrir la superficie completamente con un material tal como, el linóleum, fibra, cobre, triplax, tabla multilaminar o una lámina.

*\*Agarradera.*

Una de las principales causas de problemas en la prueba física es el uso adecuado de las agarraderas, es por ello que a continuación se describen algunas sugerencias para su mejor manejo:

Las agarraderas están especialmente diseñadas para manejar diversas formas y tipos de muestras para cada una de ellas existe un diseño especial, deberá usarse agarraderas en V para muestras redondas y agarraderas planas para muestras planas.

En la selección adecuada de agarraderas, se debe considerar el material a ser probado. Por ejemplo, barras redondas de metal o latón dúctil arriba de 1/2" de diámetro, pueden probarse con toda seguridad con agarraderas de cuña plana, considerando que la composición del resorte o solo el cable de tracción duro con un diámetro de 1/8" puede dañar las agarraderas de cara plana. Para materiales tales como alambre de piano, se recomienda agarraderas especiales con caras de filos renovables.

Debe recordarse que en lo que respecta a fuerza y tenacidad, las agarraderas de cuña ordinaria, ya sean las de cara plana o las de V, no pueden hacerse tan duras como una de filo. Ocasionalmente puede ser necesario hacer pruebas en materiales más duros que las agarraderas. En este caso, se debe usar un juego viejo de agarraderas o un juego de agarraderas con cara de filo.

Antes de que una muestra sea jalada, el mecanismo usado del piñon doble, para mover las agarraderas en la ranura, debe centrarse y anclarse en su lugar con los pernos de ajuste. Por otra parte, la muestra no podrá centrarse ni podrá jalarse axialmente.

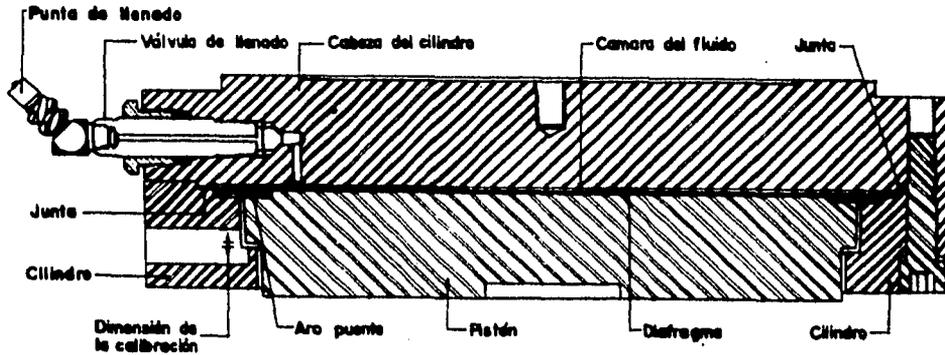
Deben usarse las cuñas suficientes, del mismo espesor en ambos lados de cada agarradera, de modo que las agarraderas queden bien puestas en el cabezal de la máquina. Si una de las dos agarraderas jala completamente cuando la carga se está aplicando, puede romper o desbaratar la esquina de la pieza de fundición del cabezal e igualmente está dañando los piñones dobles.

Las muestras deben extenderse por lo menos  $\frac{3}{4}$  de la longitud de las agarraderas.

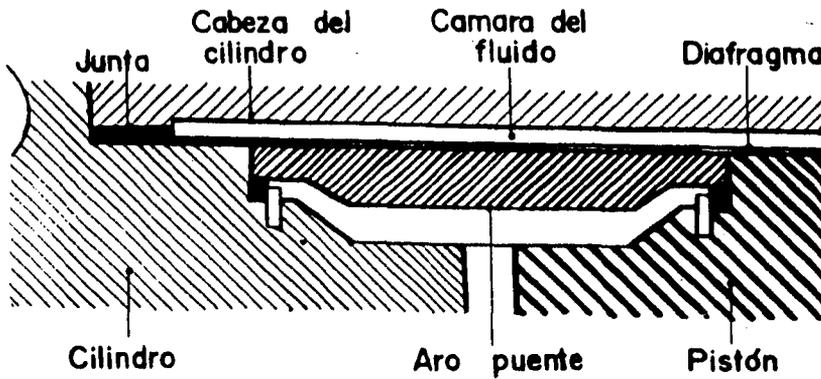
Cuando las agarraderas no se mueven uniformemente en las cabezas, se escucha un sonido de golpe seco y hay un salto en el indicador de carga, entonces debe usarse un lubricante seco de alta presión, en la parte posterior de las agarraderas. Solamente se usa una pequeña cantidad y únicamente en las partes posteriores o se hará una costra de tierra

*Sistema para pesar.*

El sistema para pesar consiste, primordialmente, de un pistón y un cilindro, que serán designados en estas instrucciones como la cápsula.



En está el pistón se mantiene centrado con respecto al cilindro por medio de un "aro puente" plano, de modo que el pistón no toca la pared del cilindro; como se muestra a continuación:



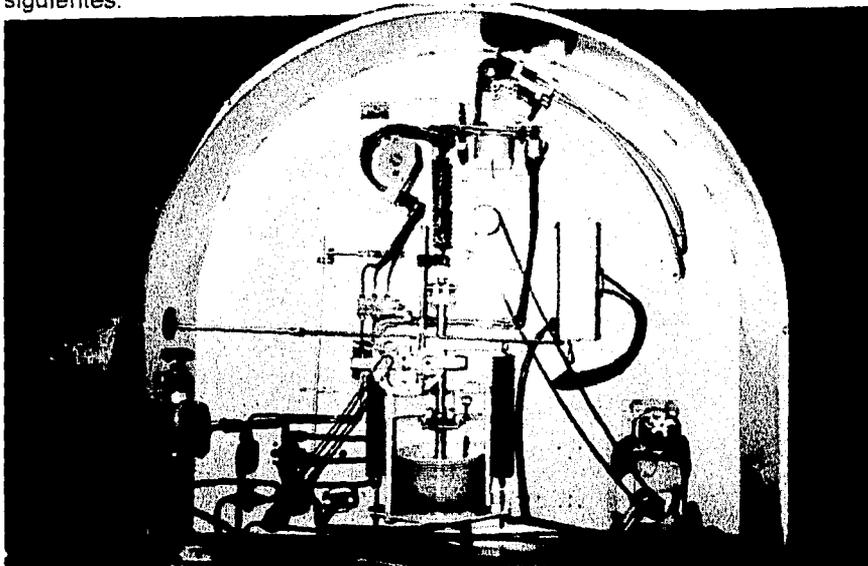
Un diafragma metálico está empalmado a la cabeza del cilindro, de tal manera que se extiende a lo largo del aro puente y la cara del pistón. Una capa de fluido aproximadamente de 0.030 pulgadas de espesor, llena el espacio entre el diafragma y la cabeza del cilindro. Puesto que ahí no hay fluido hidráulico es directamente proporcional a la fuerza ejercida en el pistón. El movimiento total de este pistón es igual a la compresión del fluido, que está normalmente entre 0.002 y 0.004 pulgadas a su completa capacidad, este movimiento es permitido por la flexibilidad elástica del aro puente y no es afectado por la fricción puesto que no hay contacto entre el cilindro y el pistón.

#### *Sistema de indicación Tate - Emery.*

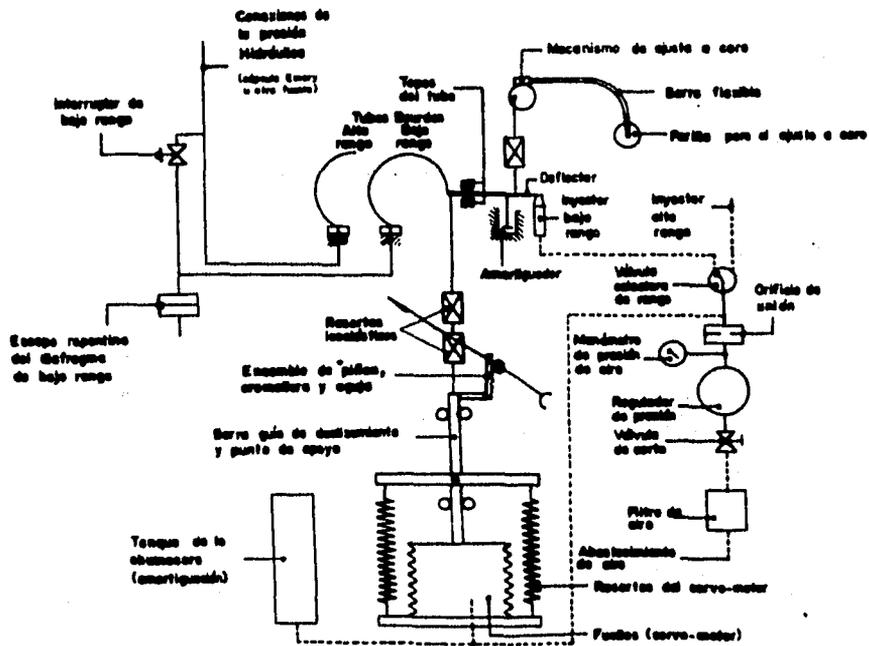
El indicador de carga Tate - Emery es básicamente un servo instrumento de nulo balance neumático, usado para convertir la presión hidráulica exactamente en el movimiento de la aguja. La aguja barre una escala circular para indicar la carga directamente en kilogramos.

#### *\*Descripción.*

La operación detallada del sistema de indicación se explica mejor al considerar la ocasión de un solo rango como se muestra en las figuras siguientes:



INDICADOR DE CARGA TATE - EMERY (Vista trasera).



INDICADOR DE CARGA TATE EMERY (Diagrama esquemático)

Asumiremos un incremento en la presión hidráulica para el tubo de Bourdon, que causará que el extremo libre del tubo se mueva hacia arriba. El deflector unido al extremo libre del tubo también se moverá arriba, permitiendo que pase desde el inyector el fluido reprimido de aire. Esto reduce la presión del aire en la tubería del inyector, de modo que la presión del aire decrecida causa que el fuelle se desinfle. El movimiento descendiente del fuelle incrementa la tensión en los resortes isoelásticos también unidos al extremo libre del tubo de Bourdon. Este proceso continúa hasta que la carga ejercida por los resortes balancea la fuerza ejercida por el tubo, con lo cual se lleva el extremo del tubo de Bourdon hacia atrás a su posición original.

Un decremento de la carga en la máquina de pruebas causa lo contrario delo arriba mencionado. La presión hidráulica en el tubo de Bourdon es menor, su extremo libre bajará. Esto hará que el fluido de aire se reprima más desde el inyector y elevará, llevando con él al equipo de soporte deslizante, y la tensión de los resortes isoelásticos decrecerá. Consecuentemente, el extremo del tubo de Bourdon se elevará a su posición inicial.

Este instrumento continúa moviendo la carga hacia arriba o abajo, manteniendo una condición de balance entre la fuerza ejercida por el tubo y la fuerza del resorte opuesto. De esta manera, el extremo libre del tubo de Bourdon siempre se mantiene en su posición original.

Solamente se aprecia un movimiento en el sistema de indicación , que es el del fuelle, los resortes y el equipo de soporte deslizante que se mueven como una unidad. Este movimiento es usado como una aguja dial.

Los rangos de carga adicionales se producen al usar un tubo de Bourdon separado para cada rango, cada uno con su propio resorte de carga e inyector de aire. El cambio de un rango a otro se efectúa al girar la perilla de cambio en el panel, diferente. La perilla de cambio también causa que la escala escogida gire detrás de la careta del dial exponiendo la escala deseada.

Cada rango de escala tiene un mecanismo de ajuste a cero que permite la colocación de la aguja a cero en el dial. Este es un encadenamiento mecánico que ajusta la posición del deflector y de este modo la posición de la aguja.

En indicadores donde cualquier rango es de  $1/25$  (o menos) de la capacidad del rango máximo, se cuenta con una válvula de cierre para proteger el tubo de Bourdon de estos tubos de rango bajo, de un diafragma de escape repentino que actúa en el caso de que la válvula de cierre de bajo rango no se cierre.

El abastecimiento de aire necesario para la operación de este indicador entra a través de un filtro y una válvula de cierre. Entonces esta para descargar 25 psi como lo indica el manómetro en el panel. El siguiente aire pasa a través de un orificio fijo que limita la proporción del fluido desde ahí fluye al inyector, al fuelle y al tanque acojinado.

El interruptor del selector del rango controla una válvula, de modo que el aire fluye sólo al inyector del rango que está usando.

*\* Mantenimiento.*

Ya que la exactitud no se pierde en el viaje o en el montaje, el indicador no debe ser violado. De este modo, bajo condiciones normales, no es necesario hacer ajustes adicionales después de que el indicador ha sido instalado. De cualquier modo, después de un cierto tiempo, es posible que se puedan desarrollar ciertas condiciones desfavorables, las más comunes son:

**1. Suciedad en el orificio.**

Esta condición produce un lento retorno a cero de la aguja y un cero inestable. Esto se hará evidente en todos los rangos del indicador. Para remediar esta condición, debe quitarse el orificio, limpiarlo y volverlo a poner.

**2. Suciedad en el inyector y en el deflector.**

Un lento retorno de la aguja y un cero indefinido en un rango puede ser causado por partículas de tierra en el inyector. Para limpiar debe jalarse una hoja de papel entre el inyector y el deflector mientras que se presiona hacia abajo sobre el deflector.

**3. Goteo en el sistema abierto a la presión del inyector.**

Un lento retorno de la aguja y fallas al alcanzar el cero, en todos los rangos, pueden ser causados por el goteo de aire en el fuelle, la válvula de desfogue del fuelle, las tuberías del inyector o por la tubería del tanque acojinado, que son todas las partes abiertas a la presión del inyector. Para determinar donde está el goteo, debe interrumpirse el paso del aire en el panel y elevar el deflector hasta que el fuelle este medio lleno. Entonces deberá insertarse una pieza de cinta scotch (el lado pegajoso hacia abajo) en el inyector y deberá ser asentado firmemente al presionar hacia abajo con el dedo sobre el deflector. Si

no hay goteo, la manecilla del indicador permanecerá casi inmóvil. Si esta continúa bajando, deberá buscarse la fuga al rociar todos los puntos posibles de goteo con una solución jabonosa y con gasolina. Si la válvula de seguridad de fuelle muestra evidencias de goteo, deberá ajustarse la válvula en su asiento.

#### ***4. Perder la aguja dial.***

La aguja está unida al eje con una tapa, una serie de arranques y paros repentinos pueden causar que esta pierda su posición original. Cuando el abastecimiento de aire está afuera y no hay presión el fuelle (fuelle en el fondo del golpe) la aguja debe apuntar hacia abajo, de modo que se bifurque el espacio muerto en el fondo del dial. Si la aguja no bifurca este espacio muerto, debe quitarse el vidrio y determinar si la aguja se perdió. Si es así, se volverá a montarla firmemente sobre el eje. Se cuanta con un gato manual para hacer tales ajustes.

#### ***5. Perilla selectora de rango atascada.***

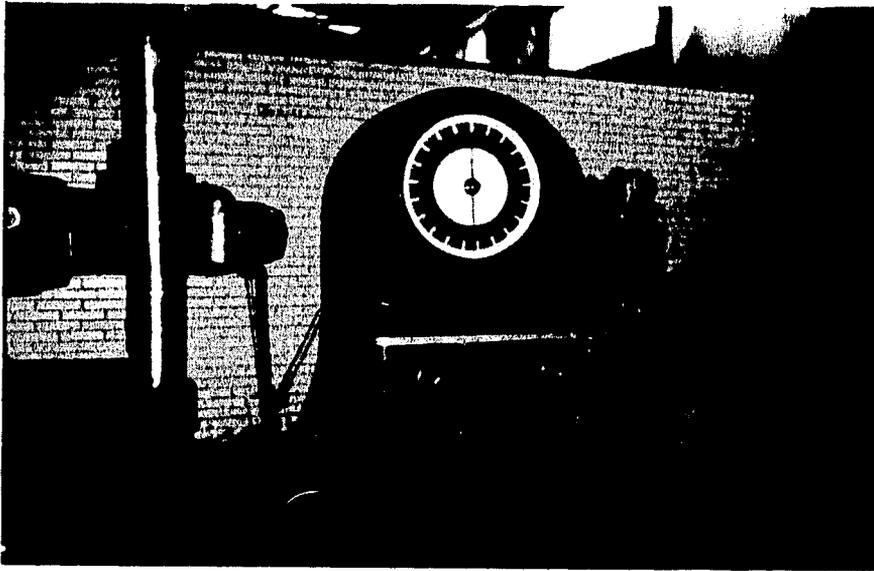
Esta condición se corrige fácilmente jalando hacia afuera la perilla.

#### ***6. Humedad en el sistema de aire.***

Si el aire usado en el sistema de indicación contiene una cantidad apreciable de humedad, está se coleccionará bajo un período de tiempo, en el filtro, en el fuelle y en el tanque acojinado. El filtro debe drenarse más frecuentemente. El fuelle y el tanque acojinado solamente necesita ser drenado cada 6 ó 12 meses, excepto cuando sea muy alta la humedad contenida en el aire.

#### ***7. Ajuste a cero.***

Si el cero no puede alcanzarse con las perillas de ajuste, y la aguja está correctamente instalada como se describe a continuación (de modo que con el aire fuera apuntará directamente hacia abajo en el espacio entre los extremos de la escala) se aplica un ajuste aproximativo.



#### *OPERACION SATISFACTORIA DE LA AGUJA.*

Su sistema de indicación está operando satisfactoriamente si la aguja regresa al cero en 12 segundo o menos.

Para checar esta operación debe cortarse el aire en el panel y activar el escape del aire al levantar ligeramente con el dedo el fuelle, hasta que la aguja funcione a la capacidad del dial. Además deberá conectarse la válvula de abastecimiento de aire y tomarse el tiempo que tarda en regresar la aguja a cero.

Si estas sugerencias no dan los resultados requeridos tendrá que recurrirse a la oficina más cercana de B-L-H dando todos los detalles.

Para hacer este ajuste se quitará el panel en la parte trasera del indicador. Se colocará la perilla de ajuste, de la escala a ser corregida, a la mitad del camino entre sus extremos. Esto se calcula fácilmente por la posición de los segmentos del engranaje. En un indicador Tate-Emery de tres rangos el tubo de Bourdon más posterior controla el rango bajo, el tubo de la mitad controla el intermedio y el tubo del frente controla el rango alto. Para hacer el ajuste se aflojará la tuerca de seguridad y girar ligeramente el tornillo. Esto ajusta el deflector, arriba para instalar el indicador más alto, abajo para instalar el más bajo.

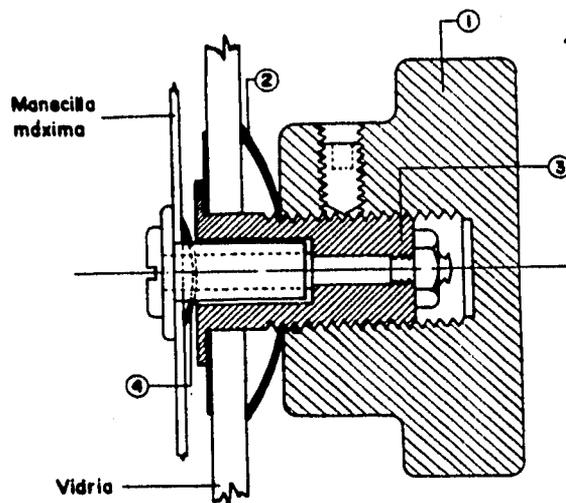
#### **8. Aflojamiento de la manecilla máxima.**

a) Aflojamiento general del eje de la manecilla "Max".

Hay una arandela cubierta de bronce-fósforo (ver el No. 2 en la siguiente figura) entre la perilla de baquelita (No. 1) y el vidrio. Su propósito es mantener firme el eje de la manecilla máxima y contribuir con una pequeña cantidad de fricción para la perilla de baquelita (no para la manecilla máxima). Para incrementar la fuerza ejercida por esta arandela, se aflojará el tornillo de ajuste en la perilla de baquelita y atornillarse la perilla. Se tendrá que apretar nuevamente el tornillo de ajuste, (esto puede ser necesario para quitar el aro del dial y el vidrio, de modo que se pueda usar un desarmador para prevenir la rotación de la palanca rocada No. 3, que lleva la perilla de la baquelita).

b) Cuando la manecilla máxima se mueve muy libremente.

Es conveniente que exista un poco de fricción para amortiguar la manecilla máxima, de esta manera no caminará por inercia después de ser golpeada o movida súbitamente. Dicho equipo cuenta con una pequeña arandela curvada (no. 4) entre el cubo de la manecilla máxima y la palanca (No. 3) que va a través del orificio en el vidrio.



Se quitará el aro del dial, el vidrio y la perilla de baquelita. Esto permitirá que se pueda quitar el resto de las partes del vidrio. Se desmontarán estas partes cuidadosamente. Doblar ligeramente la arandela de fricción. Volverse armar completamente. Si la arandela curvada causa demasiada fricción, introducir lentamente una hoja de filo fino entre la manecilla y la arandela curvada, para sacar parte de la curva fuera de la arandela de fricción, hasta que se mantenga la propia acción. Al colocar el marco del dial, la manecilla aún debe moverse muy fácilmente en el eje, se desmonta y se aplica un poco de grasa en el engrasador de copa.

### *Instrumentos suplementarios.*

Esencialmente las máquinas de prueba son simples instrumentos para aplicar una carga medida y controlada a una muestra o estructura para adaptar esta máquina básica a la variedad de anchos posibles de situaciones de prueba, por lo que Baldwin desarrollo una larga lista de instrumentos suplementarios. Estos instrumentos suplementarios están agrupados, arbitrariamente en cuatro grupos:

1. *Agarraderas*, sujetadores de muestra y placas de compresión, partida y dirigida primordialmente al problema de la transferencia de carga de compresión o tensión a la muestra.

2. *Equipo de prueba auxiliar*, tales como subpulsadores, herramienta de flexión, etc., diseñados para ampliar el rango de las pruebas de los materiales a prueba, y de las condiciones de la prueba.

3. *Accesorios de la máquina de prueba* ( instrumentos tales como los mantenedores de carga, marca pasos del pisón y los semejantes, cuya función es mejorar algunos aspectos del desempeño de la máquina de prueba).

4. *Opcionales* (partidas no esenciales en la prueba pero útiles en cualquier laboratorio de pruebas).

El equipo descrito, en la mayor parte, representa solamente a aquellas partidas que se han vuelto más o menos estándar y no se incluyen todos los instrumentos que pueden surtirse. Por los que Baldwin está preparado para construir virtualmente cualquier tipo de instrumento de prueba que pueda ser requerido. De cualquier modo debe señalarse que tal tipo especial, es necesariamente, más caro que un equipo estándar y su fabricación puede requerir más tiempo.

### *Sujetadores de muestras, agarraderas, placas de compresión.*

Un requerimiento primario de todas las pruebas es que la muestra se mantenga firmemente en la posición correcta. En las pruebas de tensión, las muestras puestas en la línea recta, ya sean planas o redondas, pueden sujetarse con mordazas en forma de cuña que se adaptan a las ranuras de la agarradera en el cabezal de la máquina de prueba o, para una mayor distribución de esfuerzos, mayor alineación, y conveniencia, por medio de agarraderas especiales del tipo Baldwin o templin. Las muestras con los extremos roscados o con extremos de sujeción, se mantienen en sujetadores de muestra, que están mantenidos por el cabezal de la máquina de prueba. La

prueba de compresión requiere del uso de una placa de compresión en el cabezal sensitivo de la máquina de prueba y, en algunas aplicaciones, de una placa especial de subpresión que descansa sobre la mesa de la máquina de prueba.

*Mordazas de cuña Baldwin.*

Las mordazas de cuña Baldwin son de varios tipos, cada una diseñada especialmente para la forma y tipo de muestra con la que van a ser usadas. Las mordazas de cara plana están disponibles para muestras planas y las mordazas en v (que tienen forma de v), y ranura dentada en la cara para muestras redondas. Las mordazas están cortadas con diferente espaciamiento entre dientes, para usarlas con diferentes materiales.

Las mordazas planas y en v, también están hechas con cara ranurada en la cual una cara de filo renovable se inserta. La principal ventaja de este tipo de mordazas es que solamente la cara del filo necesita ser cambiada para obtener el espaciamiento entre dientes requerido para los diversos tipos de materiales. La vida de las mordazas depende del uso o de la rotura de dientes, si esto sucede, solo se requiere reemplazar la cara de filo en lugar de toda la mordaza.

Todas las partes de las mordazas mostradas en la siguiente figura, son de acero termotratado, con dientes cortados a un perfil exacto, en un trenzado conjunto especial. Se operan por medio de una cremallera, en uno de los lados de cada mordaza, usada en conjunto con un piñón doble helicoidal en cada cabezal de la máquina de prueba. Esta construcción patentada provoca que la mordaza abra lateralmente cuando se ha movido verticalmente en las ranuras de la agarradera, sin medios auxiliares tales como canales guías, etc.

Los tamaños de la muestra y el espaciamento de los dientes de las mordazas, para las diferentes máquinas de pruebas universal Baldwin - Tate - Emery, se dan en la siguiente tabla:

MORDAZAS DE BORDE ESTÁNDAR				
Capacidad de la máquina (libras)	Tamaño del espécimen (pulgadas) *		Número de dientes por pulgada	
	Planas	En V	Planas	En V
60,000	2 ½ X 1 ½	½ a 1 ½	8 - 16	8 - 16
120,000	2 ¾ X 2 ¾	½ a 2	8 - 16	8 - 16
200,000	3 ¼ X 1 ¾	½ a 2 ½	8 - 16	8 - 16
300,000	3 ¾ X 2 ¾	½ a 2 ½	8 - 16	8 - 16
400,000	4 ½ X 3 ¾	½ a 4 ½	8 - 16	8 - 16

MORDAZAS DE CARA CON FILO REMPLAZABLE			
Capacidad de la máquina (libras).	Tamaño del espécimen (pulgadas)		Espaciado de dientes
	Planas	En V	Las inserciones
60,000	13/16 X 2	¾ a 1 ¼	se surten con 10
120,000	2 X 2 ¼	¾ a 1 ½	o 16 dientes por
200,000	2 ½ X 2 ½	¾ a 1 ½	pulgada.
300,000	2 ½ X 2 ¾	¾ a 1 ½	

#### Agarraderas Templin y Baldwin.

Las agarraderas que están en la parte exterior del cabezal ofrecen obvias ventajas, como: una mayor conveniencia y velocidad al insertar las muestras. El diseño de las agarraderas Baldwin-Templin incrementa estas ventajas inherentes y (que es de mayor importancia) proporciona un mayor alineamiento y consecuentemente una mayor nivelación en la distribución de esfuerzo en la muestra.

Las agarraderas Templin están fabricadas bajo la licencia de R.L. Templin, Associate Director of Research, Aluminum Company of America. Dos tipos importantes de estas agarraderas están disponibles, una de 5,000 pounds de capacidad, muy ligera en su construcción, diseñada especialmente para plásticos, pero también muy satisfactoria para muestras de lámina de metal; y dos modelos de frente abierto de 8,000 y 10,000 pounds de capacidad. Esta última también puede surtirse, en una orden especial, en el estilo frente cerrado.

Las agarraderas con capacidades superiores a 10,000 libras se construyen especialmente después de conocer las especificaciones del usuario, así como la capacidad, el tamaño de la muestra acomodada y el espaciamiento de los dientes de la mordaza.

En la siguiente tabla se da información detallada de las agarraderas Templin.

Capacidad de agarre	Agarre frontal	Tamaño del espécimen (pulgadas)*		
		Planas	triple mordaza	Redonda única mordaza
5,000	Cerrado	1 X ¼ **	***	¼-3/8; 3/8-½
8,000	Abierto	¾ X ½	0.06-0.24	¼-½ ; ½-¾
10,000	Abierto	1 X ½ **	0.06-0.24	¼-½ ; ½-¾

\* Los tamaños de muestra para las planas, están dados como máximos diámetros, para las redondas están dados como rangos de diámetros.

\*\* El equipo de mordazas autocentrable puede surtir para muestras de ¾ de pulgada.

\*\*\*Disponibles en pedido especial.

Las mordazas de las agarraderas Templin se cierran automáticamente bajo la presión del resorte, y son rápidamente cambiables del sujetador de la mordaza. En el modelo de frente cerrado, el paralelismo entre las caras de agarre se logra al emplear un frente amortizado y unas placas traseras para prevenir el encorvamiento o estiramiento de las superficie semejante, en la mordaza, para compensar la variación en el espesor de la muestra. En los modelos de frente abierto, las mordazas de agarre plano tienen las partes traseras redondeadas para apoyarse en compensación a la fuerza de agarre lateral sobre la superficie del cuerpo de la muestra.

#### Agarraderas de frente abierto Universal Baldwin.

Estas agarraderas son el resultado del mejoramiento del diseño, que está basado en los años de experiencia en la construcción de aparatos de agarre, la cara especial ha sido pensada para proporcionar una fácil colocación y retiro de la muestra.

Se emplean cuñas de acero, de corte rápido con cabeza roscada, que operan en la cremallera helicoidal patentada y en el piñón principal. Las barras de sujeción asentadas esféricamente y los bloques de cuña individual se proporcionan para el montaje de las agarraderas en cada tamaño de máquina.

El modelo estándar de estas agarraderas está hecha solamente para una capacidad de 60,000 libras. Las agarraderas de este tipo, modificadas para fijarlas a máquinas de prueba Baldwin - Tate - Emery (tipo pisón bifurcado) modelos 20-35 y 60-35, están disponibles en capacidades de 20,000 y 60,000 libras.

Las mordazas disponibles para las agarraderas de frente abierto Universal Baldwin se listan en las tablas siguientes:

Tipo sólido			
Capacidad	Tamaño de la muestra (pulgadas) *		Número de dientes por pulgada.
	Planas	En V	
20,000**	1 3/8 X 3/4	1/2 a 1	16
60,000***	2 X 1/4	1/2 a 1 1/2	8 , 16

Tipo sólido			
Capacidad	Tamaño de la muestra (pulgadas) *		Número de dientes por pulgada.
	Planas	En V	
20,000**	1 1/8 X 1/2	No disponible	20 , 40
60,000***	7/8 X 1 3/4	3/4 a 1 1/4	10 , 16

\* Los tamaños de muestra para las planas, están dados como máximas dimensiones; para redondas están dados como rango de diámetros.

\*\* Agarraderas especial, solamente para máquinas de pruebas modelo 20-35.

\*\*\* Existen dos tipos -La agarradera especial Universal de frente abierto y la agarradera especial, solamente para máquina de pruebas modelo 60-35.

#### Sujetadores de muestras autoalineantes Baldwin.

Los sujetadores de muestra Baldwin están diseñados para usarlos con muestras de extremos roscados y de extremos de sujeción.

Los elementos estructurales de estos dos tipos de sujetadores son idénticos, consisten en un par de bloques de cuña que están fijados al cabezal de la máquina de prueba, con un par de pasadores de cabeza esférica que pasan a través de los bloques de cuña, y adaptadores que están asegurados a los extremos adyacentes de los pasadores. Las cabezas esféricas descansan en asientos esféricos en los bloques de cuña, hacen que los sujetadores se autoalinien cuando el equipo está bajo tensión.

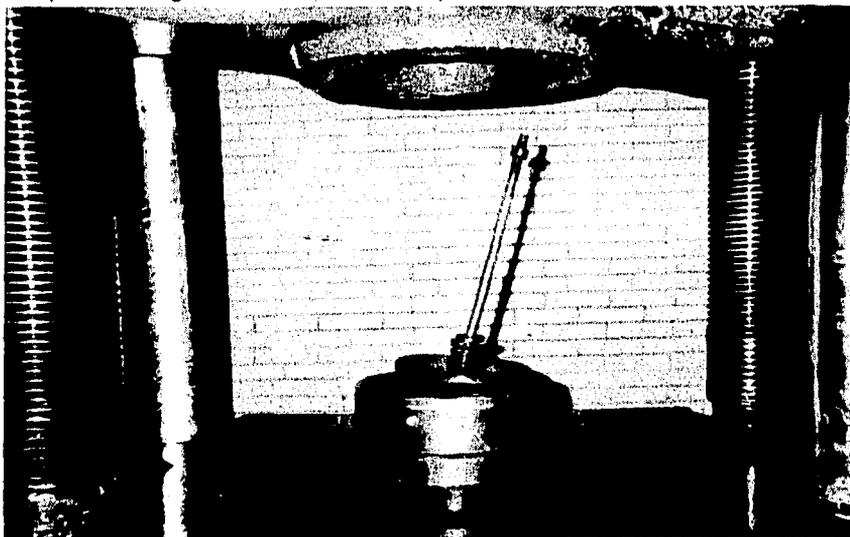
Los adaptadores estándar proporcionados con los sujetadores, para muestras de extremos roscados, se acomodaran en muestras estándar de 0.505 pulgadas de diámetro, tramos de referencia de 2 pulgadas y con cuerpo roscado U.S. estándar de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (10 roscas por pulgada). Se puede surtir en una orden especial adaptadores de muestras de extremos roscados de otros tamaños.

Los sujetadores para muestras con extremos de sujeción tienen adaptadores con cuerpo de sujeción, usando una hendidura como punto de apoyo y aro de retención. Estos se proporcionan solamente para muestras con 0.505 pulgadas de diámetro y tramo de referencia de 2 pulgadas. Cualquier tipo de sujetador puede surtirse como una separada, o ambos pueden combinarse en una misma unidad, consistente de sujetadores de extremo roscado además de adaptadores que aceptarán muestras de extremo roscado.

Los sujetadores de muestra especiales de alta temperatura para muestras de extremo roscado de 0.505 pulgadas de diámetro también están disponibles, estos se pueden surtir para usarlos con un horno de 12 o 16 pulgadas. La construcción de los sujetadores de alta temperatura es la misma que la de los sujetadores estándar, pero están hechos de acero inoxidable termoresistente en lugar del acero estándar de corte rápido termotratado.

#### *Placas de compresión Baldwin.*

Estas placas de compresión son bloques de acero de corte rápido endurecido. Las caras de estas placas están grabadas con círculos concéntricos. Los bloques estándar son circulares, pero se pueden surtir bloques rectangulares en una orden especial.



Hay dos tipos disponibles de placas, una plana y la otra de asiento esférico. El bloque plano se adapta directamente a una depresión cilíndrica que esta en la parte superior del cabezal sensitivo de la máquina de prueba. El bloque de asiento esférico es una unidad de dos piezas; así construido para que la pieza en contacto con la muestra pueda acomodarse por si sola, dentro de los límites en el desplazamiento angular de la parte superior de la muestra.

Las placas de compresión para las diferentes máquinas de prueba Baldwin - Tate - Emery están disponibles en las siguientes medidas:

Máquina	Placas planas		Placas de asiento esférico	
	Diámetro de la placa (pulgadas).	Número de círculos grabados.	Diámetro de la placa (pulgadas)	Número de círculos grabados.
Modelo 20 - 35	6 3/8	5	6 3/8	5
Modelo 60 - 35	6 3/8	5	6 3/8	5
60,000 lb. B-T-E	6 3/8	5	6 3/8	5
120,000 lb. B-T-E	7	6	7	6
200,000 lb. B-T-E	9	7	9	7
300,000 lb. B-T-E	10	8	10	8
400,000 lb. B-T-E	10	8	10	8

#### *Equipo de prueba auxiliar.*

La funcionalidad de las máquinas de prueba Baldwin se actualizó constantemente debido al desarrollo de una gran variedad de anchos de instrumentos que permitieron realizar tipos adicionales de pruebas, a diferentes tipos de materiales, y hacer pruebas bajo una variedad de condiciones. Algunos de estos instrumentos fueron creados por Baldwin, otros por expertos en pruebas al conocer las necesidades especiales otros campos o en los propios.

#### *Herramientas Baldwin para prueba transversal de varillas de hierro fundido.*

Este instrumento consiste de una placa base, en la que están montados un par de bordes de soporte, ajustables en incrementos de 2 pulgadas para espacios de 10 a 30 pulgadas. La muestra descansa en estos bordes de soporte y es cargada por medio de un borde de carga endurecido, que está unido al cabezal sensitivo de la máquina de prueba.

La ajustabilidad de la longitud del espacio permite hacer la prueba de acuerdo con la especificación A 48-46 de la ASTM. Adicionalmente, la herramienta está diseñada para poder usarla con un deflectómetro Baldwin.

*Aparatos de carga de tres puntos Baldwin.*

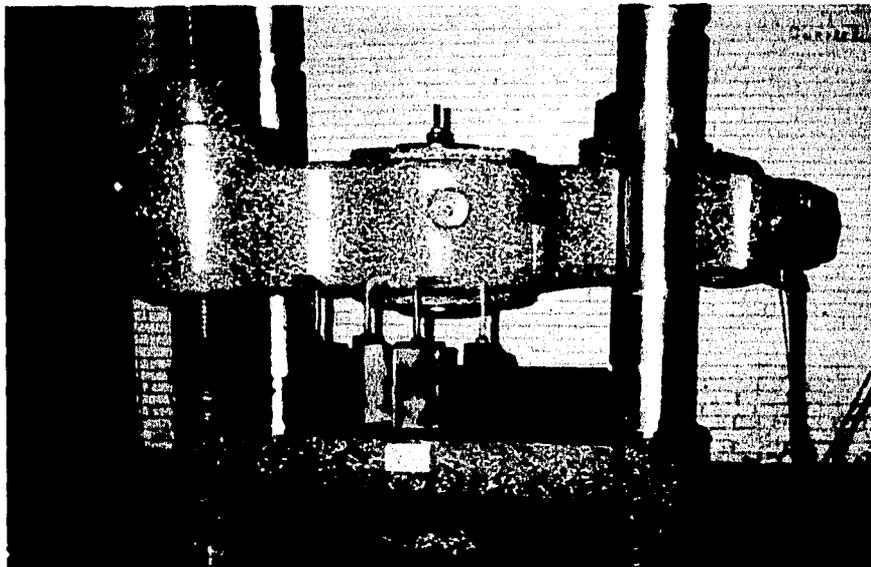
El aparato de carga de tres puntos consiste de un par de soportes de borde de filo autoalineantes, ajustables a espacios de 18, 24 y 30 pulgadas, y un par de bordes de filo de carga autoalineantes. Estos bordes de carga son ajustables a espacios de 6, 8 y 10 pulgadas. De este modo el aparato se ajusta a la especificación estándar C 78-44 de la ASTM.

Están disponibles dos modelos, para usarlos con la máquina de prueba universal Baldwin - Tate - Emery y uno adaptado a las máquinas de prueba de concreto y cemento Baldwin.

*Soportes y bordes de carga Baldwin para prueba transversal.*

Adicionalmente a los instrumentos especializados usados en pruebas transversales de varillas de hierro fundido y columnas de concreto. Baldwin ofrece equipo para otro tipo de pruebas transversales. Este equipo consiste de un borde de carga, y un par de soportes de borde afilado, que pueden ser colocados sobre cualquier superficie plana como base. El borde de carga se completa con la placa de soporte y es fija dentro del hueco en la parte inferior del cabezal sensitivo de la máquina de prueba.

La capacidad de la máquina debe ser especificada.



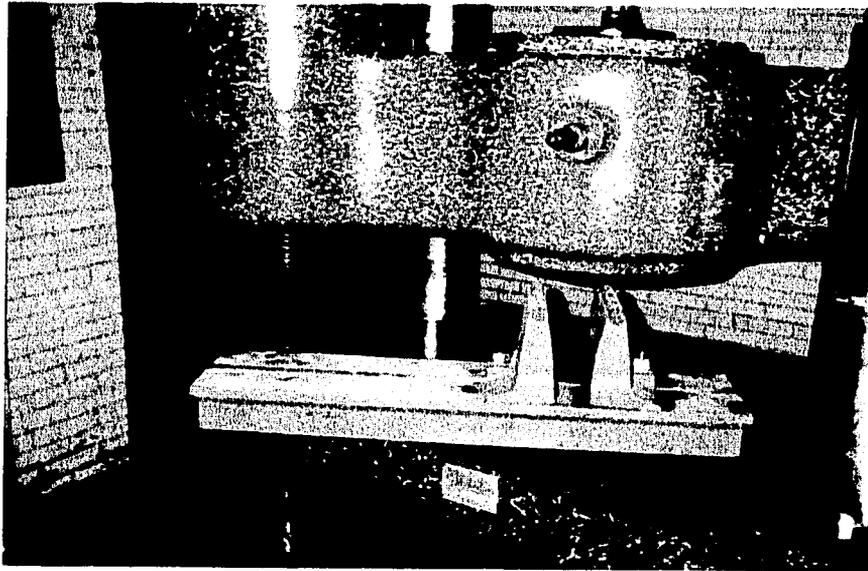
*Instrumento de prueba de doblez frío Scholer.*

Este instrumento proporciona un método de prueba de doblez frío, con una fuerza comparativamente pequeña. Esto permite cerrar el control de la velocidad de flexión y también permite una medida cuantitativa del comportamiento de las varillas durante la prueba, de modo que el margen en el que una varilla falla pasa, puede ser determinado. Su característica distintiva es el largo espacio proporcionado por dos rodillos segmentados extragrandes que se mueven libremente con la varilla, cuando esta se dobla. La posición de uno de los rodillos es ajustable a lo largo del otro rodillo; permitiendo el espaciado propio de los rodillos para cualquier combinación de tamaño de varilla y perno.

El perno está agarrado por una muesca en V en el pisón de flexión.

Un juego completo de pernos de flexión de acero endurecido ya fué proporcionado, el juego consiste de trece pernos que desde  $3/8$  a  $3 \frac{1}{4}$  de pulgadas de diámetro. El tamaño máximo de varilla que puede ser doblada es una redonda de  $2 \frac{1}{2}$  pulgada de diámetro o una cuadrada de  $2 \frac{1}{2}$  pulgadas.

El instrumento de doblez frío Scholer está diseñado para usarse con una placa de compresión de asiento esférico.



*INSTRUMENTOS DE DOBLEZ (FLEXIÓN SCHOLER)*

### III.- CRITERIOS Y PERIODOS DE CALIBRACION.

*Importancia de la calibración de máquinas de ensaye y dispositivos utilizados.*

Para comenzar a conocer la importancia de calibración y verificación se dan las siguientes definiciones:

*Calibrar.* Acción y efecto de calibrar, establecer la medida o calibre de una cosa mediante un patrón o estándar.

*Verificar.* Comparar la medida o calibre de una cosa con un patrón o estándar.

*Calibración de instrumentos de medición de fuerza para verificar las máquinas de pruebas. (siguiendo el ASTM -74).*

La terminología empleada se muestra a continuación:

- Dispositivo Elástico de Medición.

Consiste de un elemento elástico combinado con un dispositivo que indica la deformación del elemento elástico bajo la acción de una fuerza.

- Estándar de Fuerza Primario.

Es una fuerza de peso muerto aplicada directamente sin el empleo de mecanismos, tales como palancas, multiplicadores hidráulicos, o similar, cuya masa ha sido determinada por comparación con Estándares de Referencia, obtenidos de Estándares Nacionales de Masa.

- Estándar de Fuerza Secundario.

Es el instrumento o mecanismo, cuya calibración ha sido establecida por comparación con Estándares de Fuerza Primarios.

*Calibración de instrumentos de medición de fuerza para verificar las máquinas de pruebas (ASTM).*

Para efectos de dar a conocer la calibración de instrumentos de medición se describen los términos empleados.

- Ecuación de Calibración.

Es la relación matemática establecida entre la deflexión y la fuerza obtenida de los datos de calibración, con el instrumento en servicio, algunas veces llamada curva de calibración.

- Dispositivo de Lectura Continúa.

Es una clase de instrumento cuyas características permiten la interpolación entre las fuerzas calibradas.

- Deflexión.

Es la diferencia entre la lectura con carga aplicada y la lectura sin carga de un instrumento.

- Rango de Carga.

Es el rango de fuerzas dentro del cual la incertidumbre es menor que los límites de error especificados para el uso del instrumento.

*Calibración de instrumentos de medición de fuerza para verificar las maquinas de pruebas (siguiendo el ASTM 74)*

Descripción de términos.

- Dispositivos de Fuerza Específica.

Generalmente son aquellos instrumentos en los cuales la lectura es tomada de un indicador de carátula. Son usados solo en las fuerzas calibradas. También se les llama dispositivos de carga limitada. No se recomienda el uso de la ecuación de calibración con estos dispositivos.

- Incertidumbre.

Es la estimación, estadística de los límites de error de las fuerzas calculadas de la ecuación de calibración de un instrumento de medición cuando éste está calibrado de acuerdo con esta práctica.

- Lectura.

Es el valor numérico indicado en la escala, carátula o pantalla de un instrumento de medición bajo una fuerza dada.

•Resolución.

Es la lectura o la indicación mínima que puede leerse en una carátula o pantalla del instrumento de medición de fuerza.

*Incertidumbre de una medición (concepto e importancia).*

En todo proceso de medición siempre existirá la duda sobre la confiabilidad de que el valor obtenido sea el verdadero. A esta falta de certeza se le ha denominado "Incertidumbre de la Medición".

No se puede hablar de un sistema de calidad sin un sistema de medición confiable; asimismo, no es posible contar con mediciones confiables si no se conocen sus incertidumbres.

$$= \sqrt{EE^2 + ER^2 + UE^2}$$

U : Incertidumbre de la calibración.

EE : Error de exactitud.

ER : Error de repetibilidad

UE : Incertidumbre del patrón empleado.

*Servicio de certificación de laboratorios de calibración  
(SECLAC)*

El Centro Nacional de Metrología, CENAM, fue creado por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1992, para fungir como laboratorio primario del país. Entre las funciones que le encomienda el artículo 30 de dicha ley se cuenta la de dictaminar sobre la capacidad técnica de los laboratorios de calibración. Por este motivo, el CENAM ha establecido el Servicio de Certificación de Laboratorio de Calibración, SECLAC.

El Servicio de Certificación de Laboratorios de Calibración tiene por objeto la certificación de la capacidad técnica de estos laboratorios, con el fin de establecer confianza en sus resultados de medición, los valores de las incertidumbres que les son asociadas y su trazabilidad a los patrones nacionales.

Este sistema está dirigido a todos los laboratorios de calibración que deseen obtener dicha certificación. La certificación de SECLAC será la base técnica sobre la cual se otorgará el acreditamiento de los laboratorios del Sistema Nacional de Calibración.

#### *Patrones y dispositivos para la calibración de máquinas de ensaye.*

##### Definición de Patrón de Fuerza.

Aparato o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores conocidos de una magnitud, para transmitirlo por comparación a otros instrumentos de medición.

Patrón o estándar primario.- está representado por un peso muerto de un bloque de platino - es de forma cilíndrica de un Kgf.

Es una fuerza de peso muerto aplicado directamente sin el empleo de mecanismo, tales como palancas, multiplicadores hidráulicos o similar, cuya masa ha sido determinada por comparación con estándares de referencia obtenidos de estándares nacionales de masa.

Actualmente el estándar de fuerza primario de mayor capacidad existente en los Estados Unidos de Norteamérica, es la máquina de calibración de pesos muertos de 1 000 000 lbf (453.6 tf) en el National Institute of Standards and Technology (NIST).

Patrón o estándar secundarios.- es aquel instrumento o mecanismo cuya calibración ha sido establecida por comparación con estándares primarios.

##### *Tipos de capacidades de medición*

El programa SECLAC emitirá un Certificado único para todos los laboratorios que demuestren satisfactoriamente sus capacidades de medición. Sin embargo, con el fin de facilitar la identificación del tipo de servicio que ofrece el laboratorio certificado, las capacidades de medición se clasificarán dentro de los tres tipos siguientes:

**TIPO I** Certifica la capacidad de calibrar patrones de medición. Su sistema tiene la capacidad de cuantificar continuamente sus niveles de incertidumbre y evaluar sus procesos de medición. Mantiene un alto nivel de control ambiental e informa los valores de sus mediciones con una incertidumbre declarada a un cierto nivel de confianza.

**TIPO II** Certifica la capacidad de calibrar equipo de pruebas, diagnóstico y mediciones para la fabricación y servicio de productos. Cuenta con los patrones necesarios para calibrar de acuerdo a tolerancias, normalmente especificadas por un fabricante o por las normas vigentes. Tiene la capacidad de verificar sus patrones y mantiene un control ambiental adecuado. Reporta sus mediciones e indica si el equipo calibrado cumple con las especificaciones.

**TIPO III** Certifica laboratorios que cuentan con patrones de referencia o de trabajo apropiados y cuya misión principal es establecer una referencia natural de calibración, es decir, sin considerar los efectos de las magnitudes de influencia. Depende casi exclusivamente de los valores asignados a sus patrones por otros laboratorios de mayor jerarquía, para asignar valores o verificar el cumplimiento de especificaciones del equipo calibrado. Puede ser un laboratorio de campo, sujeto a una amplia gama de efectos ambientales.

*Patrones de fuerza y dispositivos para la calibración de máquinas de ensaye.*

\* Clasificación de patrones o estándares.

Patrón o estándar primario.

- Máquina de calibración de pesos muertos.

Patrón o estándar secundario.

- Máquinas de palanca
- Máquinas hidráulicas
- Dispositivos elásticos:
  - Cápsulas de mercurio
  - Anillos de carga
  - Celdas de carga
  - Resortes
- Balanzas.

*Calibración de instrumentos de medición de fuerza para verificar las máquinas de pruebas (Siguiendo ASTM E-74).*

*Requerimientos de los estándares de fuerza.*

\* Estándares primarios.

- Deben ser elaborados de metal rolado, forjado o de metal fundido.
- Las cavidades de ajuste deberán estar cerradas por conexiones roscadas u otros sellos adicionales.
- Las superficies externas de los pesos deberán tener un acabado de 125 o menos según lo especificado por AMSI B 46.1.
- La fuerza ejercida por un peso en el aire se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Fuerza} = \frac{Mg}{9.80665} \left[ 1 - \frac{d}{D} \right]$$

Donde:

M = Masa del peso.

g = Aceleración local debido a la gravedad, m/s<sup>2</sup>.

d = Densidad del aire ( d= 0.0012 Mg/m<sup>3</sup> ).

D = Densidad del peso en Mg/m<sup>3</sup>.

Las masas de los pesos deberán ser determinadas, por comparación con estándares referidos a los Estándares nacionales de masa con una tolerancia de 0.005%.

*Calibración de instrumentos de medición de fuerza para verificar las máquinas de prueba (Siguiendo ASTM E-74)*

*Requerimientos de los estándares de fuerza.*

\* Estándares secundarios:

Los estándares de fuerza secundarios pueden ser instrumentos de medición de fuerza elásticos usados conjuntamente con una máquina o mecanismo para aplicar la fuerza, o alguna otra forma de mecanismo hidráulico o mecánica para multiplicar una fuerza por peso muerto relativamente pequeño.

Los instrumentos elásticos de medición de fuerza usados como estándares secundarios deberán ser calibrados por estándares primarios y usados sólo sobre el rango de carga de la clase AA.

Los estándares secundarios que tengan capacidad que exceda de 1000000 lbf (453.6 tf) no requerirán ser calibrados por estándares primarios.

Se pueden combinar y cargar en paralelo varios estándares secundarios de igual capacidad para satisfacer necesidades especiales de medición de capacidades mayores.

La incertidumbre de esta combinación deberá calcularse usando la siguiente ecuación:

$$U_c = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

$U_c$  = incertidumbre de la combinación.

$U_0, 1, 2, \dots, n$  = incertidumbre de los elementos individuales.

Patrones de fuerza y dispositivos para la calibración de máquinas de ensaye.

\* Requisitos Para Estándares Secundarios.

- Los estándares secundarios pueden ser instrumentos elásticos de medición de fuerza, en combinación con una máquina o mecanismo para la aplicación de fuerza, o alguna forma de mecanismo para la aplicación de fuerza, o alguna forma de mecanismo hidráulico o mecánico que multiplique una fuerza por peso muerto relativamente pequeño.
- Los instrumentos elásticos de medición de fuerza deben ser calibrados por estándares primarios y usados sólo sobre el rango de carga de clase AA.
- Los estándares secundarios con capacidades que excedan de 1 000 000 lbf no requieren ser calibrados por estándares primarios.

\* Rangos estándar de carga.

Se indican a continuación 2 rangos de carga, sin embargo, pueden usarse otros, si es necesario.

CLASE AA:

- Para instrumentos usados como estándares de referencia secundario.
- La incertidumbre del instrumento no debe exceder del 0.05% de la fuerza.
- La incertidumbre es de 2.4 la desviación estándar de los resultados obtenidos en calibración.

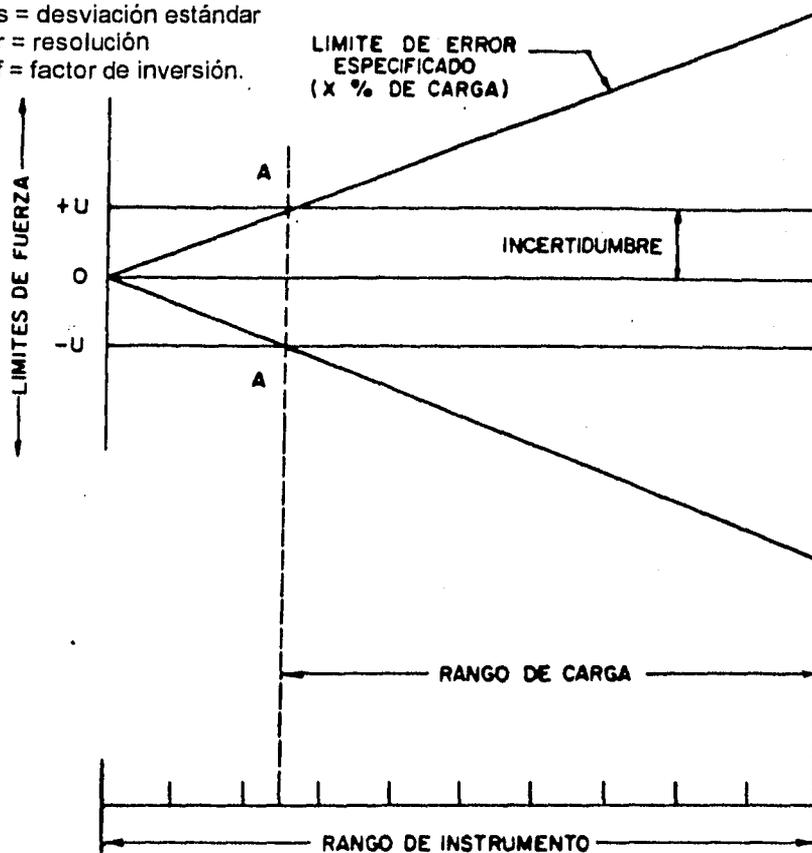
CLASE A:

- Para instrumentos usados para verificar las máquinas de prueba.
- La incertidumbre del instrumento no debe exceder del 0.25% de la fuerza.
- El límite inferior de la fuerza del instrumento es 400 veces la incertidumbre en unidades de fuerza.

La incertidumbre para dispositivos específicos den fuerza está definido como 2 veces la desviación estándar, mas la resolución.

$$\text{incertidumbre} = (2s + r)f$$

s = desviación estándar  
r = resolución  
f = factor de inversión.



Relación de rango de carga a incertidumbre del instrumento y límites de error especificados.

*Intervalo de tiempo entre calibración (Siguiendo ASTM E-74).*

- Todos los instrumentos y sistemas medidores de fuerza usados como estándares secundarios deben ser verificados o calibrados anualmente.
- Los instrumentos tales como anillos de prueba, cápsulas AMSLER, tubos de Bordón, y todos aquellos en los que la lectura es por medio puramente mecánicos deberán ser calibrados a intervalos que no excedan de los 2 años.
- Los instrumentos eléctricos de medición de fuerza debe ser calibrados cada año, durante 2 años y después a intervalos que no excedan los 2 años.

Patrones y dispositivos para la calibración de máquinas de ensaye.

*\* Calibración.- Principios Básicos*

- La relación entre la fuerza aplicada y la deflexión de un instrumento elástico de medición, es en general no lineal.
- Conforme se aplica la fuerza al elemento elástico éste va cambiando de forma progresiva y alterando su resistencia a la deformación.
- La característica de no linealidad es una propiedad estable del instrumento y no cambia a menos que se aplique una carga que sobrepase su capacidad.
- En las curvas fuerza - deflexión se encuentran sobrepuestos los valores no lineales introducidas por las intersecciones del sistema indicador de fuerza del instrumento.

Ejemplo:

Escala a graduaciones no uniforme en carátula.

Desgaste irregular entre los puntos de contacto para medición de un anillo de carga.

Inestabilidad en el voltaje y sensibilidad en un sistema de celda de carga.

*Temperatura de calibración*

Antes de iniciar la calibración deberá permitirse que el instrumento de medición se ajuste a la temperatura ambiente del laboratorio.

La temperatura recomendada para el cuarto de calibración es de 23° C.

Se recomienda que la temperatura no varíe en  $\pm 0.5^\circ$  C.

Existen equipos que en su diseño contemplan una compensación automática en sus lecturas por temperatura. Los que no están constituidos con esta consideración, deben corregírseles sus lecturas incrementando ésta en 0.027% por cada grado centígrado si la temperatura sube, y si baja, se restará este valor a la lectura.

#### *Aleatoriedad de las condiciones de carga*

Para cada aplicación de carga (recorrido), deberá cambiarse la posición del instrumento en la máquina de calibración. En una calibración a compresión se rotará el instrumento hasta una posición que indique un ángulo de 90°, 120° o 180°, haciendo que su eje de carga con el de la máquina que está aplicando la carga.

En una calibración a tensión se rotan los rodillos de acoplamiento hasta cualquiera de las posiciones mencionadas arriba, tomando las mismas precauciones.

#### *Aleatoriedad de las cargas*

En una calibración a tensión y a compresión, se hará una parte de la calibración a compresión, se hace la calibración a tensión y luego se termina la calibración a compresión.

Se introducen las variaciones de cualquier otro factor que normalmente se presenta durante el uso del equipo; por ejemplo al desconectar y conectar los cables eléctricos.

Si se efectúan desconexiones eléctricas se dejará pasar el tiempo suficiente para que se logre el calentamiento adecuado del equipo.

#### *Orden del procedimiento de calibración*

Inmediatamente antes de iniciar la calibración, se precarga el instrumento de medición hasta su máxima capacidad, por lo menos durante 2 minutos

La precarga es necesaria para restablecer el patrón histéresis que tiende a desaparecer durante el periodo de su uso.

Cuando el instrumento es para compresión y tensión, es necesario efectuar un cambio en el modo de carga, como de compresión a tensión y de tensión a compresión.

Algunos instrumentos pueden requerir más de dos precargas para llegar a la estabilidad.

### *Patrón y dispositivos para la calibración de maquinas de ensaye*

#### Ajuste de la Curva Fuerza - Deflexión

Se ha usado el método de mínimos cuadrados, ajustando los datos observados a un polinomio de segundo grado para predecir dentro del límite de incertidumbre, los valores de la deflexión para la fuerza aplicada dentro del rango de carga de instrumento.

$$y = m x + b$$

$$m = \frac{\frac{1}{n} \sum X_i Y_i - \bar{X} \bar{Y}}{S_x^2} ; b = \frac{\sum X_i \sum Y_i - \sum Z_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

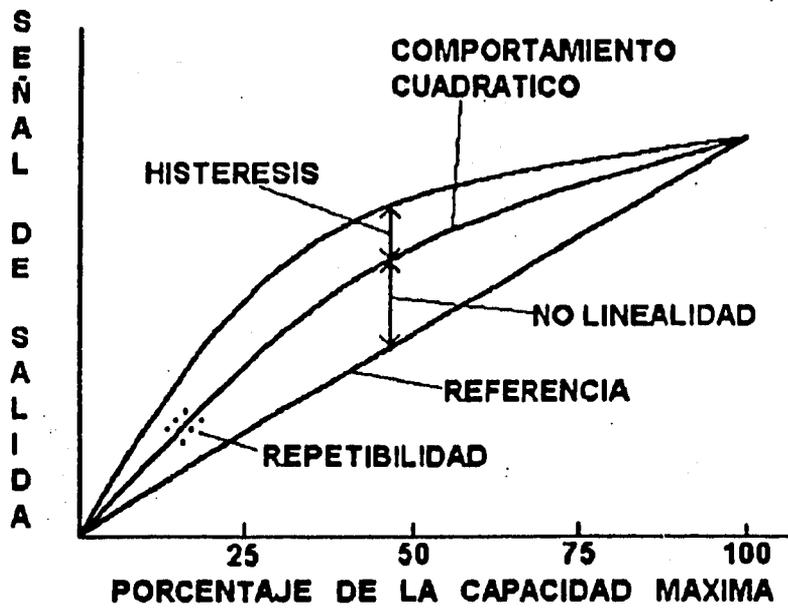
$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum X_i^2 - (\bar{X})^2$$

La ecuación anterior compensa efectivamente la falta de linealidad en la escala completa, permitiendo que ésta aparezca como desviaciones.

El estimado estadístico llamado incertidumbre define el ancho de la banda de estas desviaciones sobre la curva básica.

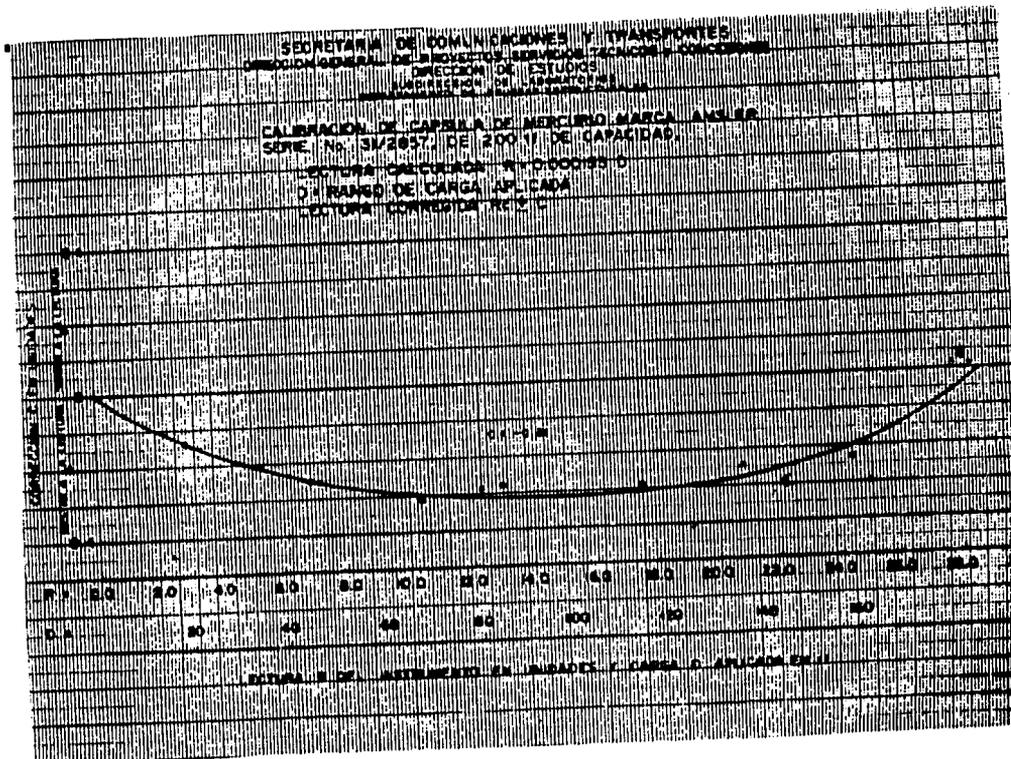
La incertidumbre, es por lo tanto, un estimado de los límites de error aportado por el instrumento, cuando las fuerzas medidas están calculados por medio de la ecuación de calibración.

Los errores reales pueden ser mayores si las fuerzas son aplicadas bajo condiciones de carga y ambiente diferentes de aquellas en las que fue hecha la calibración.



Características en la celda de carga.

Ejemplo de calibración de cápsula de mercurio marca AMSLER.



### *Calibración*

La magnitud de fuerza es una magnitud vectorial es decir, que es necesario definir dos parámetros para su representación:

- \* Valor absoluto y dirección

Aquellas magnitudes que, como la fuerza y velocidad, llevan consigo ambas cualidades valor absoluto y dirección reciben el nombre de magnitudes vectoriales. Otras que, como la densidad quedan determinadas únicamente por su valor se denominan magnitudes escalares. Cualquier magnitud vectorial puede representarse por una flecha, la cual se denomina vector

Cuando una caja es arrastrada o empujada sobre el suelo por una fuerza inclinada, es evidente que la efectividad de la fuerza inclinada, es evidente que la fuerza para mover la caja sobre el suelo depende de la dirección en la cual actúa aquella. Todo mundo sabe, por experiencia, que una fuerza dada es mas efectiva para mover una caja cuanto mas se aproxima la dirección de la fuerza a la horizontal. Es también evidente que si la fuerza se aplica formando un ángulo con la horizontal, produce otro efecto, además del e mover la caja hacia adelante. Esto es, la tracción de la fuerza tiende, en parte, a levantar la caja separándola del suelo, y el empuje esta en parte forzando la caja a apretarse contra el suelo. De este modo llegamos al concepto de componentes de una fuerza; esto es, valores efectivos de una fuerza en direcciones distintas que de la fuerza misma.

### *Fuerza. Leyes de Newton*

La mecánica estática se basa en tres leyes naturales, deducidas por primera vez, de un modo preciso, por Sir. Isaac Newton (1643 - 1727) y publicado en 1686.

#### PRIMERA LEY

Un cuerpo esta en reposo, o moviéndose con velocidad constante sobre una trayectoria rectilínea, la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre el es nula.

Si la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre un cuerpo es nula, se dice que el cuerpo esta en equilibrio.

## SEGUNDA LEY

La aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza resultante ejercida sobre el cuerpo, e inversamente proporcional a la masa del mismo, y tiene la misma dirección y sentido que la fuerza resultante: esto es

$$A \propto F/M \quad \text{o} \quad F \propto MA$$

## TERCERA LEY

Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce siempre sobre el primero otra fuerza de la misma intensidad, pero de sentido opuesto.

## LEY DE HOOK

La deformación que sufre un cuerpo elástico al ejercerle una fuerza, es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza.

Este principio se observa claramente en el comportamiento de un resorte; entre mas se desea estirarlo mas fuerza de tensión se requiere. Es importante mencionar que los patrones de fuerza en base a dispositivos elásticos, están fundamentados básicamente en esta ley.

El patrón primario de fuerza es obtenido fundamentalmente a partir del principio de fuerza es igual a la masa por la aceleración de la gravedad. Combinaciones de brazos de palanca o sistemas hidráulicos de aceite, son utilizados para amplificar la fuerza ejercida por pesos muertos de baja capacidad, con el objeto de contar con patrones de fuerza ejercida por pesos muertos de baja capacidad, con el objeto de contar con patrones de fuerza de alta capacidad a costos razonables. El valor de la fuerza patrón es calculada en Kgf. dado para una aceleración de  $9.80665 \text{ m/s}^2$ , tomando en cuenta correcciones por flotación en el aire de las masas y variaciones de la aceleración gravitatoria.

Dependiendo del tipo de tecnología que se utiliza para fabricar un patrón de fuerza, se pueden tener diferentes alcances de medición y exactitudes.

El funcionamiento de una maquina de pesos muertos consiste básicamente en la aplicación directa de cargas conocidas a través de pesas de masa conocida. Este tipo de patrones son considerados como patrones primario, ya que representan la mas alta calidad metrológica en el área de fuerza, su exactitud llega a ser el mejor al 0.003 % de la carga puntual.

En este tipo de patrones la fuerza se calcula directamente de la definición de la unidad de fuerza:

$$F = MA$$

Para esto se requiere calcular:

- A) La masa real de las pesas con una exactitud mínima del 0.005% de la masa.
- B) La aceleración de la gravedad local donde se instala la máquina de pesos muertos, con exactitud de 0.0001 m/s<sup>2</sup>.
- C) Densidad del aire local y densidad del material de las masas, para realizar las correcciones por flotación en el aire.

Teniendo en cuenta estos tres factores, la fuerza real aplicada se calcula como:

$$F = Mg (1-d/D)$$

donde:

- F = Fuerza real aplicada por las masas de las pesas (N)
- M = Masa real de las pesas (Kg)
- g = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- d = Densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>)
- D = Densidad de las masas (Kg/m<sup>3</sup>)

Las máquinas de pesos muertos tienen la ventaja de poseer una alta calidad metrológica (alta exactitud). Sin embargo, tienen el inconveniente de ser muy costosa su fabricación, ya que se requiere tecnología de alta calidad, una gran cantidad de material y ocupan mucho espacio. Actualmente existen en el mundo máquinas de pesos muertos con alcances de medición hasta 100,000 kgf (1,000,000 N). En México solamente se cuenta con una máquina de pesos muertos certificada como patrón primario Nacional. Esta tiene un alcance de medición de 26,000 N y se encuentra en la gerencia de Ingeniería Experimental y Control de la C.F.E.

Este tipo de máquinas es una variación de las máquinas de pesos muertos, en las que a base de sistemas de palancas multiplican la carga generada por un peso muerto. El cálculo de la fuerza patrón se fundamenta en la teoría de momentos de fuerza en sistema de palancas.

$$F1 \times D1 = F2 \times D2$$

Por lo tanto:

$$F_1 = \frac{F_2 \otimes D_2}{D_1}$$

Donde:

- F1 = Fuerza aplicada amplificada (N)
- F2 = Fuerza del peso muerto (N)
- D2 = Distancia de la palanca del peso muerto al punto de apoyo (m)
- D1 = Distancia de la palanca del punto de aplicación de la fuerza amplificada al punto de apoyo (m).

En este tipo de patrones la exactitud depende, además de la exactitud con que se determina la distancia de los brazos de palanca al punto de apoyo y de problemas de fricción en el punto de apoyo.

La ventaja que presentan este tipo de máquinas es que pueden tenerse altos alcances de medición a un costo razonable, sin embargo, se degrada la exactitud. Estas máquinas llegan a tener alcances de medición hasta de 10,000 kN (1000 tf), con exactitudes puntuales hasta de 0.005 %.

#### *Máquinas patrón hidráulicas*

Las máquinas de tipo hidráulico reproducen la unidad de fuerza mediante un sistema amplificador que consta de un par de pistones hidráulicos de diferentes diámetros. Las pesas colocadas en la base del pistón de la columna de medición, crean una presión en el líquido de trabajo, el cual es enviado por la tubería al pistón de aplicación de fuerza. La fuerza con la que actúa este pistón sobre el dispositivo, es mayor que la carga de las pesas que se colocan en la base de la columna de medición, en tantas veces como sea la relación de las áreas de ambos pistones (Área del pistón de aplicación de carga/área del pistón de la columna de medición).

La fuerza real aplicada se determina mediante un balance de presiones hidráulicas.

$$P_1 = P_2 \qquad P = \frac{F}{A}$$
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \qquad \text{Por lo tanto: } F_1 = F_2 \frac{A_1}{A_2}$$

donde:

$F_1$  = Fuerza amplificada aplicada (N)

$F_2$  = Fuerza aplicada en la columna de medición (N).

$A_1$  = Área del pistón de carga (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = Área del pistón de la columna de medición (m<sup>2</sup>)

La exactitud de estos sistemas depende de la exactitud con que se determina la carga de los pesos muertos colocados en la columna de medición, de la determinación de las áreas efectivas de ambos pistones, y de la fricción que existe entre cada pistón y la pared del cilindro.

NOTA: En ningunos de los sistemas cilindro - pistón se utilizan empaques, ya que los pistones y cilindros están de tal forma adaptados, que la holgura entre ambos es mínima. las superficies cilíndricas durante su funcionamiento se lubrican con el aceite que penetra en las holguras. Para eliminar la fricción mecánica entre el pistón y la camisa, se hacen girar por medio de un motor eléctrico, de esta forma el efecto de fricción pasa a ser insignificante y se considera nulo en comparación a los errores involucrados por las masas y la determinación de las áreas de los pistones.

Estos instrumentos dan una relativa alta exactitud y son muy utilizados como patrones de trabajo, se basan en la utilización de cuerpos elásticos (Que se comportan bajo la Ley de Hooke), los que se deforman en función de la carga que se les aplica. Entre los dispositivos mas comunes se encuentran:

- Anillos de carga
- Cápsulas de mercurio
- Celdas de carga

### ANILLOS DE CARGA

Como su nombre lo indica, este tipo de dispositivos consiste en un anillo fabricado en material metálico elástico, el cual al recibir una carga en su eje central vertical se deforma proporcionalmente a la fuerza aplicada, sufriendo desplazamientos milimétricos en su diámetro, que son medidos mediante un instrumento de lectura localizado en la parte interior del anillo (Micrómetro de Tornillo o de carátula).

Tanto el tamaño como las dimensiones de anillo dependen del alcance de medición, Para un aumento en la capacidad se incrementan las dimensiones y el peso, lo que representa una desventaja. La exactitud del instrumento de medición.

Debido a su principio de fabricación y medición de los anillos de carga, estos son fuertemente afectados por variaciones de la temperatura. Además, se tienen errores por histéresis del material, por variación de ángulo de la línea de carga y por caminos de la calibración con el paso del tiempo.

### CÁPSULAS DE MERCURIO

Originalmente diseñadas en Suiza, estos dispositivos son también llamados cajas de calibración. Estos instrumentos son relativamente ligeros en peso y adecuados para el propósito de medir grandes cargas. La lectura de la fuerza se basa en el método de nulos. El instrumento está formado por una caja cilíndrica, fabricada de material metálico elástico, lleno de mercurio, un nivel de mercurio (Bulbo) y un tornillo micrométrico con aguja. Cuando se aplica una carga, la caja se deforma variando su volumen interior. Este cambio es detectado por el nivel de mercurio, el que se compensa moviendo la aguja del tornillo micrométrico. La variación de la carga es proporcional a la variación del volumen de la caja, el cual es medido con el tornillo micrométrico.

Estos instrumentos son afectados fuertemente por cambios de la temperatura, y se pueden tener errores por histéresis del material, defectos del tornillo micrométrico y cambios en la calibración por el paso del tiempo.

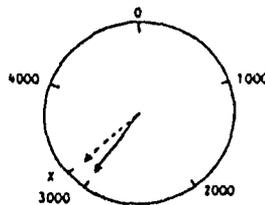
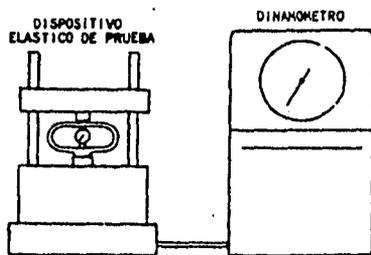
#### *Verificación del funcionamiento de las máquinas de prueba. "calibración"*

Algunos métodos de uso común en la verificación de máquinas de ensaye son:

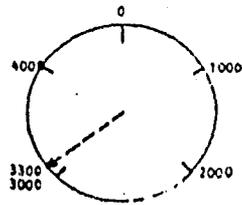
NOM-CH27	NORMA OFICIAL MEXICANA
ASTM-E-4	Estados Unidos de Norte América
BS-1610	Inglesa

En ellos se mencionan los requisitos generales de funcionamiento y exactitud que deben cumplir las máquinas de prueba para su operación.

Existen casos de normas para prueba de productos, que tienen requerimientos diferentes a los establecidos por las "normas de verificación de máquinas de prueba". Por esto, las normas específicas de un producto, pueden establecer requisitos de operación mas o menos estrictos que los de las normas comunes.



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	-



### Calibración.

*Determinación de los "errores" en la aplicación de cargas de las máquinas de prueba.*

El significado que la palabra "error" puede tener, es marcar la diferencia existente entre el valor "real de la carga aplicada y el valor indicado en la carátula, escala o indicador del sistema de medición de la máquina.

Una forma común de mostrar los errores, es expresándolos en "Porcentaje"

Porcentaje de error.

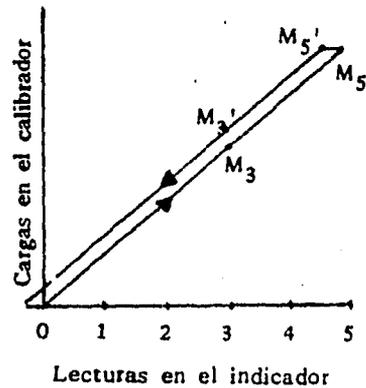
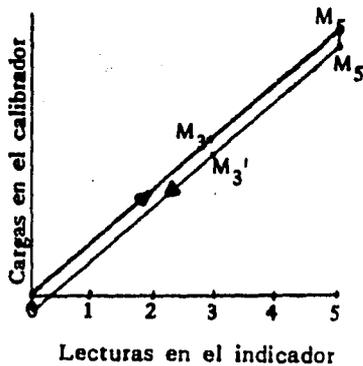
$$\frac{[(\text{Carga indicada por la máquina de prueba} - \text{carga real}) / (\text{carga indicada por la máquina de prueba})] \times 100\%}{}$$

Con el registro de un número especificado de lecturas de verificación o calibración, se puede conocer como se aplican las cargas dentro de un rango verificado, elaborando dos tipos de gráficas.

a) Graficando los valores de las cargas registradas en el dispositivo de calibración, contra los valores registrados en la máquina de prueba.

b) Graficando el error en por ciento para la secuencia de cargas indicadas por la máquina de prueba.

*Gráfica cargas aplicadas / cargas indicadas por una maquina de prueba.*



El trazo de la gráfica correspondiente a los valores registrados al efectuar la calibración "incrementando cargas", normalmente no es coincidente con el de la gráfica de los valores registrando cargas "en orden descendente".

Este tipo de gráficas, en general es poco ilustrativo de las desviaciones que se registran entre la carga "real" aplicada y la indicada por la máquina.

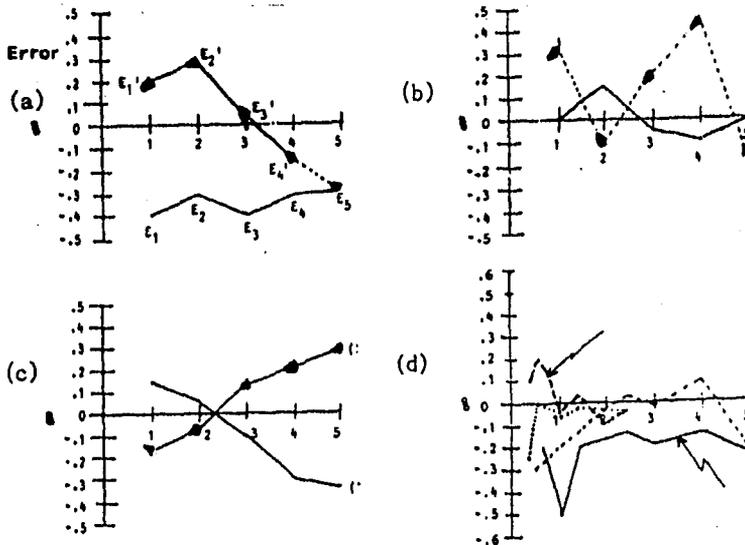
*Gráficas de errores en % / carga indicada por una maquina de prueba.*

Este tipo de gráficas es muy ilustrativo del comportamiento en un determinado rango de cargas.

En (a) se muestra una gráfica que puede generarse cuando la calibrar se registra en incrementos hasta una determinada y de ahí se retorna registrando las cargas en orden descendente.

En (b) y (c) se dan ejemplos de lo que puede presentarse al registrar incrementos hasta una carga determinada de lo que puede presentarse al registrar incrementos hasta una carga determinada, luego excederla y después hacer el registro en orden descendente a partir de la última carga que se midió.

En (d), lo que pasa empleando calibradores de capacidad diferente.



## CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA UNIVERSAL TATE-EMERY.

### *Calibración de la cápsula.*

La cápsula es un sistema sellado que debe contener la cantidad correcta de fluido. Hay tres espacios igualmente abiertos alrededor de la periferia de la cápsula, a través de los cuales los manómetros del alimentador pueden ser insertados para determinar el espesor de la capa del fluido en la cápsula. La cantidad correcta del fluido se indica cuando el promedio de las tres calibraciones está en 0.003 pulgadas del número señalado en la cápsula de su máquina. Cuando se instala por primera vez la máquina, las mediciones de calibración deben chequearse diariamente. Después de la primera semana de trabajo bajo condiciones normales, la calibración debe chequearse semanal o mensual.

### *Goteo de la cápsula.*

La pérdida del fluido se hace evidente por un incremento en la medición de la cápsula, un ligero incremento de fluido en un periodo de tiempo normal. De cualquier modo, si todas las conexiones están herméticamente cerradas y todavía es necesario rellenar la cápsula más de una vez cada tres meses.

### *Llenado de la cápsula.*

Cuando la calibración de la cápsula se incrementa más allá del rango de operación recomendado, debe adicionarse más fluido. Todo el llenado debe hacerse con la máquina no cargada, usando el siguiente procedimiento:

- Llenar el disparador de punto con fluido, teniendo la seguridad de que no tenga burbujas de aire. Juntar el disparador a punto adecuado de la válvula de llenado en la cápsula debiendo asegurarse de que siempre apunte hacia abajo. Esto evita que cualquier cantidad de aire, que este atrapado en el disparador se introduzca al sistema.

Abrir la válvula con la llave de tuercas hexagonal (19/32 pulg.) especial y bombear el fluido hasta que la calibración deseada se alcance. Agregar aceite lentamente cuando la calibración adecuada se aproxime para evitar que se apriete el manómetro de alimentador. Cerrar la válvula firmemente con la llave de tuercas. Si mucho fluido es insertado y la calibración decrece por debajo del límite recomendado, será necesario abrir la válvula de corte y hundir la bola en el extremo del niple hasta que la calibración requerida este segura. Se debe cuidar que la válvula de corte este cerrada para luego confirmar la calibración.

#### *Fluido de la cápsula.*

El fluido usado en la cápsula ha sido cuidadosamente seleccionado por sus propiedades y es recomendado para la mejor operación del sistema.

El fluido con el que actualmente cuenta la máquina es Aceite lubricante Móvil DTE 25 ISO VG 46, recomendándose también el aceite hidráulico ESSO tipo cereso No. 150.

#### *Aire en el sistema de pesar.*

La exactitud del sistema para pesar es afectada por cualquier cantidad de aire que pueda estar en el sistema. Puesto que la cápsula siempre está bajo presión, como resultado de los resortes precargados, la única manera de que el aire entre en el sistema es por un descuidado procedimiento de llenado. De tal manera que, es muy importante tomar cualquier precaución para evitar la entrada del aire en la cápsula, cuando se introduzca aceite adicional. El aire en la cápsula se hace visible cuando la deflexión de la cápsula es más grande que la recomendada. La deflexión de la cápsula es la diferencia entre el promedio de la calibración del alimentador no cargado y de la calibración para una carga de cualquier cantidad dada.

La deflexión para la capacidad de carga no debe exceder de 0.004 pulgadas, para máquinas con capacidad superior a 400,000 libras; 0.006 pulgadas para 600,000 libras y 0.010 para 1'000,000 libras y más. Esta medición de la deflexión de la cápsula siempre debe ser hecha antes de que se realice cualquier calibración de la máquina.

#### IV. ELECCION DEL MODULO DIGITAL.

Para lograr el objetivo de la automatización de la máquina, inicialmente se propuso que fuera un proyecto interdisciplinario, debido a que este trabajo no pudo llevarse a cabo, se recurrió a las siguientes alternativas:

Se visitó la Compañía Harry Mazal la cual dio como solución la conexión de un módulo digital ADR 33-4855 Versión 1.08 cuya descripción se muestra a continuación:

##### *ADR micro digital head* 33-4855 1.08 Y SUPERIORES

Estas instrucciones se refieren al ADR relativo a versión 1.08 de software y mayores.

Los desplegados en pantalla y demás pueden variar en versiones anteriores y posteriores a 1.08.

La cabeza micro digital ADR es un dispositivo microprocesador controlado con utilerías avanzadas para la captura de datos, cálculo y representación de datos.

La unidad se caracteriza por una gran pantalla de cristal líquido de 4 líneas con 20 caracteres por línea diseñada para hacer que el instrumento sea de operación sencilla.

La unidad tiene dos canales de entrada y puede ser usada para diferentes configuraciones. Cada canal de entrada puede ser asignado a uno de los dos modos de ejecución provistos, es decir, compresión y flexión. La unidad muestra la carga en Kn, Lbf o Kgf (seleccionables por el usuario) y debido al diseño del circuito de entrada aceptara datos de transductores con un amplio rango de sensibilidad.

Todos los procedimientos se ejecutan desde los controles del panel frontal usando indicaciones de menús.

Los datos suministrados se almacenan en la memoria de la unidad. esta provista de una utilería para enviar los datos a una impresora a través de los puertos integrado en serie o en paralelo integrados, o directamente a una impresora opcional integrada.

Están disponibles dos modos de operación:

## MODO EJECUCION (RUN) MODO INSTALACION

Cuando se enciende la cabeza digital entra en uno de los modos estándar (compresión o flexión). Todos los procedimientos de ensayos normales se llevan a cabo en uno de estos dos modos. El método de instalación provee acceso y cuando es necesario cambia los diferentes parámetros de medición, una utilería del usuario permite la verificación de la precisión del dispositivo.

Esta máquina puede ser operada a través de un contacto estándar de 13 Amp, si se cuenta con una clavija de 3 pines con fusible de acuerdo con lo que indica la etiqueta.

Generalmente cuando se suministra una unidad fija a la máquina, todas las conexiones ya vienen hechas y por lo tanto ya no se requiere de trabajo adicional.

## OPERACION

Esta selección considera que la unidad ya ha sido instalada y calibrada, esto normalmente se hace antes de que la unidad sea despachada e instalada a la máquina de compresión.

### Pantalla

La pantalla mostrará lo siguiente:

```
MODE 1 COMPRESSION
PACE KN/s +5.0
LOAD KN +0.0
```

Línea 1 - Muestra el modo actual de medición 1 o2, "compresión" o "flexión" respectivamente.

Línea 2 - Muestra la velocidad actual de aplicación de carga.

Línea 3 - Muestra la carga actual.

Línea 4 - Es el indicador del error de la velocidad de aplicación de carga.

### Medición

La unidad tiene dos modos de medición que son configurados cuando se hecha a andar el sistema, para cada modo esta pre-definido lo siguiente:

El canal de entrada del transductor (uno o dos).

El tipo de prueba compresión, flexión o apagado.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El rango de la escala total para el modo es decir, 1000Kn, 1500Kn, 200,000 lbf, etc.

El punto a partir del cual se comenzará a registrar la velocidad de carga.

La siguiente tabla muestra las unidades de medición disponibles (se proveen tres sistemas de unidades) y los otros parámetros usados dentro del modo.

PANTALLA DE CARGA	KN	lbf	kGF
VELOCIDAD DE CARGA	KN/Seg	lbf/seg	Kgf/Seg
DIMENSIONES DE MUESTRA	mm	pulg	cm
ESFUERZO	N/mm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	Kgf/cm <sup>2</sup>

#### Velocidad de aplicación de carga

La velocidad de aplicación de carga esta mostrada en las unidades definidas para el MODO.

NOTA: Cuando la unidad se enciende mostrará el valor que tenía registrada la última vez antes de ser apagada.

#### Carga

La carga se despliega en la unidad para el modo y se actualiza continuamente.

#### Error de velocidad de carga

La velocidad de error de carga consiste de dos componente: dos flechas, que indican si el error se esta incrementando o disminuyendo y los signos positivo y negativo que indican la magnitud y signo del error.

><  
PACING CORRECT AS SET

>>+++  
PACING ABOVE SET VALUE  
AND ERROR INCREASING

---<<  
PACING BELOW SET VALUE  
AND ERROR DECREASING,

NOTA: Cada signo positivo o negativo representa un décimo de la banda de error, así si la banda se error es 5%, cada división es 0.5%.

## DESCRIPCION Y CONTROLES DEL PANEL FRONTAL



El panel frontal tiene tres elementos principales:

Pantalla de cristal liquido - 4 renglones x 20 caracteres.

Teclado con 16 teclas.

Juego de 7 teclas de funciones.

Pantalla de cristal liquido.

La pantalla de 4 renglones de 20 caracteres es de una alta calidad. Pantalla con ángulo de visión y luz de fondo, el contraste y la luz de fondo son ajustables.

Teclado

El teclado con 16 teclas se usa para suministrar los datos de entrada y la selección de opciones, dependiendo de la función que se desea aplicar tiene 10 teclas numéricas (0 al 9), un punto decimal y 5 teclas de acción (flecha izquierda, flecha derecha, clr, ent y exit).

### Tecla de funciones

Seis de las siete teclas de funciones, localizadas directamente debajo de la pantalla se usan para llevar a cabo las funciones normales de la unidad, estas son:

**TECLA " ZERO "** Usada para cancelar cualquier carga residual antes que se cargue una muestra, la tecla "ZERO" también limpia la carga máxima y los valores de esfuerzos de la prueba anterior, para evitar ña operación accidental, la tecla únicamente se activa cuando la carga esta por debajo del límite del cero predefinido.

**TECLA " MOD "** Cambia los modos de la unidad, no ocurrirá cambio alguno si la carga en el modo esta por debajo del límite del cero predefinido.

**TECLA " PASO 2 "** Para cambiar la velocidad de aplicación de carga.

**TECLA " SIZE "** Permite el suministro del tipo y tamaño de la muestra, los valores que son usados en los cálculos de esfuerzos excepto cuando se selecciona la viga (sin esfuerzo tal como se calcula para vigas)

**NOTA:** Los valores suministrados se conservan cuando la unidad se apaga y son restaurados de nuevo cuando la unidad se enciende.

**TECLA " PRINT "** Esta tecla se usa para desplegar la carga máxima después de la falla de la muestra y de calculado el esfuerzo. Si se cuenta con la impresora de cinta (opcional) o se conecta una impresora externa, se puede obtener una impresión de los resultados de la prueba.

**TECLA LCD** Controla la luz de fondo de la LCD. (Encendida o apagada.

**TECLA CAL** La séptima tecla CAL controla el acceso a los modos de instalación.

### LOS MODOS DE INSTALCION

Los modos de instalación se usan para:

Definir la configuración de operación

Verificar el sistema

Calibrar y verificar el sistema (No hay acceso para el usuario)

Existen seis menús para escoger usando las teclas < << / >> >, estas son:

MODO DEFINICION  
MODO VERIFICACION  
PARAMETROS DEL SISTEMA  
PRUEBA Y CALIBRACION  
DESPLEGAR NUMERO DE VERSION  
REGRESAR AL MODO "run"

Los campos de todas las opciones son:

**DISPLAY (PANTALLA)** Selecciona las unidades que se usan cuando el sistema esta en el modo normal de medición; estas pueden ser KN, lbf o Kgf.

**LOAD POINT**  
(PUNTO DE CARGA) Identifica el punto en el cual empieza la velocidad de aplicación de carga (en las unidades seleccionadas)

**ZERO LEVEL (NIVEL CERO)** Identifica el limite (Desplegado en unidades) sobre el cual el modo/cero no puede re-ajustarse.

**RANGE (RANGO)** Carga a escala total para la configuración de la máquina.

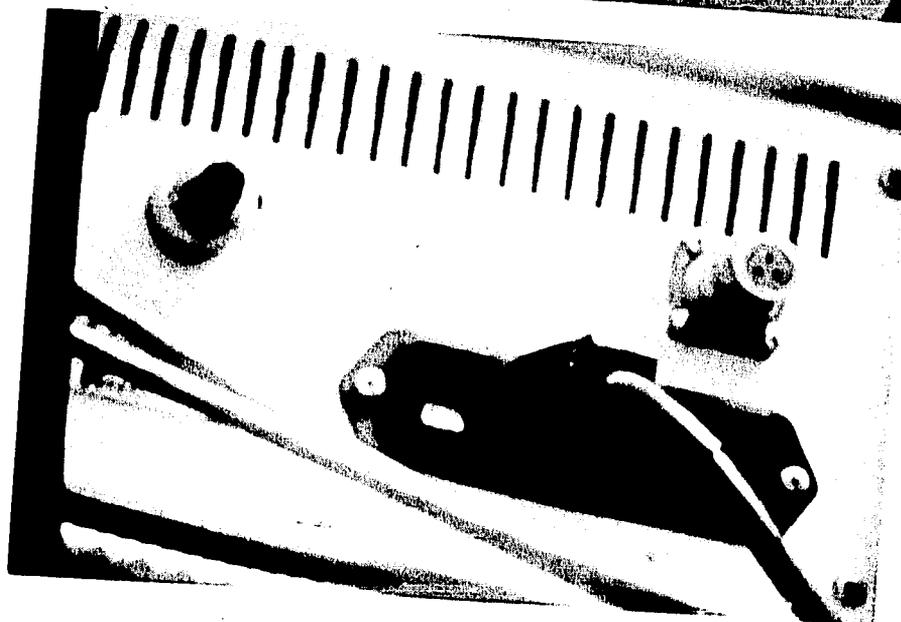
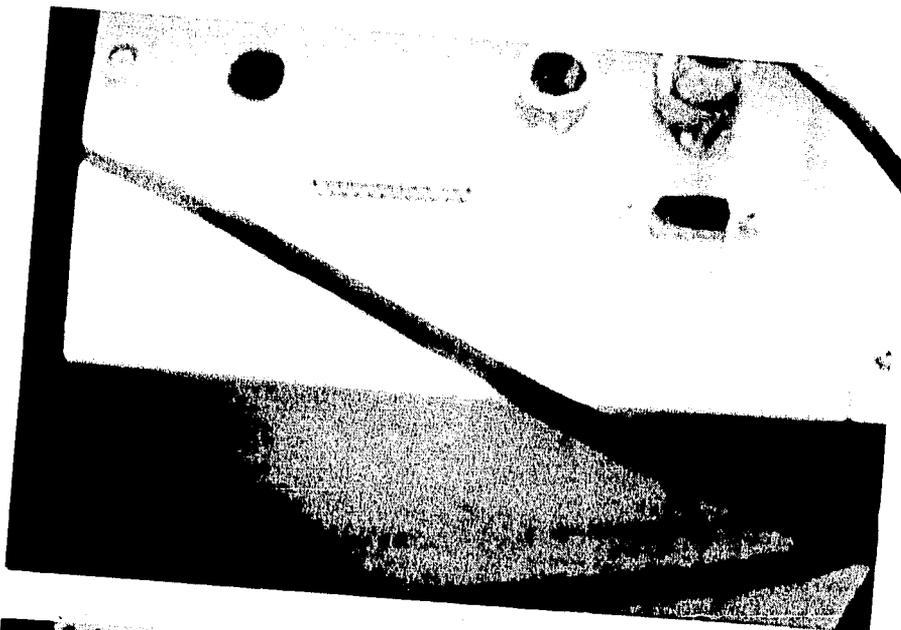
#### DESCRIPCION DEL PANEL TRASERO.

El panel trasero tiene el interruptor, el fusible y el selector de voltaje, las dos entradas del transductor y los puertos paralelos y en serie.

#### Conexiones del transductor

Los transductores están unidos mediante dos conectores de cierre DIN de 5 vías. Las conexiones de los pines son:

La unidad tiene una interfase estándar tipo Centronics y acepta cualquier impresora compatible. La salida es a través de un socket estándar "D" de 25 vías.



PANEL TRASERO.

## COMPUTADORES PERSONALES

Los datos se pueden recuperar del ADR y enviar a cualquier PC que use comunicación en serie o paralelo.

El programa siguiente escrito en Basic recuperará los datos, los presentará en el VDU y permitirá que la información se almacene en un archivo con nombre seleccionado por el usuario.

```
10 INPUT "FILENAME FOR DATA:", F$
20 OPEN F$ FOR APPEND AS # 1
30 OPEN "COM1: 9600, N, 8, 1" FOR INPUT AS # 2
40 PRINT "HIT A KEY TO ABORT DOWNLOAD"
50 PRINT
60 WHILE INKEY$ = ""
70     IF LOC(1) = 0 THEN GOTO 110
80     C$ = INPUT$(LOC(2), # 2)
90     PRINT C$
100    PRINT #1, C$;
110WEND
120CLOSE
130PRINT "ABORTED"
140END
NOTAS:
```

1.- La línea 30 puede necesitar cambio dependiendo de los parámetros de comunicación que se usen.

2.- En los modos de los parámetros del sistema ADR, las funciones del puerto en serie incluirá el CR-LF.

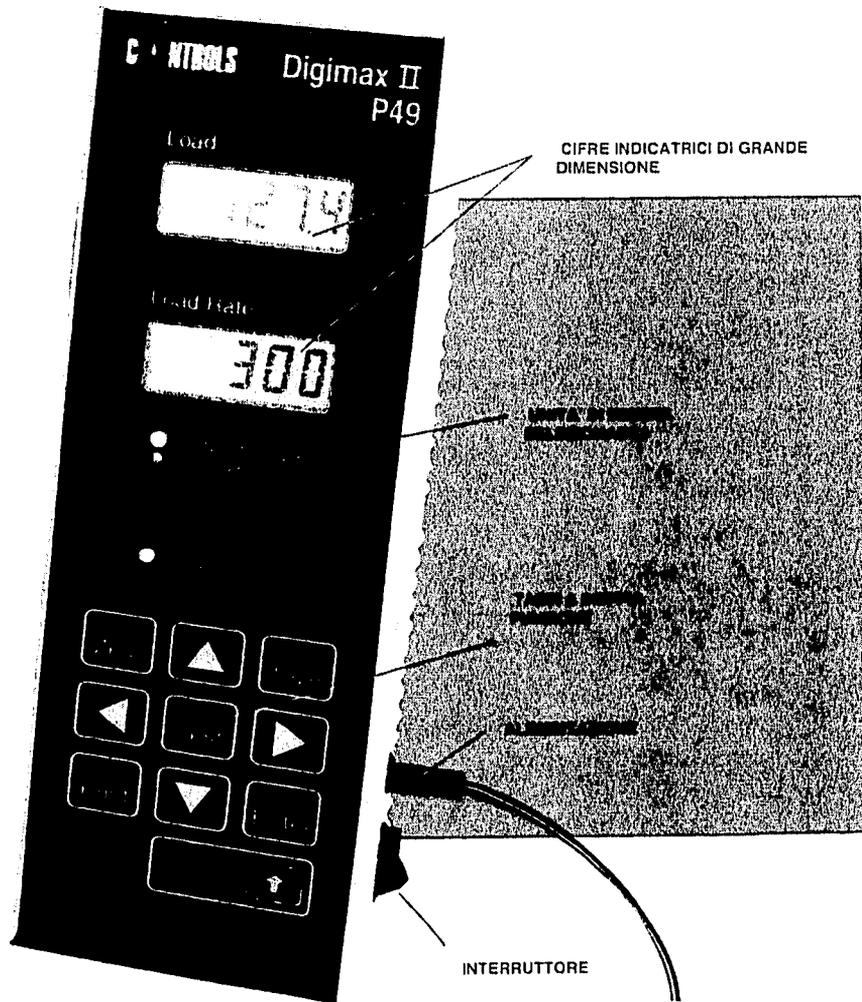
3.- Los datos almacenados en el disco pueden ser enviados a una impresora usando el comando copy "Nombre del archivo" LPT1. (Considerando que hay una impresora compatible conectada a LPT1 (puerto paralelo) de la PC).

La segunda alternativa semejante a la anterior la ofreció la Compañía Controls.

Se trata de un Digimax II P49 (Microprocesador digital).

La descripción es muy semejante al del ADR ya que cumple con las mismas funciones.

Cambiando únicamente en su presentación:



Microprocesador digital digimax II.

Dado que la finalidad de este proyecto es que la máquina universal se maneje por medio de una computadora, las dos alternativas anteriores quedaban aún muy limitadas en cuanto a sus alcances, por ello se siguió buscando la que nos permitieran obtener mayores resultados y se encontró que la mejor opción era:

Instalar un procesador con lectura de incremento de carga, registro de carga pico, lectura de carga aplicada e indicación de carga específica kg/cm<sup>2</sup>.

Para ello era necesario conectar un transductor de hilo para recorrido y uno de presión, lo que permitiría la intercomunicación entre la máquina y el procesador, llevando finalmente la información a un software donde generaría los resultados requeridos, los cuales eran: Carga máxima y esfuerzo (quedando con ello muy lejos todavía de alcanzar el objetivo).

### **Cotización.**

Modernización de Máquina de Ensayos Universales marca **BALDWIN**, modelo 57 serie 0402633 capacidad 200 toneladas., analógica.

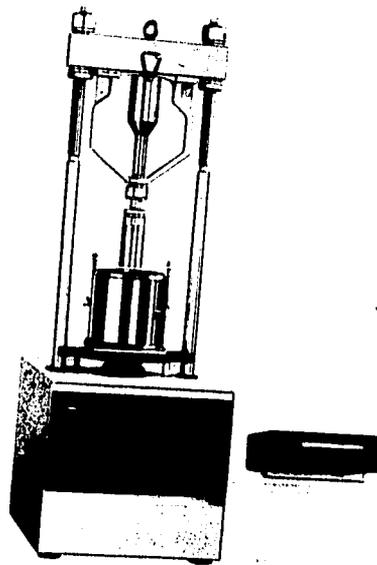
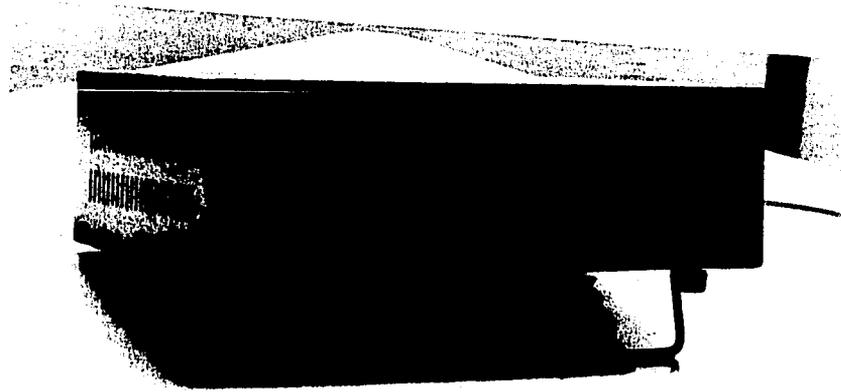
#### **OPCIÓN 1**

84-P52/LP	Datamatic con procesador integrado, pantalla de cristal líquido (LCD) de 20 caracteres alfanuméricos y 2 canales para lectura de carga (T) y recorrido (MM).	\$3,525.00
-----------	--	------------

#### **FUNCIONES**

Programa de calibración.  
 Lectura del incremento de la carga.  
 Registro de carga pico.  
 Memoria permanente de 32 Kb.  
 Memoria temporal 32 Kb Ram.  
 Frecuencia de operación 12 Mhz.  
 Puerto serial RS-232 para salida a impresora.  
 Puerto serial RS-232 para expansión.  
 Cero automático.  
 Lectura de carga aplicada.  
 Indicación de carga específica kg/cm<sup>2</sup>  
 Dimensiones 80 x 260 x 200 mm.  
 Peso 5 kg.

84-P330/H	Transductor de hilo para recorrido de 400 mm.	\$1,231.00
84-P354	Transductor de presión de 0, a 350 Bar.	\$ 571.50
84-P52/LP u 84-P53/LLP	Software para Datamatic.	\$1,170.00
	Instalación y puesta en marcha.	\$1,170.00



Microprocesador de sistema universal.

La siguiente opción era también un procesador integrado pero con tres canales para carga, recorrido y deformación, al cual debía conectarse un transductor de presión, uno de carga y recorrido y cinco más para medir la deformación coaxial (extensómetro) para medirla de acuerdo al tipo de probeta que se sometiera a prueba, estos también servirían para enviar la información al software y así obtener resultados ya graficados de esfuerzo deformación.

Esta opción se acercaba más a lo que se quería lograr, sin embargo el hecho de instalar un transductor para cada tipo de probeta elevaba el costo en demasía.

**Cotización.**

84-P53/LLP	Datamatic, ídem con tres canales para carga, recorrido y deformación.	\$4,050.00
84-P354	Transductor de presión de 0 a 350 Bar.	\$ 571.50
84-P330/H	Transductor de carga y recorrido.	\$1,231.00
*70-C961/A	Transductor de deformación coaxial (Extensómetro) para probetas de 5 a 13 mm. de diámetro.	
*70-C961/B	Transductor de deformación coaxial (Extensómetro) para probetas de 12 a 19 mm. de diámetro.	\$1,425.00
*70-C961/C	Transductor de deformación coaxial (Extensómetro) para probetas de 19 a 25 mm. de diámetro.	\$1,710.00
*70-C961/D	Transductor de deformación coaxial (Extensómetro) para probetas de 25 a 35 mm. de diámetro.	\$1,905.00
*70-C961/E	Transductor de deformación coaxial (Extensómetro) para probetas de 32 a 41 mm. de diámetro.	\$2,025.00
	<b>*Elegir transductores de acuerdo al diámetro de las probetas a ensayar.</b>	
84-P52/LP u 84-P53/LLP	Software para Datamatic.	\$1,170.00
	Instalación y puesta en marcha.	\$1,170.00

Los precios son en Dólares más el 15% de I.V.A.  
 El software ofertado tiene como funciones la toma de datos y gráficas.  
 El equipo tiene garantía de un año.  
 Tiempo de entrega 45-60 días.  
 Forma de pago, 60% pedido y 40% contra entrega y puesta en marcha.  
 Tiempo de instalación, una semana.

Esta alternativa trato de mejorarse incluyendo programa para ensaye automático de varillas de acero y programa para ensaye de cilindros de concreto obteniendo la siguiente cotización.

**Cotización.**

**Modernización de máquinas universales**

Opción. Con control automático de la velocidad de aplicación de carga.

- Módulo de intercomunicación entre la máquina y la computadora modelo MPC-3 (completo con software de aplicación, conexiones etc. según descripción adjunta).	\$ 5,996.00
- 84-P354 Transductor de presión de 0 a 350 Bar para canal de fuerza	\$ 571.50
- 84-P330/H Transductor de hilo para recorrido de 300 mm.	\$ 1,231.00
- 70-C961/A Transductor de deformación coaxial (extensómetro) para probetas de 5 a 13 mm. de diámetro.	\$ 2,085.00
- 70-C961/B Transductor de deformación coaxial (extensómetro) para probetas de 12 a 19 mm. de diámetro.	\$ 1,425.00
- 70-C961/C Transductor de deformación coaxial (extensómetro) para probetas de 19 a 25 mm. de diámetro.	\$ 1,710.00
- 70-C961/D Transductor de deformación coaxial (extensómetro) para probetas de 25 a 35 mm. de diámetro.	\$ 1,905.00
- 70-C961/E Transductor de deformación coaxial (extensómetro) para probetas de 32 a 41 mm. de diámetro.	\$ 2,025.00
- Electroválvula para control de flujo de aceite hidráulico.	\$ 1,500.00

- Programa para ensaye automático de varillas de acero según descripción adjunta.	\$ 1,889.00
- Programa para ensaye automático de cilindros de concreto según descripción adjunta.	\$ 1,570.00
- Instalación y puesta en marcha	\$ 1,170.00

Los precios son en dólares más el 15 % de IVA

El equipo tiene garantía de un año.

Tiempo de entrega, 90 días.

Forma de pago, 60 % pedido y 40 % contra entrega y puesta en marcha.

Tiempo de instalación, una semana.

Finalmente se encontró con la alternativa que cubría el objetivo del proyecto, que es el de manejar la máquina por medio de la computadora. Para ello se requiere de la instalación de un sistema de adquisición de datos y control automático de la velocidad de aplicación de carga y software de aplicación.

También se requerirá de la adaptación de un transductor de presión, transductor de hilo para recorrido, una electroválvula para control de flujo de aceite hidráulico, esto con el fin de enviar los valores de las pruebas registrados a la computadora que tiene un programa para ensaye automático de acero.

**Cotización de empresa Controls.**

TEL. Y FAX. 524 - 88 - 27  
524 - 69 - 27



EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE ENSAYE  
PARA LA INGENIERIA CIVIL

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A. DE C.V. Patricia Sanz 173B - Col. Del Valle - 03100 México, D.F.

México D. F. a 6 de agosto de 1996.

**E.N.E.P. ARAGÓN**  
Av. Rancho Seco s/n  
Cd. Nezahualcoyotl, Edo. de México.  
At'n. Ing. Ángeles Sánchez.

Modernización de máquinas universales con control automático de la velocidad de aplicación de carga.

Cantidad	Descripción	
1	- Sistema de adquisición de datos y control automático de la velocidad de aplicación de carga modelo MPC-2 completo con software de aplicación, conexión a computadora, Impresora a color de resultados, según descripción Técnica adjunta, no incluye P.C.	\$ 6,637.00 USD
1	- 84-P354 Transductor de presión de 0 a 350 Bar para canal de fuerza	\$ 571.50 USD
1	- 84-P330/H Transductor de hilo para recorrido de 300 mm.	\$ 1,231.00 USD
1	- Electroválvula para control de flujo de aceite hidráulico.	\$ 1,500.00 USD
1	- Programa para ensaye automático de varillas de acero según descripción adjunta.	\$ 1,889.00 USD

Los precios son en Dólares americanos L.A.B. México.  
No incluye el 15% de I.V.A.  
El equipo tiene garantía de un año.  
Tiempo de entrega, 45 días.  
Forma de pago, 60 % pedido y 40 % contra entrega y puesta en marcha.  
Tiempo de instalación aproximado, una semana.

ATENTAMENTE

Ing. Miguel A. Galván Mateos.

**Cotización con la misma descripción de laboratorios LIAC, S.A. de C.V.**



**LABORATORIOS LIAC, S.A. DE C.V.**

MULTIPLATA NO. 48 03010 MÉXICO, D.F. TEL. 545 3810 ALY CP 060 00 01 FAX 545 3810

México, D. F., agosto 2 de 1996.

E.N.E.P. ARACÓN  
Av. Rancho seco s/n.  
Col. Impulsora.  
Nezahualcoyotl, Edo. De México.  
Ma. De los Angeles Sánchez C.

Adaptación y modernización de una máquina universal marca  
Baldwin sin número de serie, capacidad de 200 toneladas.  
Precio \$15,377.05 Dlls.

Incluye:

- Software de adquisición de datos
- Programa para ensayar varillas de acero
- Válvula controladora de flujo de aceite
- Sensor transductor de presión
- Sensor transductor de recorrido

Instalación y puesta en marcha \$1,200.00 Dlls.

CONDICIONES DE PAGO

60 % de anticipo, 40 % a la entrega.  
Entrega del equipo, 75 días naturales.  
Instalación de los equipos, curso de capacitación, 20  
días.

ATENTAMENTE



Ing. Alfonso Marroquí

MIEMBRO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORADORES INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C.

**Cotización de Verificación y Control, S.A.**



**VERIFICACION Y CONTROL, S.A.**

Texas 30-8 Col Nápoles 03610 México, D.F. Tels. 523 2199, 682 7821, 682 7965 FAX: 687 8447

México, D. F., julio 18 de 1996.

**E.N.E.P. ARAGÓN**  
Av. Rancho seco s/n.  
Col. Impulsora.  
Nezahualcoyotl, Edo. De México.  
Ma. De los Angeles Sánchez C.

Automatización de la maquina universal de pruebas Baldwin Tate-Emery controlando la aplicación de la carga, con la siguiente descripción:

1. Transductores de presión para canal de fuerza y para recorrido. 2,100.00 dlrs.
2. Electroválvula para control de flujo de aceite. 1,750.00 dlrs.
3. Modulo de comunicación con software de adquisición de datos y programa para ensaye de especímenes de acero (no incluye P.C. ni impresora). 7,650.00 Dils.
4. Instalación, capacitación y puesta en marcha. 1,000.00 Dils.

**CONDICIONES COMERCIALES:**

50 % de anticipo, 50 % contra entrega.

Tiempo de entrega, 60 días.

Capacitación y puesta en marcha, 15 días.

**ATENTAMENTE**

**C.P. Rodolfo Espitia.**

Por lo que finalmente se optó por la alternativa propuesta por la empresa Controls.

## V. INSTALACION Y OPERACION DEL PROGRAMA PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS.

### DESCRIPCION GENERAL

El módulo de control PACAM/MPC es un equipo electrónico controlado por microprocesador que efectúa el servocontrol de una máquina de ensayos en lazo cerrado de forma digital, a través de una computadora personal, pudiendo utilizarse opcionalmente con un frontal provisto de displays de indicación y pulsadores de mando.

La elevada velocidad de trabajo del equipo, le permite efectuar un control muy preciso del actuador de la máquina de ensayos y su filtrado digital permite mantener una elevada resolución y estabilidad en las indicaciones de las variables de lectura.

Este módulo, es capaz de controlar tanto por fuerza como por posición y admite un máximo de cuatro canales de entrada analógicos y un canal de entrada digital. La selección del número de canales se efectúa durante la fabricación del módulo dependiendo de la cantidad de sensores de que disponga la máquina de ensayos a la cual vaya a ser conectado. Por ejemplo, una máquina destinada a ensayos de concreto si se desea medir el módulo elástico necesitará un extensómetro y por tanto dos canales, uno para fuerza y otro para deformación e incluso tres canales, si se necesita conocer también la deformación por Poisson. En el caso de una máquina para ensayos de aceros, necesitará dos canales si no dispone de extensómetro de pinzar o de tres canales si dispone de el.

Los canales analógicos se utilizan para:

El primer canal: medida de la fuerza generada en la máquina de ensayos.

El segundo canal: medida de la posición del actuador.

El tercer canal: la medida de deformación con extensómetros de pinzar.

El cuarto canal: puede utilizarse para una segunda medida de deformación o para cualquier otra variable auxiliar que se desee medir durante los ensayos, como por ejemplo un extensómetro de deformación transversal, o la temperatura de la cámara de ensayos.

La resolución interna de lectura en el convertidor analógico digital del módulo es de 24 bits que permite discernir más de 16 millones de puntos y se utiliza filtrado digital para aumentar la estabilidad de las lecturas.

El canal de entrada digital, permite utilizar medidores de posición por impulsos con una resolución de 32 bits que representa uno 4 300 millones de impulsos. Esto se traduce en la posibilidad de utilizar captadores de impulsos rotativos de elevado número de impulsos por vuelta para una mayor precisión de medida y control e incluso reglas ópticas para el control de posición en el supuesto de ser necesaria una muy alta precisión.

Los cuatro canales de entrada analógica disponen de acondicionador de entrada para sensores de bajo nivel como por ejemplo: células de carga, transductores de presión, LVDT, bandas extensométricas, etc. Los acondicionadores de entrada son del tipo de excitación alterna para una baja deriva y alta estabilidad, estando provistos de un filtro activo a la salida de cada uno de ellos para reducir al máximo el zumbido de red que pudieran captar los cables de conexión a los transductores. Estos acondicionadores, disponen de los necesarios ajustes internos para desplazar el cero de la medida y ajustar la amplificación a la sensibilidad del transductor.

La indicación de cada uno de los canales de entrada dispone de un pulsador de cero que permite llevar a cero la medida de ese canal en cualquier momento, así como de un pulsador de memoria que permite almacenar el valor máximo (o mínimo), de las lecturas alcanzadas por ese canal.

La resolución máxima presentable de medida es de seis cifras, siendo la usual de cinco cifras significativas. Los fondos de escala de cada canal utilizado pueden definirse independientemente en función del transductor que tengan conectado, así como las unidades físicas de medida correspondientes.

La calibración del equipo puede hacerse digitalmente una vez se ha aproximado la medida con los ajustes analógicos, pudiendo incorporar una corrección de linealidad para aumentar la precisión general en todo el rango de medida.

El módulo dispone de salidas analógicas para los canales de entrada de forma que pueda utilizarse un registrador gráfico analógico externo. Estas salidas analógicas son del tipo inteligente, es decir, siguen a la presentación correspondiente, de tal modo que si el canal que representan es puesto a cero, mediante el correspondiente botón, la salida analógica de ese canal se sitúa asimismo en cero. Existen dos salidas analógicas, una de ellas correspondiente siempre a fuerza y la otra asignable a cualquiera de los otros tres canales analógicos o al canal digital (generalmente aquel que represente la medida de posición o deformación).

Se dispone también de una salida de mando por medio de los contactos de un relé, que permite controlar la marcha y parada del motor principal de la máquina de ensayos (motor del grupo hidráulico). Esta salida, se controla directamente mediante los correspondientes botones de marcha y para de grupo, pudiendo además, detenerse de forma automática el motor en el momento de rotura de la probeta sometida a ensayo.

La salida de mando del servocontrol puede actuar directamente sobre servoválvulas tanto de baja como de alta corriente (hasta 3A), así como sobre fuentes de control de motor. Esta salida dispone de ajustes independientes para las constantes características del lazo de servocontrol sobre las dos variables (fuerza y posición) sobre las que es posible controlar. En cada caso puede controlarse por separado la constante de proporcionalidad, la constante integral y la constante diferencial del lazo P.I.D. del lazo de servocontrol.

El módulo de control MPC se entrega con un mando a distancia por cable formado por una caja con pulsadores mecánicos para la subida y bajada rápida y lenta del actuador, marcha y parada del ensayo. Esta caja se encuentra dotada de un dispositivo de fijación por adherencia magnética que permite sujetarla a las columnas o a cualquier otra parte metálica del bastidor de la máquina de ensayos.

El equipo está montado en una caja metálica de reducidas dimensiones que puede colocarse tanto internamente como externamente al bastidor de la máquina de ensayos, ya que la caja no presenta indicadores que deban ser visualizados.

Todo el control y la visualización necesarios, se realizan a través de la pantalla de una computadora personal trabajando el programa de interface bajo el entorno Windows o Windows-95. La computadora personal necesaria para este cometido debe cumplir los requisitos mínimos que exige Windows, por lo que en general, deberá ser un tipo 486 o Pentium con 8 Mb de Ram, y, disponer de monitor color VGA o super VGA.

Este módulo es compatible con todos los programas PACAM para ensayos específicos bajo norma, como por ejemplo el de aceros (ADTR-1/RGTR-1), de Marshall (MRSH-1/MSER-1), de CBR (CBR-1), de concretos (AH-1/RH-1) etc, que pueden ser opcionalmente utilizados para la realización automática de los citados ensayos.

La unión entre la computadora personal y el modulo MPC la constituye un cable de interface RS-232-C, por lo que la computadora personal de control puede estar situada en donde mejor convenga desde el bastidor de la máquina de ensayos hasta una mesa situada en las inmediaciones de la máquina de ensayos.

El módulo dispone de una serie de conectores para la unión con los transductores y las salidas analógicas y de servocontrol, más una entrada de red protegida con su correspondiente fusible y filtro de red disponiendo también de un cambio de tensiones interno, para poder operar con redes de 110 o 220 V a 50 o 60 Hz.

El módulo de control PACAM/MPC, se entrega montado en una caja metálica de 19" de ancho normalizado por 88 milímetro de alto y un fondo de 255 milímetros, provista de asas laterales; en cuyo frontal se encuentran situados todos los conectores. En la parte izquierda, se halla la conexión a la red dotada de su interruptor y fusible, junto a la conexión del interface RS-232-C para la computadora y unos diodos led de indicación que muestran continuamente el estado de las líneas de comunicación con la computadora.

En la parte central del frontal del módulo, se hallan situados los conectores circulares de los transductores y salida analógica, salida de servocontrol y mando de motor.

Los accesorios entregados originalmente con el módulo de control MPC son los siguientes:

- cable de red normalizado.
- un conector aéreo para cada uno de los conectores de entrada y salida.
- un cable RS-232-C de cinco metros de largo.
- una bolsa con tres fusibles de repuesto (dos mas se encuentran en el portafusibles del módulo).
- el manual de uso de los programas y documentación técnica del módulo MPC.
- dos disquetes, uno conteniendo el programa de configuración y calibración, y otro con el programa general de control y visualización (frontal simulado sobre las computadoras).
- una bolsa conteniendo un juego de resistencias de precisión por cada canal de entrada para poder seleccionarla amplificación de los acondicionadores de entrada en función de la sensibilidad del transductor utilizado.
- mando a distancia por cable (longitud tres metros).

## DESCRIPCION DEL PROGRAMA DE PRESENTACION, CONTROL E INTERFACE SOBRE COMPUTADORA PERSONAL.

El programa FRM-1 de visualización y control del módulo opera bajo el entorno Windows y presenta en la pantalla de la computadora un cuadro completo del estado del módulo junto con los adecuados botones y selectores para el funcionamiento del módulo de control de modo similar a como se operaría un módulo que dispusiera de displays y pulsadores en su frontal. Este programa varía ligeramente en función del número de canales de que disponga el módulo, fundamentalmente en el número de displays de lectura presentados así como el de sus botones de cero y memoria asociados. El display de fuerza dispone además de las funciones de cero y memoria comunes a los otros displays de la selección de unidades físicas en que se desea la indicación pudiendo ser estas internacionales o métricas (N, kN, Kg,t), y si se indica la sección de la probeta utilizada, puede presentar las lecturas en unidades de presión o tensión (según se trate de una máquina de compresión o de tracción), como por ejemplo, Kg/mm<sup>2</sup>, Kg/cm<sup>2</sup>, N/mm<sup>2</sup>.

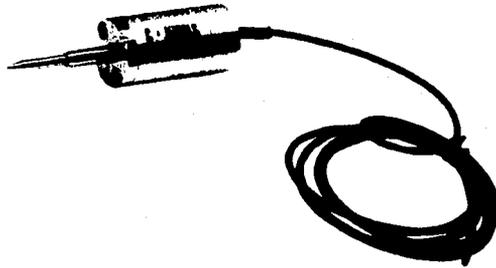
En caso de un solo canal, como por ejemplo máquinas para ensayos de concretos, un solo display para la fuerza; en el caso de máquinas con dos canales como por ejemplo las máquinas de ensayos de aceros dos displays, y así sucesivamente. El aspecto general de la ventana principal de la aplicación es el mostrado en la ilustración 1 en donde puede verse en la parte izquierda estos displays de indicación (correspondencia a una máquina de dos canales), en la parte derecha los controles de la rampa como velocidad (por fuerza y por recorrido), selección de la variable de control, límites de parada por alarma, marcha trascendente y descendente) y parada de la rampa, y control de movimiento rápido de movimiento rápido del actuador junto a marcha y parada del grupo hidráulico o grupo moto-reductor.

El manejo del programa resulta muy sencillo e intuitivo, ya que cada uno de los botones resulta explicativo por sí mismo y su modo de operación resulta concordante con el de cualquier aplicación Windows, no siendo necesario un ciclo de aprendizaje complejo para llegar a dominar el funcionamiento general del equipo.

El programa FRM-1 se gestiona al igual que cualquier otra aplicación de Windows haciendo uso intensivo del ratón (mouse, si bien se puede también acceder a los diferentes controles presentes en pantalla mediante la tecla de tabulador y la barra espaciadora para hacer "click".

El proceso de instalación del programa en el disco duro de la computadora que va a controlar la máquina de ensayos, está simplificado al máximo, ya que dispone de su propio programa de instalación automática (setup).

## TRANSDUCTORES DE INTERCOMUNICACION



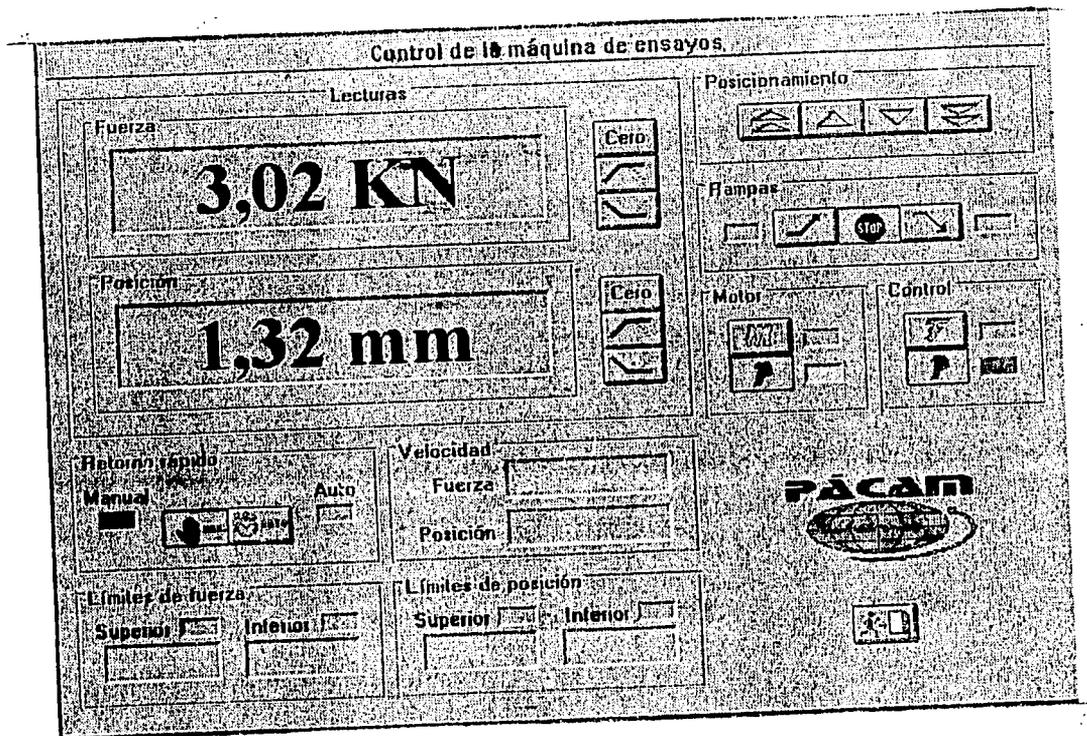


FIGURA 1.

**DESCRIPCION DEL PROGRAMA DE CONFIGURACION Y CALIBRACION PARA EL MODULO MPC**

El programa CMOC-1 permite configurar el módulo de control MPC y adaptarle a la máquina de ensayo y ajustar las escalas de presentación en los displays a los valores reales medidos, así como realizar la calibración digital de estas medidas.

El programa está organizado de forma que permite un control completo de las presentaciones en los displays desde la selección de fondo de escala, la puesta a cero inicial, la inversión de polaridad por si la medida se presenta en signo inverso, las unidades físicas de lectura, el canal por el que se realiza la medida y los factores de calibración y de linealización de la medida si así se desea.

También permite el ajuste de la medida del canal digital por impulsos mediante la relación de impulsos por milímetro.

En cuanto a la selección de tipo de máquina, permite configurar el programa de control FRM-1 y el módulo de control MPC para ajustarse a las características concretas de la máquina de ensayos, pudiendo elegir entre otros el tipo de actuador (simple o doble efecto), el tipo de grupo de potencia de la máquina (hidráulico o electromecánico), las velocidades máximas y mínimas alcanzables en control tanto por fuerza como por recorrido, los límites finales de fuerza y posición, etc.

Todas las selecciones realizadas se almacenan en el disco duro de la computadora, en un archivo de configuración, así como en una memoria no volátil del módulo de control MPC, ya que el módulo de control debe mantener controlada la máquina de ensayos aún cuando la computadora se encuentre realizando los test iniciales o el lanzamiento del Windows o incluso del programa de control, o bien, se halle ejecutando otros programas del usuario.

En la ilustración 2, pueden verse el aspecto general de este programa de configuración.

Para efectuar la calibración digital de los sensores no es necesario abrir el módulo y ajustar internamente, ya que, basta con el ajuste que se realizará inicialmente durante la instalación del equipo. En las calibraciones periódicas, el ajuste exacto de la medida se lleva a cabo mediante la aplicación continua a las lecturas realizadas de una ecuación de calibración que se determina de forma automática mediante la toma de lecturas en varios puntos de la escala de auxilio de un equipo externo de contraste (célula y puente patrón calibrados).

FIGURA 2:

Calibración del canal 1. ( $y = kx + c$ )	
<b>Lecturas de cálculo</b>	<b>Constantes de calibración</b>
Lectura directa	Factor de escala (k)
0	2,9765E-04
0 Kg	Factor de cero (c)
Lectura calibrada	0
Lectura del primer punto	<b>Fondos de escala teóricos</b>
	Fondo escala superior
Valor real de primer punto	2496,269
Lectura del segundo punto	Fondo escala inferior
	-2496,009
Valor real del segundo punto	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4

### Configuración del programa PAAGEN 1

**Cabecera del programa**

USUARIO

**Imagen de entrada**

ENTRADA BMP

**Port**

Com2



**Cabecera de impresión**

Linea 1

LACENEA, Laboratorio central de ensayos especiales de aceros.

Linea 2

Inscrito en el censo nacional de laboratorios de ensayos.

**Gráfico**

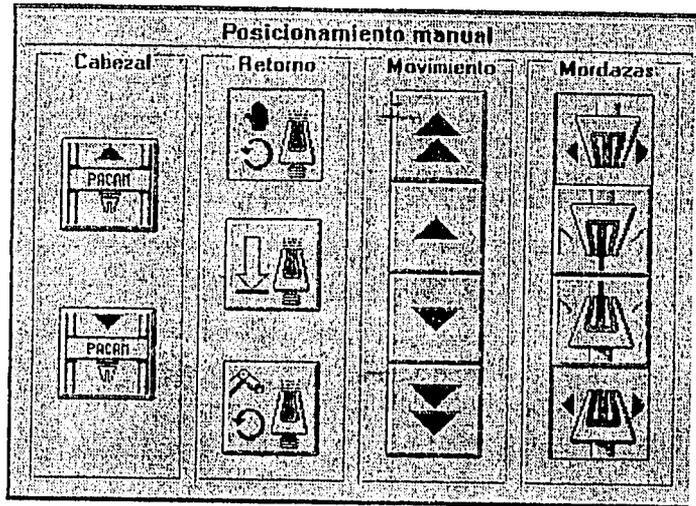
Fondo  Ebon  Retícula

Tipos de retícula:

Sin retícula

**Configuración de los canales de entrada**

Canal	Descripción	Valor de cero	Unidad	Decimales	Color invertido	Calibrar
Canal 1	Fuerza	0	Kg	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Canal 2	Recorrido	0.00	mm	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Canal 3		0.00	mm	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Canal 4		0.00	mm	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



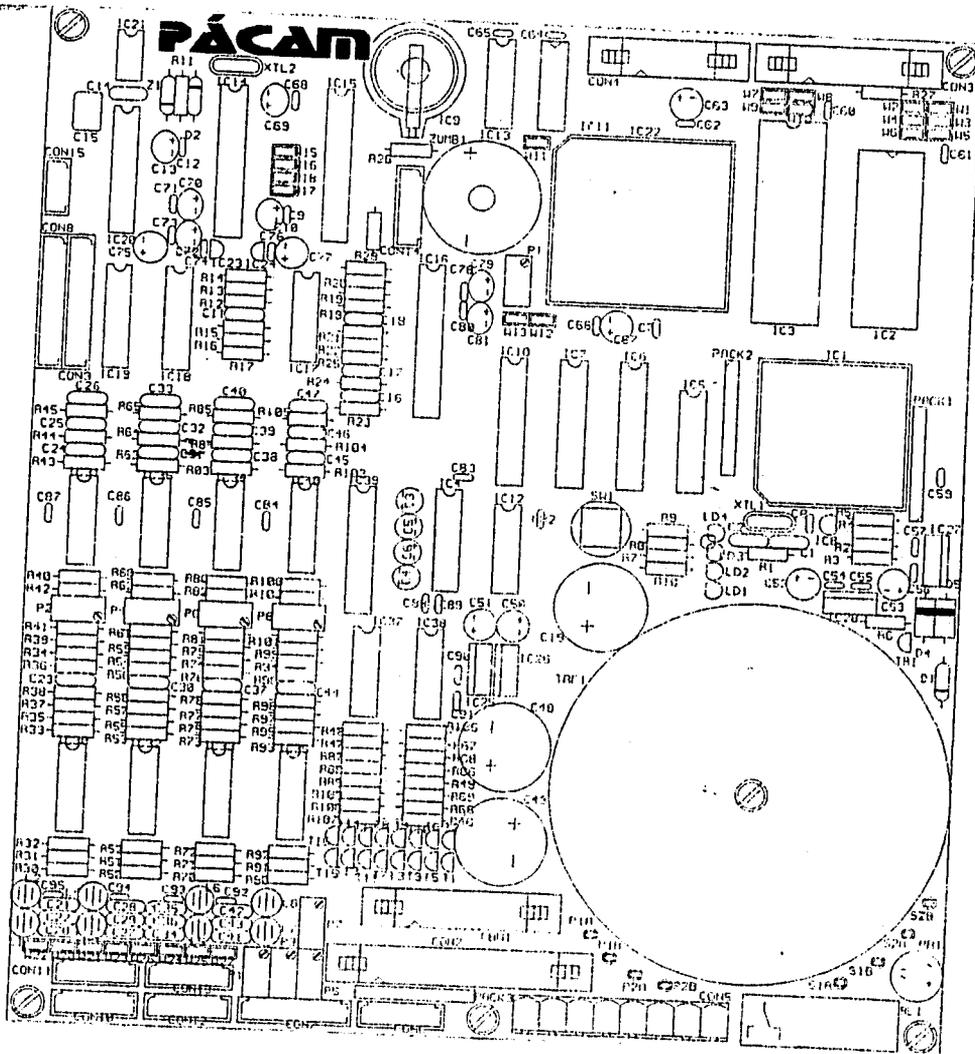
### Configuración inicial del programa

**Configuraciones del sistema de control digital PACAM MPC**

Número de serie	<input type="text"/>	Inversión del servo	<input type="checkbox"/>
Tipo de máquina	<input type="text"/>	Cero de servo	<input type="checkbox"/>
Intervalo para lectura	<input type="text"/>	Sensor de posición	<input type="checkbox"/>
Intervalo de servocontrol	<input type="text"/>	Limites de movimiento	<input type="checkbox"/>
Variable inicial de control	<input type="text"/>	Relación pulsos/milímetro	<input type="text"/>
Integración para lecturas	<input type="text"/>	Fondo escala pulsos (+)	<input type="text"/>
Integración para memorias	<input type="text"/>	Fondo escala pulsos (-)	<input type="text"/>
Sensibilidad para lectura	<input type="text"/>	Sensor de deformación	<input type="checkbox"/>

<b>Cana</b> <input type="radio"/> COM1 <input type="radio"/> COM2 <input type="radio"/> COM3 <input type="radio"/> COM4 <input type="radio"/> Bus	<b>Opción de control</b> <input type="checkbox"/> Fuerza <input type="checkbox"/> Recoilido <input type="checkbox"/> Deformación <input type="checkbox"/> Pulsos	<b>Opción de lectura</b> <input type="checkbox"/> Fuerza <input checked="" type="checkbox"/> Recoilido <input type="checkbox"/> Deformación <input type="checkbox"/> Pulsos	<b>Fondos de escala</b> Fuerza: <input type="text"/> Recoilido: <input type="text"/> Extensóm: <input type="text"/>
--	--	---	--

También se muestra un diagrama de conexionado de los conectores situados en el panel frontal y que realizan la unión a los distintos transductores, servoválvula, registrador gráfico y telemando.



## VI. OBTENCION DE RESULTADOS EMPLEANDO EL MODULO.

Una de las pruebas más utilizadas para determinar las propiedades mecánicas de los metales y aleaciones no ferrosas, fundidos, laminadas o forjados, es la de tensión axial.

En esta prueba, una probeta es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente, hasta que ocurre la falla. En sí la operación se realiza sujetando los extremos de la pieza, separándolos en una dirección paralela a la carga aplicada.

Para realizar esta prueba se utilizan probetas de acero, de forma cilíndrica o prismática, las cuales por servir de medios indicadores de la calidad y propiedades de los metales, han sido normadas por la A.S.T.M. (Sociedad Americana para el ensaye de Materiales).

En el caso en que no se cuente con dichas probetas, se pueden emplear barras o varillas de refuerzo (con sus diferentes tipos de diámetro).

Aún cuando fueren probetas o varillas, se detallarán para ambas, los requisitos y procedimientos de prueba necesarios para realizar la tensión en forma adecuada, y por consiguiente obtener resultados satisfactorios, acerca del comportamiento de un metal sujeto a la tensión.

### *Probetas estandarizadas.*

La A.S.T.M., en base a la experiencia de miles de pruebas ha determinado las dimensiones de las probetas a utilizar en esta prueba de tensión.

Dichas probetas se hacen en una variedad de formas; puede ser de sección transversal, rectangular, cuadrada o redonda, ésta última es usada más frecuentemente para los metales. La porción central de la pieza, llamada tramo de calibración, deberá ser de menor sección que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por las mordazas de sujeción de la máquina de pruebas.

Las dimensiones por la A.S.T.M. para probetas redondas de acero dúctil, son de 1.27 cm (1/2") de diámetro, para tener una área seccional exacta de 1.28 cm<sup>2</sup>. Pueden emplearse probetas de acero -en sus distintos contenidos de carbono-, hierro fundido, cobre, bronce, latón, zinc o aluminio.

### *Probetas no estandarizadas.*

Cuando no se tengan probetas estandarizadas se pueden someter a la tensión, barras de hierro forjado, varillas, alambres u otras muestras metálicas, que deberán ajustarse o prepararse para su ensaye.

Así cuando resulte práctico el tramo de calibración tendrá cuatro veces el diámetro de la probeta, aunque para tamaños de 0.635 cm. (1/4") y menores, se usa frecuentemente un tramo de calibración de 25.4 cm. (10"). La prueba en el cable de alambre se realiza sobre tramos cortados de 40 cm. de largo.

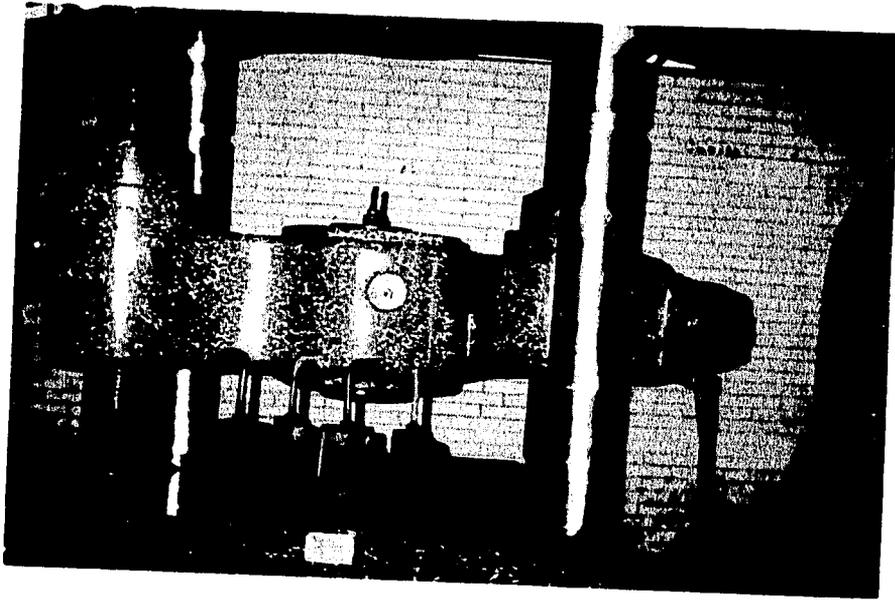
La varilla no deberá tener deformaciones de su eje, fisuras, procesos de oxidación o contaminación de otros materiales, estar ranurada, estirada transversalmente o con agujeros, ya que de lo contrario las propiedades de la pieza -resistencia, ductilidad, etc.- pueden ser alteradas. Las dimensiones de la varilla de muestra son: 50 cm. de longitud (25 cm. de tramo de calibración).

### *Máquina de prueba.*

La máquina de prueba debe ser, de capacidad de carga, de acuerdo a la varilla que se someterá a prueba, con dispositivos de montaje que transmitan axialmente la carga a nuestra probeta, esto es, que las mordazas estén alineadas antes y durante la prueba, sin que exista un solo movimiento de flexión o torsión.

Para ello las mordazas -ilustradas en la figura - deben tener una superficie áspera o estribada (dentada), que evite o reduzca el deslizamiento de la probeta. Además cuando se pruebe una muestra cilíndrica, las mordazas deberán apretar en forma de "v".

MORZASAS.



El ajuste para este tipo de mordaza, se hace por medio de un alineador, de tal forma que el eje de la probeta coincida con los centros de los cabezales de la máquina de prueba y las mordazas queden apropiadamente ubicadas en las cabeceras o extremos de la muestra. Finalmente es importante no sobrepasar la capacidad de la máquina.

#### *Velocidad de la máquina.*

La velocidad de prueba no debe ser mayor que aquella a la cual las lecturas de carga y deformación puedan tomarse con buena exactitud.

Las velocidades de prueba deben ser bajas, ya que de hecho se necesita leer con precisión la deformación del espécimen, en el indicador de cuadrante instalado para ello. Existen dos métodos de aplicación de la carga, en cuanto a su velocidad:

- a) La carga se aplica en incremento, leyendo carga y deformación al final de cada intervalo.
- b) La carga se aplica a una velocidad lenta, leyendo simultáneamente deformación y carga.

Se recomienda este último método, para no interrumpir la continuidad en el mecanismo de la máquina universal, al aplicar la carga de tensión.

#### *Esfuerzo y deformación unitarias.*

El esfuerzo unitario ( $e_u$  ó  $e$ ) se obtiene con la siguiente expresión:

$$e = \frac{P}{A}$$

donde:

P = carga aplicada, en kg.

A = Área de la sección, en donde se aplica P, en  $\text{cm}^2$ .

La deformación unitaria ( $d_u$  ó  $d$ ) se obtiene con la ecuación:

$$d = \frac{d_p}{l}$$

donde:

$d_p$  = Deformación parcial medida por el indicador de cuadrante,  
en cm.

$l$  = Longitud del tramo de calibración, en cm.

#### *Desarrollo.*

1.- Determinar las propiedades de la probeta: el tipo de material del que esta hecha, si es probeta estándar o no, longitud total, diámetro de los extremos, diámetro de la sección transversal en el tramo de la calibración, radio del bisel y espesor (en el caso de probeta hueca), con vernier.

2.- Verificar que no tenga defectos la probeta y proceder a marcar el tramo de calibración, con la segueta o en su caso punzar levemente.

3.- Colocar las mordazas y alineadores en los cabezales, fijo y de tensión de la máquina universal, y fijar los extremos de la probeta. Apretar ligeramente y asegurarse que las marcas hechas, queden a la vista del observador.

4.- Nivelar perfectamente la probeta, de tal forma que los ejes de esta y el cabezal de la máquina coincidan. Ahora asegurar el extremo inferior del espécimen al puente móvil de la máquina, apretando fuerte para evitar, dañar a las mordazas.

5.- Ajustar la lámina de medición en la marca inferior de la probeta.

6.- Ajustar en ceros el indicador de cuadrante y el dial de la máquina Universal. Seleccionar el rango de carga y aplicarla a una velocidad de 125 kg/seg. Leer simultáneamente carga y deformación, hasta hacer fallar al espécimen.

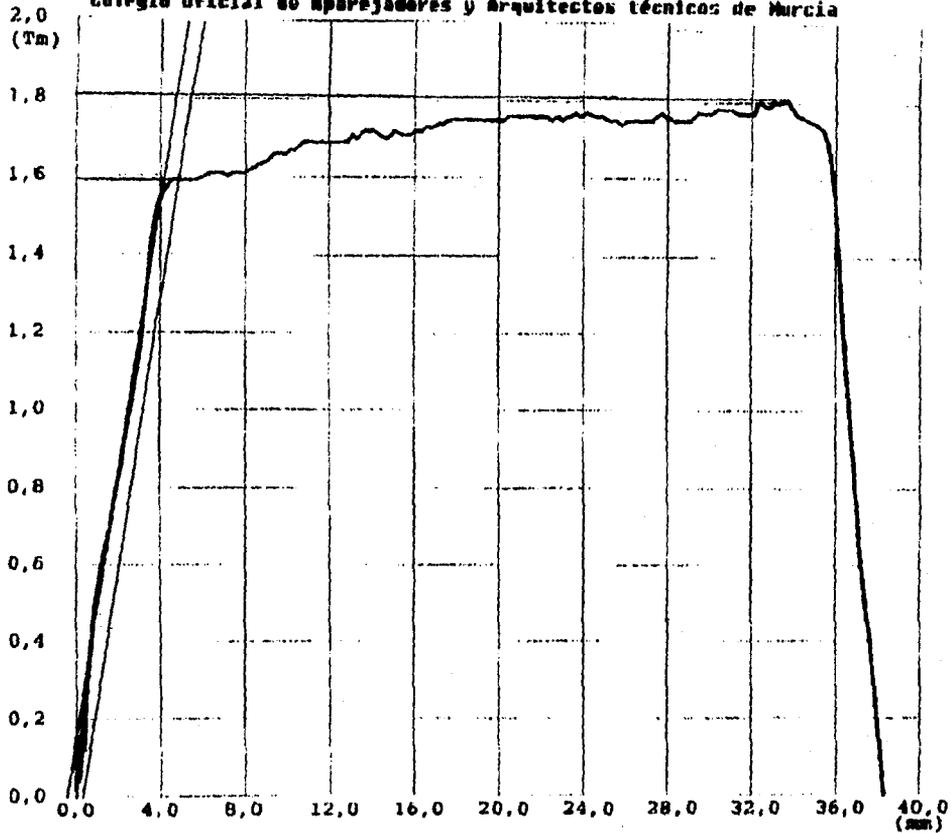
7.- Una vez que la probeta ha fallado, retirar el espécimen y una las dos partes en que se dividió. Nuevamente tomar dimensiones -hasta el milímetro de aproximación- con el vernier.

8. Observar además el tipo de fractura y describirla.

(El anterior procedimiento es para probetas estándares)

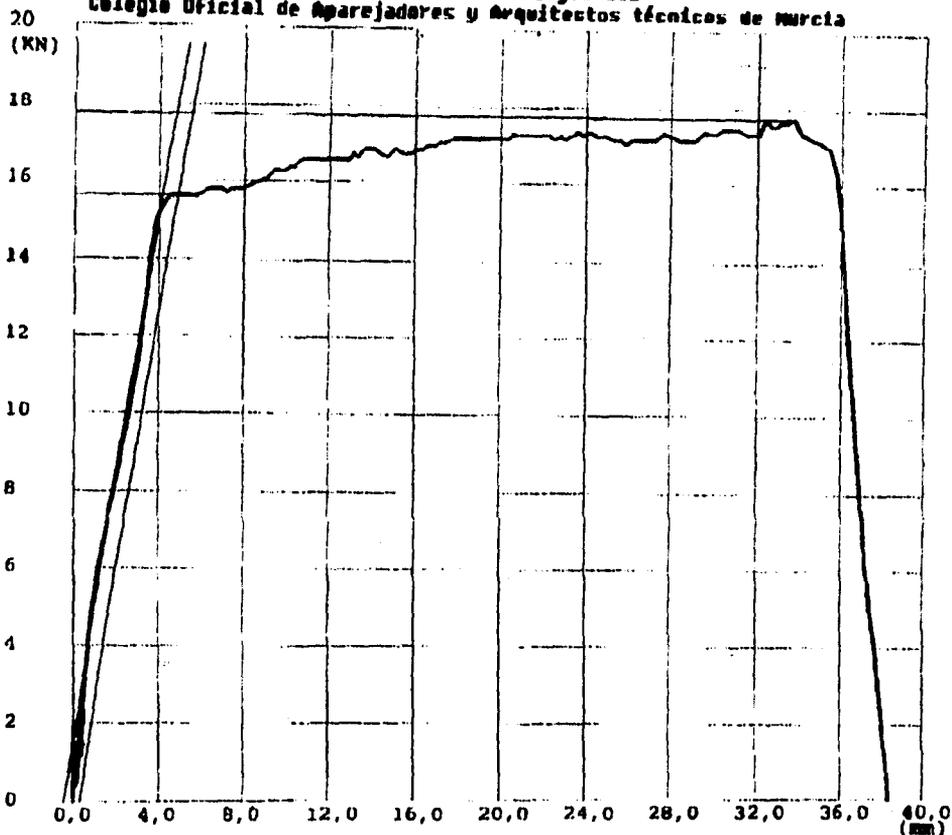
En las páginas siguientes se muestran una serie de ejemplos donde se representa únicamente la representación gráfica, tratamiento e impresión.

**Laboratorio de ensayos del  
Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Murcia**

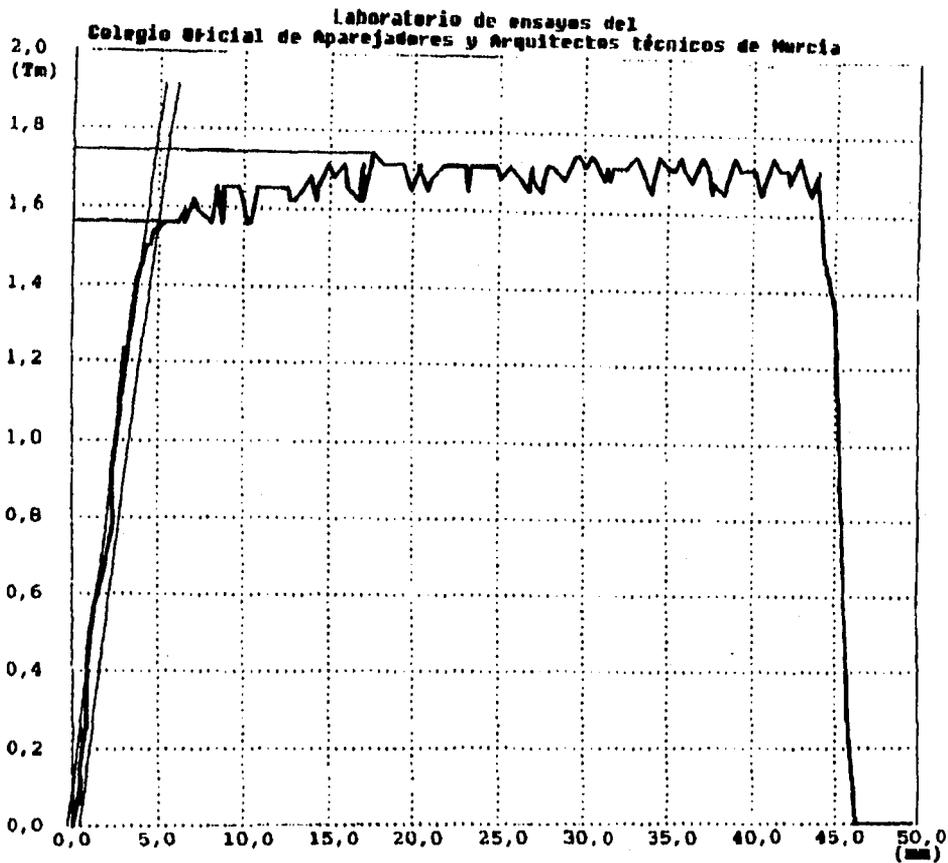


Ensayo	:	01565BF6
Fecha del ensayo	:	16-09-1994
Hora del Ensayo	:	08:42:57
Colada a que pertenece la probeta	:	0144
Muestra	:	B
Sección de la probeta	:	28,3 mm <sup>2</sup>
Longitud base de medida	:	360 mm
ε Para cálculo del Límite Elástico	:	0,2 %
Deformación para la fuerza máxima (Agt)	:	9,5 %
Fuerza máxima	:	1,81 Tm
Tensión máxima	:	64,02 Kg/mm <sup>2</sup>
Fuerza en el Límite Elástico	:	1,59 Tm
Límite Elástico convencional	:	56,23 Kg/mm <sup>2</sup>
ε Alargamiento despues de rotura	:	0, % (Respecto a 0)

**Laboratorio de ensayos del  
Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Murcia**

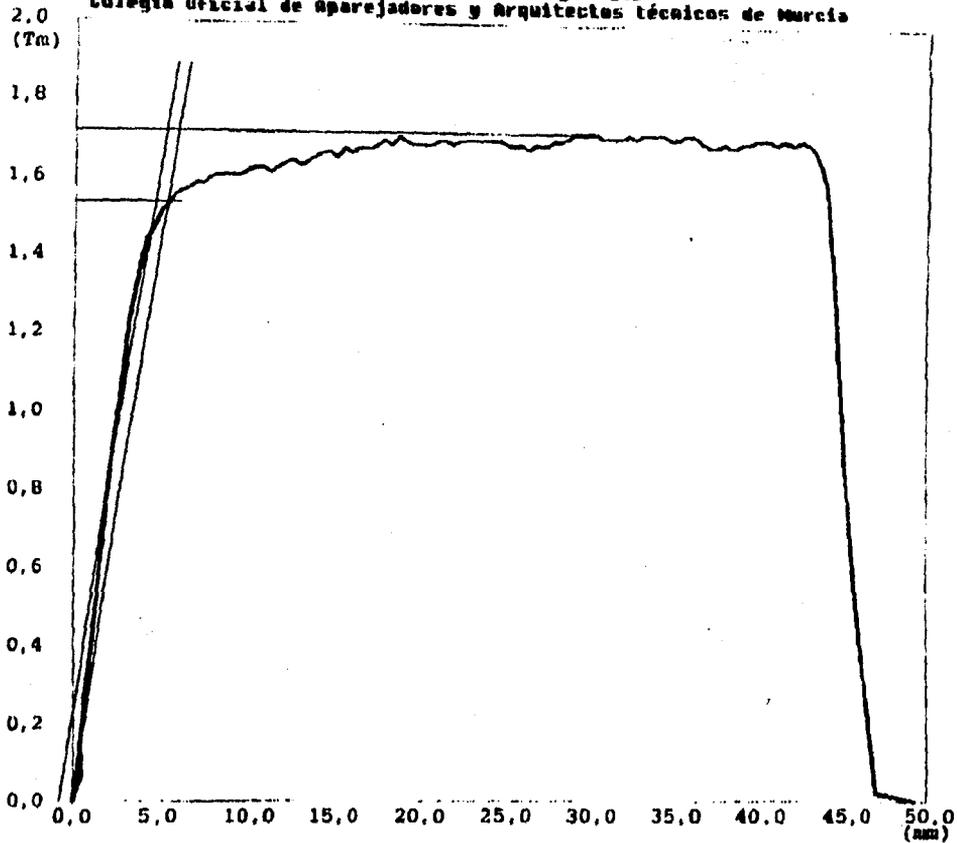


Ensayo	:	01565BF6
Fecha del ensayo	:	16-09-1994
Hora del Ensayo	:	08:42:57
Colada a que pertenece la probeta	:	0144
Muestra	:	B
Sección de la probeta	:	28,3 mm <sup>2</sup>
Longitud base de medida	:	360 mm
§ Para cálculo del Límite Elástico	:	0,2 %
Deformación para la fuerza máxima (Agt)	:	9,5 %
Fuerza máxima	:	17,8 KN
Tensión máxima	:	627,8 MPa
Fuerza en el Límite Elástico	:	15,6 KN
Límite Elástico convencional	:	551,5 MPa
§ Alargamiento después de rotura	:	0, % (Respecto a 0)



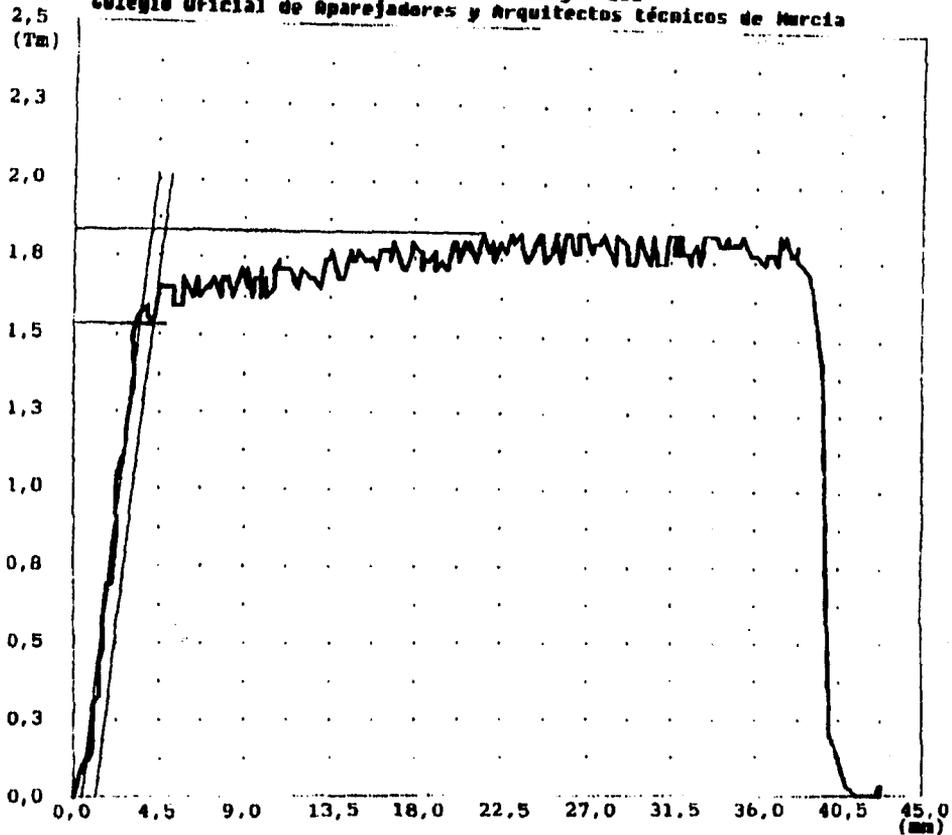
Ensayo	.....	: 01906A
Fecha del ensayo	.....	: 03-11-1994
Hora del ensayo	.....	: 08:26:46
Colada a que pertenece la probeta	.....	: 0195
Muestra	.....	: A
Sección de la probeta	.....	: 28,3 mm <sup>2</sup>
Longitud base de medida	.....	: 360 mm
ε Para cálculo del Limite Elástico	.....	: 0,2 %
Deformación para la fuerza máxima (Agt)	.....	: 5,0 %
Fuerza máxima	.....	: 1,74 Tm
Tensión máxima	.....	: 61,61 Kg/mm <sup>2</sup>
Fuerza en el Limite Elástico	.....	: 1,56 Tm
Limite Elástico convencional	.....	: 55,23 Kg/mm <sup>2</sup>
ε Alargamiento despues de rotura	.....	: 0, % (Respecto a 0)

**Laboratorio de ensayos del  
Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Murcia**



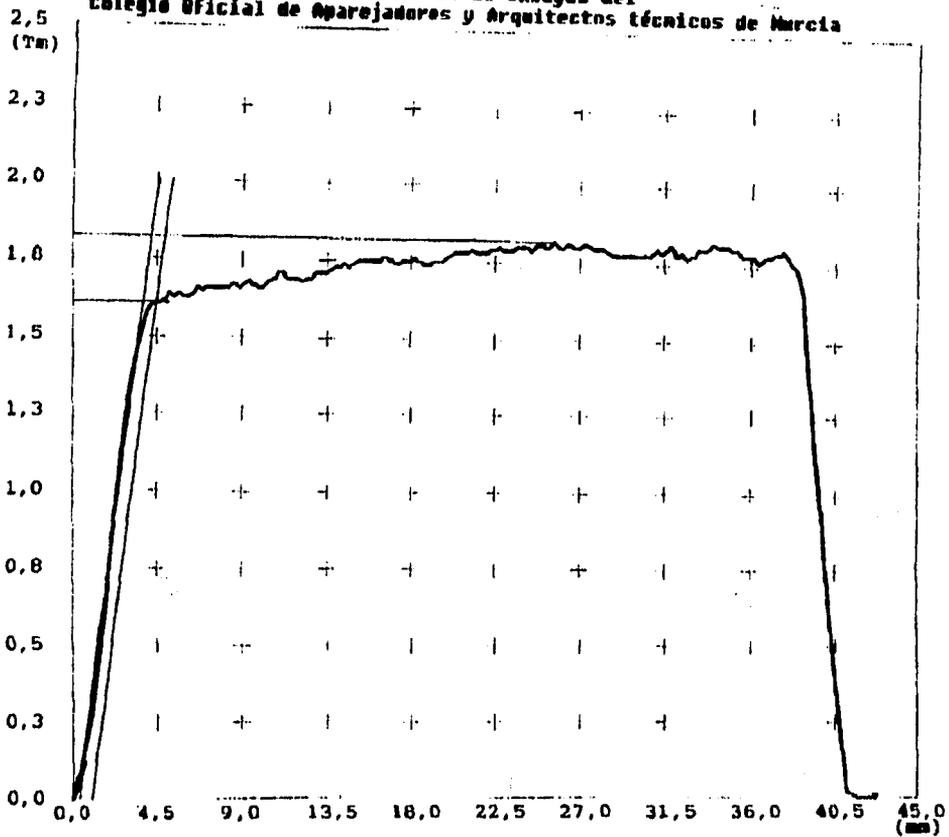
Ensayo	: 01906AF6
Fecha del ensayo	: 03-11-1994
Hora del Ensayo	: 08:26:46
Colada a que pertenece la probeta	: 0195
Muestra	: A
Sección de la probeta	: 28,3 mm <sup>2</sup>
Longitud base de medida	: 360 mm
% Para cálculo del Limite Elástico	: 0,2 %
Deformación para la fuerza máxima (Agt)	: 8,3 %
Fuerza máxima	: 1,72 Tm
Tensión máxima	: 60,83 Kg/mm <sup>2</sup>
Fuerza en el Limite Elástico	: 1,54 Tm
Limite Elástico convencional	: 54,47 Kg/mm <sup>2</sup>
% Alargamiento despues de rotura	: 0, % (Respecto a 0)

**Laboratorio de ensayos del  
Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Murcia**



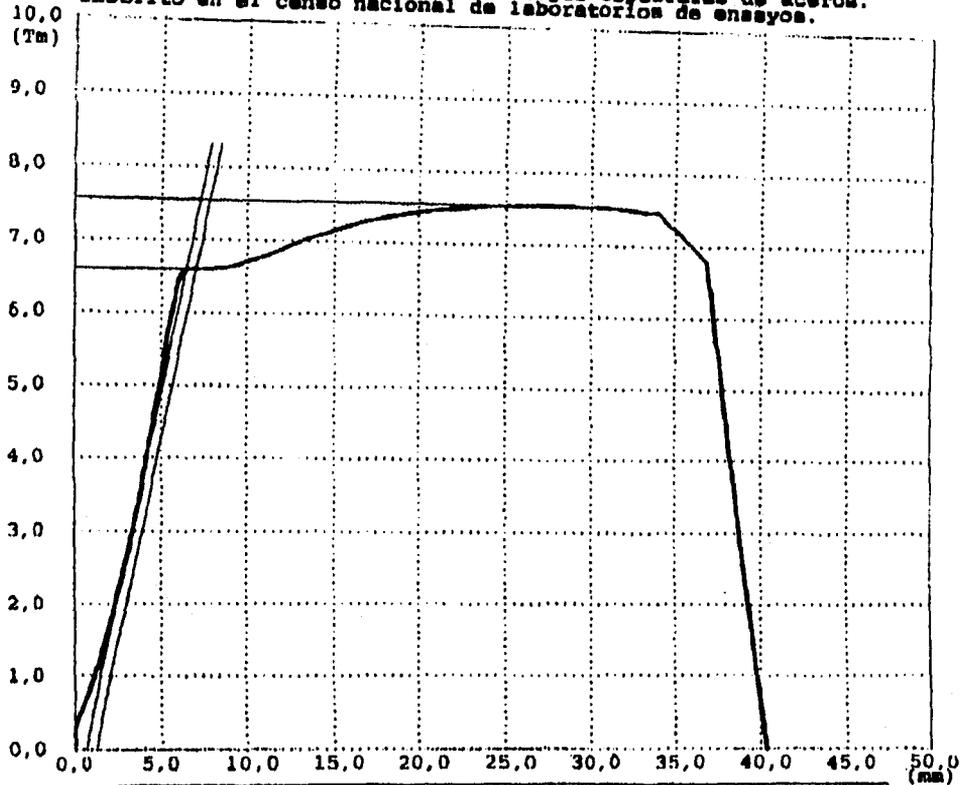
Ensayo	:	01565A
Fecha del ensayo	:	16-09-1994
Mora del ensayo	:	08:36:23
Colada a que pertenece la probeta	:	0144
Muestra	:	A
Sección de la probeta	:	28,3 mm <sup>2</sup>
Longitud base de medida	:	360 mm
% Para cálculo del Límite Elástico	:	0,2 %
Deformación para la fuerza máxima (Agt)	:	5,9 %
Fuerza máxima	:	1,83 Tm
Tensión máxima	:	64,79 Kg/mm <sup>2</sup>
Fuerza en el Límite Elástico	:	1,53 Tm
Límite Elástico convencional	:	54,17 Kg/mm <sup>2</sup>
% Alargamiento despues de rotura	:	0,8 (Respecto a 0)

**Laboratorio de ensayos del  
Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Murcia**



Ensayo	.....	: 01565AF6
Fecha del ensayo	.....	: 16-09-1994
Hora del Ensayo	.....	: 08:36:23
Colada a que pertenece la probeta	.....	: 0144
Muestra	.....	: A
Sección de la probeta	.....	: 28,3 mm <sup>2</sup>
Longitud base de medida	.....	: 360 mm
% Para cálculo del Límite Elástico	.....	: 0,2 %
Deformación para la fuerza máxima (Agt)	.....	: 7,1 %
Fuerza máxima	.....	: 1,82 Tm
Tensión máxima	.....	: 64,37 Kg/mm <sup>2</sup>
Fuerza en el Límite Elástico	.....	: 1,61 Tm
Límite Elástico convencional	.....	: 56,94 Kg/mm <sup>2</sup>
% Alargamiento despues de rotura	.....	: 0, % (Respecto a 0)

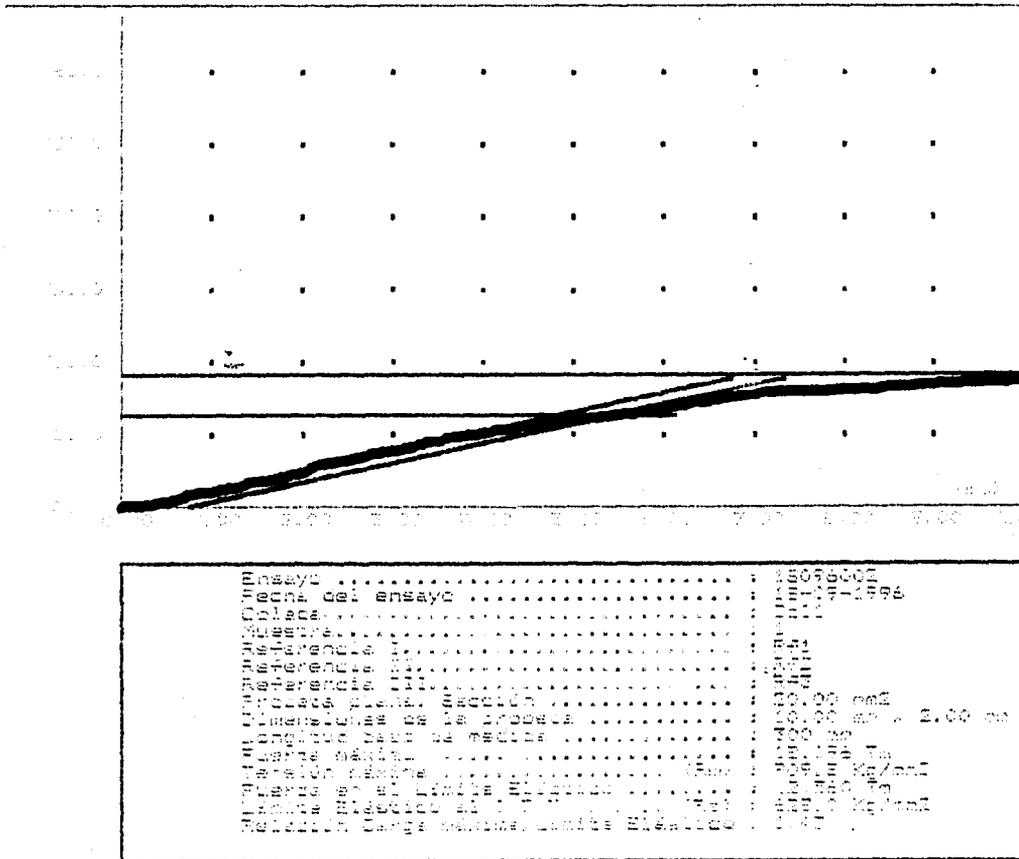
LACENEA. Laboratorio central de ensayos especiales de aceros.  
 Inscrito en el censo nacional de laboratorios de ensayos.



Ensayo .....	25045001
Fecha de ensayo .....	25-04-1995
CLIENTE:.....	CLI1
REFERENCIA:.....	123
INFORME N° .....	321
.....	.....
.....	.....
Probeta redonda. Sección .....	110,41 mm <sup>2</sup>
Diámetro de la probeta .....	12,5 mm
Longitud base de medida .....	300 mm
Deformación en la fuerza máxima (Agt)	8,5 %
Fuerza máxima .....	7,553 Tm
Tensión máxima .....	68,4 Kg/mm <sup>2</sup>
Fuerza en el Límite Elástico .....	6,584 Tm
Límite Elástico al 0,2 % .....	59,6 Kg/mm <sup>2</sup>
Relación Carga máxima/Límite Elástico	1,15

Este programa permite la ejecución de ensayos automáticos de tracción con cálculo una vez terminado el ensayo del límite elástico del material, la fuerza máxima alcanzada, la tensión máxima, la fuerza en el límite elástico, la deformación en la fuerza máxima, la relación carga máxima / límite elástico, y en caso de utilizarse extensómetro de pinzar el módulo de elasticidad del material. El tanto por ciento de deformación para el cálculo del límite elástico puede variar entre 0.01% y el 1%.

Para ejemplificar se muestra la siguiente gráfica.



### *Prueba de compresión en cilindros de concreto.*

En la prueba de compresión, la pieza de material se somete a una carga en los extremos que produce una sección aplastante que acorta dicho espécimen.

Los materiales a utilizar en esta prueba son quebradizos, tales como el mortero, el cemento, el ladrillo y los productos de cerámica, aunque a veces también se utilizan materiales metálicos.

Esta prueba se enfoca a obtener la resistencia a la compresión directa en un concreto, como un índice de su calidad tanto en los materiales que lo conforman, como en su correcta elaboración.

Existen tres limitaciones para este tipo de prueba:

- a) La dificultad de aplicar una carga concéntrica o axial.
- b) Existe una tendencia al establecimiento de esfuerzos flexionantes.
- c) El área del espécimen es grande para obtener un grado apropiado de estabilidad de la pieza, por lo cual la máquina de prueba deberá ser de gran capacidad o el espécimen será de pequeñas dimensiones y por ende tan corta que resulta difícil obtener en ellas mediciones de deformación de presiones adecuada.

### *Probetas estandarizadas.*

Para tener un esfuerzo uniforme, se recomienda que el espécimen sea de sección circular. A medida que la longitud se incrementa, se presenta una tendencia hacia la flexión de la pieza con la consiguiente distribución -la cual no es uniforme-, del esfuerzo sobre una sección recta.

En elementos de concreto, se requiere que sus dimensiones guarden cierta relación con el tamaño de los agregados.

La precisión para medir la sección transversal, y para centrar o alinear el espécimen en la máquina de prueba será hasta de 0.025 cm. Para obtener el peso, se puede aproximar hasta el gramo.

### *Máquina de prueba.*

Se recomienda no someter a compresión especímenes metálicos cortos, en máquinas de prueba con capacidad de carga menor a 70 000 kg.

### *Velocidad de la prueba.*

Resultados de la prueba de compresión sobre el concreto, indican que la relación entre la resistencia y la velocidad de carga es aproximadamente logarítmica, ya que mientras más rápida es la velocidad, más alta es la resistencia indicada.

También el módulo de elasticidad parece aumentar con la velocidad de carga, aunque la mayoría de los observadores han atribuido este efecto a la reducción del "creep" (deformación de un material, al someterlo a carga constante), durante la prueba. Se recomienda que la velocidad de prueba se haga más lenta a la establecida, es decir de 250 kg/seg.

### *Desarrollo.*

1.- Se sacan los cilindros del cuarto de curado previamente hecha la dosificación, y se secan superficialmente.

2.- Obtener un diámetro promedio -al menos con tres mediciones espaciadas debidamente-. Medir su altura con una aproximación hasta el 0.01 cm. y pesarlo. Proceder a cepillar fuertemente (para retirar las partículas sueltas), en cada cara del cilindro.

3.- Engrasar el cabeceador de la depresión que tiene el disco para asentar el cilindro. Procederá fundir el azufre.

4.- Se vierte el azufre fundido en la depresión, hasta aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de su profundidad.

5.- Inmediatamente antes de cristalizarse el azufre, se coloca el cilindro presionándolo contra la guía de la placa y se retira cuando el azufre se cristaliza.

6.- Retirar el azufre excedente de los bordes del cilindro. Cerciorándose de que no existan huecos, grumos, costras ó mal cabeceo. De ser así deberá despegarse la capa de azufre y se volverá a fundir hasta lograr el cabeceo correcto.

El ejemplo del resultado con el equipo instalado no se tiene debido a que este no se encuentra instalado aún; lo que a continuación podremos apreciar es la pantalla donde se observa la carga y la posición que toma cuando el espécimen esta en prueba.

**Presentación de lecturas PA/L3C-1**

**Canal 1**  
Fuerza (Tm)

123.456

Tm

KN

×1

×10

Memoria

Cero

**Canal 2**  
Recorrido (mm)

123.456

mm

%

×1

×10

Cero

**Canal 3**  
Deformación (mm)

123.456

mm

%

×1

×10

Cero

**Control**









Li Base  
450  
(mm)

Li Base  
100  
(mm)



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### *Recomendaciones:*

- La mesa de trabajo se subirá una pulgada para iniciar cualquier prueba.
- Verificar que la válvula de aire no contenga humedad, de no ser así, se purgará la compresora.
- La perilla del aire se deberá desaerear después del término de cada trabajo.
- El botón indicador de cada uno de los rangos se coordina simultáneamente con la perilla de control de aire.
- Para purgarse el aceite de la bomba hidráulica, se trabajará con una carga aproximada de 5 a 10 toneladas como máximo.
- El equipo de computo deberá permanecer en un lugar protegido de residuos generados por las pruebas y de uso inadecuado.

Para concluir, la elección tomada en el presente trabajo tomo dos aspectos fundamentales en consideración:

1. El técnico. Que debía cubrir con el objetivo del proyecto (manejar la máquina por medio de la computadora, además de arrojar resultados precisos y ya graficados).
2. El económico. Que de alguna manera quedaba implícito con el anterior, ya que no se trataba solamente de automatizar la máquina, si no de cuidar que el costo fuera el menor posible.

Ambos tomando en cuenta que la modernización de la máquina de ensayos universales no es una moda y si una necesidad dadas las características laborales de hoy en día. Ya que es imprescindible estar a la vanguardia tecnológica y que el alumno pueda y sepa afrontar los retos que una vez egresado tendrá que resolver.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Instalación y operación de máquina universal de pruebas de la E.N.E.P. Aragón.  
Ing. Miguel Angel Corona Delgado.
- Manuales de calibración de la S.C. T.
- Manuales de máquinas de ensayo de la S.C.T.
- Resistencia de materiales.  
V. Y. Feodosiev.
- Catálogo general de instrumentación.  
Cía controls.
- Manual de manejo de ADR versión 3.8  
Cía Harry Mazal.