

Mejoras y Evaluación Operativa de una Máquina de Ensayos a Tracción y/o Compresión

J. Manuel Rojas, ^a Alejandro Cárdenas, ^b Jorge Torres, ^b Raúl Almengor ^a

^a Universidad Autónoma Chapingo
km 38,5 Carretera México - Texcoco, 56230, Chapingo, México.

^b Centro Nacional de Metrología
km 4,5 Carretera a Los Cués, 76246, Querétaro, México.
manuel_c6@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presentan las actividades en la adaptación de una máquina de ensayos de fuerza en tracción, de cinco kilonewton (5 kN) para ser utilizada en la calibración de equipos de medición de pequeños alcances y ensayos de aptitud para calibración de máquinas realizadas por los laboratorios secundarios de calibración. Para este fin fue necesario adecuar la velocidad de aplicación de carga, la estabilidad de la misma y que la máquina trabajara tanto en modo de compresión como en modo de tracción mecánica. Por lo que, fue necesario conocer las características mecánicas y electrónicas de origen de la máquina y así poder determinar las modificaciones necesarias en su diseño mecánico y de control.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los laboratorios secundarios de calibración han mejorado sus técnicas de medición, la exactitud de sus instrumentos y ampliado sus alcances de medición, tanto en grandes fuerzas (mayores a 1 MN), como en pequeñas fuerzas (menores a 5 kN). Entre los requisitos que deben cumplir en el proceso de acreditación de sus servicios, están la calibración de sus patrones y la participación en ensayos de aptitud técnica. Para el CENAM, es muy importante satisfacer esta demanda con las características requeridas para este servicio.

Actualmente, se cuenta con una máquina de ensayos para bajo alcance. Sin embargo, requiere actualización de su sistema mecánico de operación y funcionalidad de tiempos de aplicación de carga para permitir su utilización en calibraciones de equipos de fuerza así como en ensayos de aptitud hasta cinco kilonewton (5 kN).

Entre las mejoras, se requiere un desplazamiento mejor del cabezal de aplicación de fuerza, debido a que este desplazamiento es el que genera la magnitud fuerza. También es necesario mejorar la estabilidad de la aplicación de la fuerza en un punto de medición definido en su alcance, para permitir evaluar con incertidumbre adecuada las características metroológicas de los laboratorios durante la aplicación de un ensayo de aptitud técnica.

2. DESARROLLO

2.1. Principio de Funcionamiento

Se tiene una máquina de ensayos de 5 kN, de funcionamiento electromecánico. El procedimiento común de ensayo es: se coloca una probeta en las mordazas de la máquina, de estas mordazas una es fija y la otra móvil, se aplica un desplazamiento de la mordaza móvil, se procede a medir la carga. Un esquema de la máquina de ensayo de tracción se muestra en la Fig. 1.

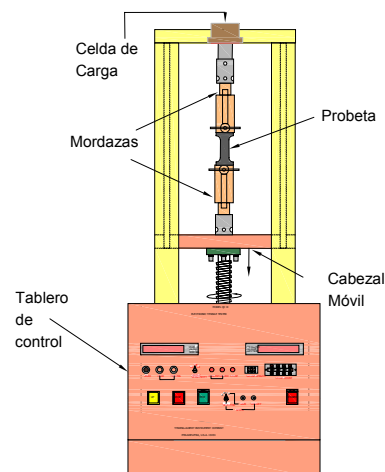


Fig. 1. Máquina de Ensayos de 5 kN.

La máquina de ensayo causa una deformación de la probeta al desplazar el cabezal móvil a una velocidad seleccionable. La celda de carga,

conectada a la mordaza fija, envía una señal que está relacionada directamente con una indicación de la fuerza aplicada.

2.2. Diseño Mecánico para Ajustar Velocidad de Trabajo

El nuevo diseño de transmisión de movimiento implementado reduce las velocidades establecidas, para esto se diseñaron nuevas poleas de transmisión de carga.

Para reducir la velocidad se aumentó la relación de transmisión [1], teniendo en cuenta el espacio reducido disponible para implementar el nuevo diseño (por lo cual los diámetros no pueden ser muy grandes). Adicionalmente, la correa dentada de transmisión debe ajustarse a la distancia entre centros.

Tabla 1. Datos de la máquina de ensayos.

Tipo de unidad motriz y potencia	Motor eléctrico de 0,482 Hp
Velocidad de giro de la unidad motriz	3 355 rpm
Distancia entre centros	111,52 mm a 120 mm
Diámetro del eje menor	9,54 mm
Diámetro del eje mayor	12,68 mm

El procedimiento a utilizar es el de INTERMEC Ltda [2], para ello se muestran en la Tabla 1 los datos técnicos de la máquina.

- Datos conocidos
- Determinación de la potencia de diseño (N_D).

$$N_D = N_n \cdot F.S, \quad (1)$$

donde N_n es la potencia nominal en Hp, $F.S$ es el factor de servicio que se encuentra en tablas en nuestro caso vale 1,4, entonces:

$$N_D = 1.4 \cdot 0.482 = 0.67 \text{ Hp}. \quad (2)$$

- Selección del paso de la correa.
- Se eligió una correa XL lo cual significa que la distancia en mm existente entre un diente y el siguiente es de 5,080 mm (1/5").
- Selección de una transmisión estándar.

En este paso tomamos en cuenta el espacio que disponemos para el nuevo diseño. Con la restricción de que la distancia entre centros es de 111,52 mm (4,38") a 120 mm (4,72"), el diámetro de la polea mayor no debe exceder de 60 mm y se debe

encontrar una relación entre poleas, mayor a 1,6. De las tablas de selección del manual de transmisión por correas dentadas de INTERMEC se obtienen los conjuntos de transmisiones estándar como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Valores de la nueva transmisión.

Relación	No. de correa estándar	Distancia entre centros en mm
2,55	130XL	114,808
3,27	140XL	116,332

2.3. Diseño del Circuito de Control de Giro y Velocidad del Motor de la Máquina de Ensayos

La máquina cuenta con un motor de corriente directa (c. d.), al cual se le integró un circuito para realizar la inversión del giro y tener control de velocidad. Con esto la máquina puede realizar mediciones a comprensión. La facilidad en este cambio es que a un motor de c. d. se le puede cambiar el sentido de giro del motor al cambiarle la polaridad de alimentación.

Sin embargo, se debe tener en cuenta la potencia, la diferencia de potencial eléctrico de alimentación y la corriente eléctrica, ya que son fundamentales para el adecuado diseño y funcionamiento del circuito. El circuito que se implementó para el control de giro es conocido comúnmente como puente H³, por la forma de ubicar sus componentes como se aprecia en la Fig. 2.

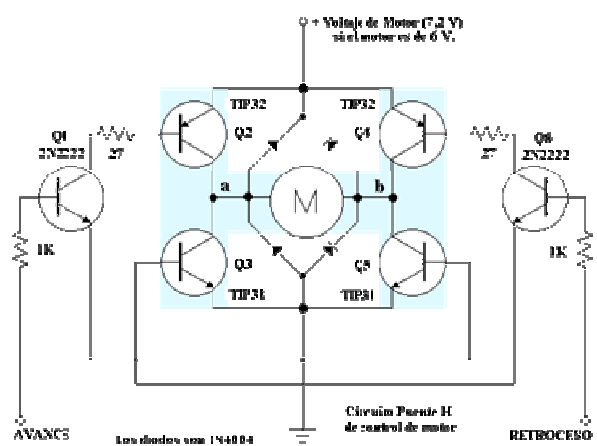


Fig. 2. Puente H para controlar velocidad de motor.

Con este circuito se controla fácilmente el sentido de giro del motor, sin embargo la velocidad del

mismo no, por lo que se tiene que integrar un circuito de control de velocidad; el más utilizado es el circuito de regulación por ancho de pulso ("PWM").

La regulación por ancho de pulso de un motor de corriente directa (c. d.) está basada en que si se recorta la c. d. de alimentación en forma de onda cuadrada, la energía que recibe el motor disminuirá de manera proporcional a la relación entre la parte alta (habilita corriente) y baja (cero corriente) del ciclo de la onda cuadrada. Controlando esta relación se logra variar la velocidad del motor de una manera aceptable, como se aprecia en la Fig. 3.

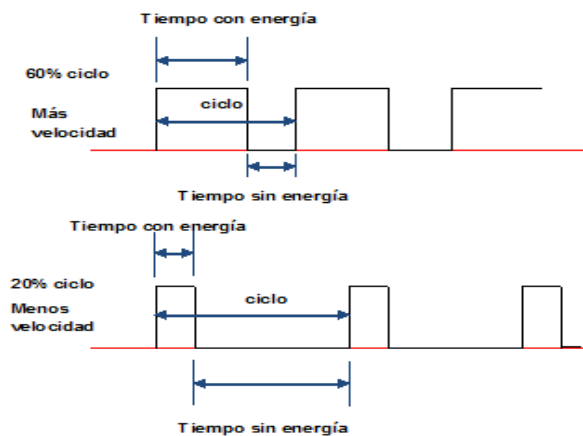


Fig. 3. Principio de funcionamiento del PWM.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados del Nuevo Diseño de Poleas para Reducción de Velocidad

Las dimensiones de la correa se muestran en la Tabla 3 y el paso de la correa encontrada se muestra en la Fig. 4, XL significa que la distancia en milímetros existente entre un diente y el siguiente es de 5,08 mm:

Tabla 3. Dimensiones de la correa seleccionada.

Tipo	Paso	hs	Tol	ht	S	β
	mm	mm	mm	mm	mm	°
XL	5,080	2,3	$\pm 0,20$	1,27	2,57	50

En la Tabla 3, hs es el espesor de la correa, Tol es la tolerancia del espesor de la correa, ht es la profundidad del diente de la polea, S es la espesor del diente de la correa y β es el ángulo del diente de la correa.

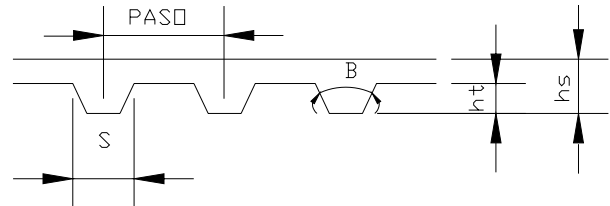


Fig. 4. Correa tipo XL.

El tipo de poleas se muestra en la Fig. 5 en la cual el tipo 2F significa que debe de tener pestañas para evitar que la correa se deslice de la polea y el tipo 2 no lleva pestañas, las dimensiones en mm para el conjunto de poleas se muestran en la Tabla 4:

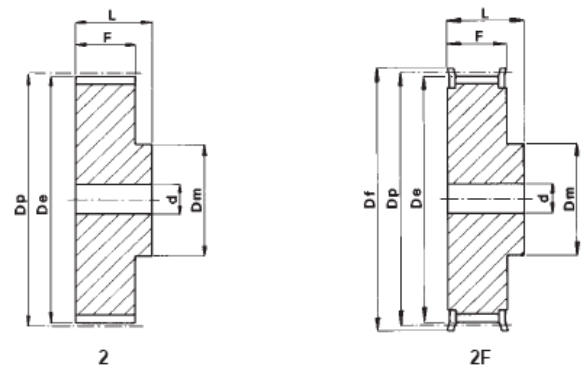


Fig. 5. Tipo de poleas.

Tabla 4. Dimensiones de las poleas seleccionadas, mm.

REF	Dp	De	Df	Dm	F	L	d
11XL	17,79	17,28	23	10	14,3	20	9,52
28XL	45,28	44,77	51	34	14,3	22	12,7
36XL	58,21	57,70	--	45	14,3	25	12,7

La simbología de las poleas es la siguiente: Dp es el diámetro primitivo de la polea, De es el diámetro exterior de la polea, Df es el diámetro final de polea con pestañas, Dm es el diámetro medio de la polea, F es la longitud del diente de la polea, L es el ancho de la polea y d es el diámetro del barreno de la polea.

3.2. Resultados del Control de Giro y Velocidad del Motor de la Máquina de Ensayos

El circuito diseñado se aprecia en la Fig. 6, éste puede hacer que se cambie el modo de operación de la máquina. Por lo cual, además de efectuar ensayos a tracción, también podrá realizar ensayos a compresión, lo cual es un requisito para realizar calibraciones.

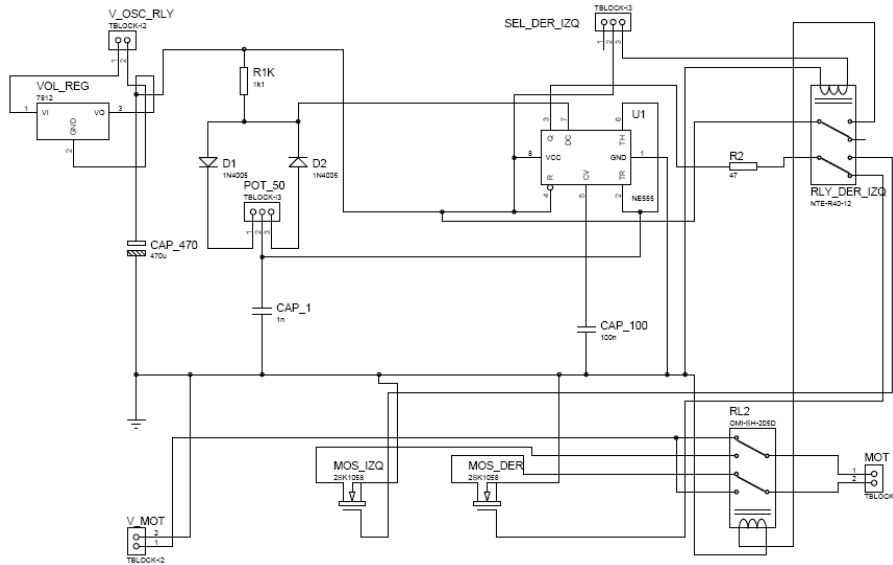


Fig. 6. Circuito de control de giro y velocidad del motor.

4. EVALUACIÓN OPERATIVA

4.1. Caracterización de la Velocidad de la Máquina

Se realizaron varios ensayos para encontrar la velocidad mínima que proporcionaba la máquina durante los ensayos, los resultados encontrados pueden apreciarse en la Tabla 5.

Tabla 5. Velocidades de la máquina de ensayos de 5 kN.

VELOCIDAD	MAGNITUD ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)
A	50,8
B	101,6
C	304,8
V(variable)	2,54 a 508,0

Con la velocidad de $2,54 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ se realizaron varios ensayos para analizar si el valor de la misma era apto para que la máquina trabajara adecuadamente; además de observar su comportamiento de estabilidad para mantener una carga constante.

El ensayo se realizó con un amplificador HBM modelo Scout 55 y una celda de carga Intermec, como se aprecia en la Fig. 7.

Durante el ensayo se concluyó que faltaba reducir aún más la velocidad, dado que era alta para poder realizar una calibración; adicionalmente, no se lograba suficiente estabilidad de carga. Con las

poleas que se diseñaron, se consiguió una reducción en el desplazamiento del cabezal hasta una velocidad adecuada y una estabilidad de carga que permite trabajar con resoluciones mucho mejores a las que se presentaron en el ensayo de caracterización inicial, y adecuadas para los objetivos planteados en el proyecto, las resoluciones obtenidas se aprecian en la Tabla 6.



Fig. 7. Ensayo de caracterización de velocidad.

Tabla 6. Velocidades y resoluciones de trabajo de la máquina.

Velocidad ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)	Resolución ($\text{mV}\cdot\text{V}^{-1}$)
2,54	0,01
0,56	0,001

4.2. Ensayo de Funcionamiento del Circuito de Control de Giro

El circuito diseñado que se observa en la Fig. 8, cambia el modo de operación de la máquina, ya que inicialmente solo operaba en modo de tracción y ahora también trabaja a compresión.

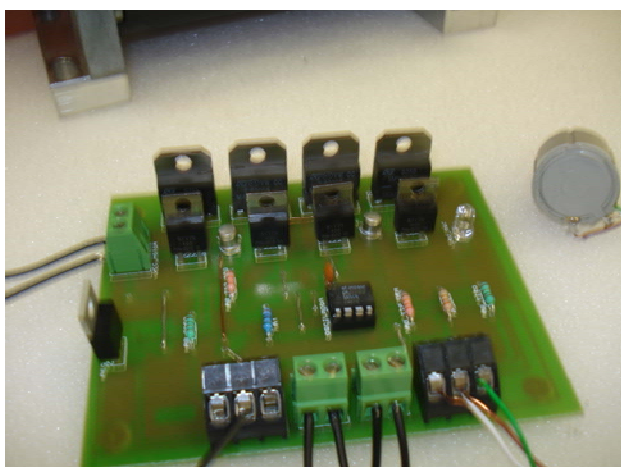


Fig. 8. Circuito de control del motor.

Al realizar el ensayo para observar el funcionamiento del circuito se encontró que tenía un problema con la alimentación de corriente y diferencia de potencial eléctrico en la fuente. Esto se solucionó integrando al circuito otros componentes electrónicos tales como circuitos semintegrados que filtran y/o amplifican señales eléctricas (*Mosfet*) de alta potencia, relevadores eléctricos de nueva generación (*relés*) y resistencias, logrando un correcto funcionamiento para el modo de compresión de la máquina de ensayos de 5 kN, se realizó una prueba de funcionamiento para verificar el funcionamiento del nuevo circuito, el cual se aprecia en la Fig. 9.

La inclusión de los *Mosfet* fue necesaria para lograr un funcionamiento continuo de la máquina en el recién instalado modo de operación a compresión. Ya que inicialmente, al intentar operar la máquina en el modo de compresión trabajaba por un periodo corto y después se detenía, al integrar el componente electrónico se pudo lograr que

permaneciera en trabajo continuo pues no permite que se efectúe un corte en la corriente logrando estabilizarla.

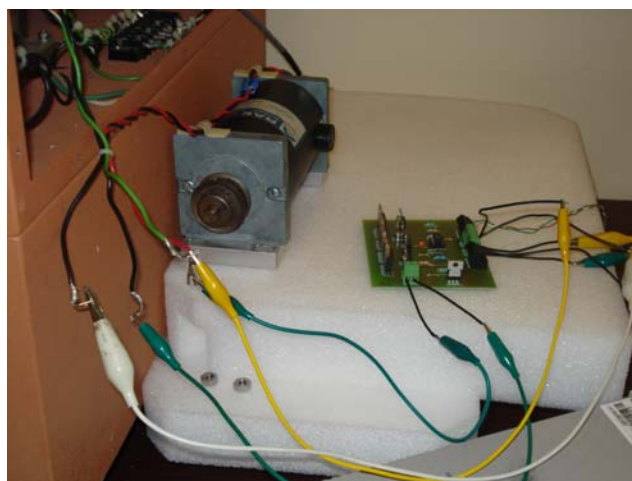


Fig. 9. Ensayo del funcionamiento del circuito antes de la instalación final.

La implementación adecuada del circuito de control para realizar los ensayos a compresión fue adecuada, las velocidades antes de y después de las mejoras se muestran en la Tabla 7:

Tabla 7. Velocidad presentada en los ensayos antes y después de los ajustes.

Velocidad ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)	Ensayo
2,54	Ensayo de tracción antes de los ajustes
0,56	Ensayo de tracción después de los ajustes
No presentaba	Ensayo de compresión antes de los ajustes
1,1	Ensayo de compresión después de los ajustes

5. CONCLUSIONES

Se realizaron cambios y modificaciones a una máquina de ensayos a tracción común que cumplen con los requisitos establecidos para este proyecto.

Estas mejoras permiten su utilización en procesos de calibración de elementos elásticos en modo de tracción y en modo de compresión, cumpliendo con normas y procedimientos en cuanto a los tiempos de aplicación de carga (velocidad y estabilidad).

Estas mejoras también habilitan la máquina para la realización de ensayos de aptitud a laboratorios secundarios de calibración de fuerza (máquinas de ensayo), tanto a compresión como a tracción.

En la modificación del diseño mecánico se implemento la nueva transmisión por poleas dentadas; al realizar la prueba de estabilidad estructural para ensayos a compresión se pudo notar que la estabilidad era la adecuada para los fines establecidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro Nacional de Metrología por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto. También agradecen a la Universidad Autónoma Chapingo por la colaboración.

REFERENCIAS

- [1] Shigley. Joseph, Elementos mecánicos flexibles, Diseño en Ingeniería Mecánica Vol. 1, 6ª ed. Año 2002, pp. 658.
- [2] Intermec Ltda. Transmisiones por correas dentadas de tiempo y sincrónicas. <http://www.intermec.com.co>, 2008-05-20.
- [3] Control de motores cc puente H. <http://robots-argentina.com.ar>, 2008-05-24.