

# Reparación y automatización de una máquina universal de ensayos

## Repairing and automation of a universal testing machine

Torres, Jorge\* y Redondo, José  
Universidad Nacional Experimental del Táchira  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Táchira 5001, Venezuela  
\*jtorres@unet.edu.ve

Recibido: 27-02-2008

Revisado: 27-05-2009

### Resumen

*En la Universidad Nacional Experimental del Táchira existe una Máquina Universal de Ensayos, (MUE) fuera de servicio por presentar problemas en los diversos sistemas que la componen, a saber: mecánico, hidráulico, electrónico y de control. Los autores se propusieron el objetivo de recuperar esta máquina que era utilizada para conocer el comportamiento y propiedades de los materiales. Se desarrolló un plan de recuperación de la MUE que permitiera el diagnóstico del funcionamiento de todos los componentes y, aplicando reingeniería, se dibujaron todos los planos mecánicos y eléctricos, se desarrollaron los manuales de usuario y mantenimiento y se creó un software en un lenguaje de programación gráfico que hace las veces de un panel de control de la máquina. La reparación y automatización de la MUE se logró utilizando la metodología descrita y actualmente la universidad dispone de esta herramienta necesaria para la investigación y educación de los estudiantes de ingeniería.*

**Palabras clave:** Automatización, máquina universal de ensayos, reingeniería.

### Abstract

*At the Universidad Nacional Experimental del Táchira there is a Universal Testing Machine (UTM), that had been out of service for a long time because it presented problems in the mechanical, electrical, hydraulic and control systems. The authors had the objective of repairing this machine as it is very useful in modern engineering designs as well as in the learning-teaching process. The Universal Testing Machine is used to determine properties of mechanical materials. A plan to recuperate the UTM that would allow a diagnosis of all its components was developed and, applying reengineering, all the mechanical and electrical plans were drawn; the electrical, mechanical and maintenance user's manuals were written and a software in a graphic programming language that works as a control panel was developed. The recuperation and automation of the UTM was possible using the described methodology and now the university has this necessary tool both for research and teaching activities.*

**Key words:** Automation, testing machine universal, reengineering.

### 1 Introducción

El ingeniero moderno debe tener un conocimiento fundamental en todas las áreas de ingeniería. Es casi imposible desarrollar correctamente el diseño de estructuras o máquinas, sin un profundo dominio de la mecánica del medio continuo. La máquina universal de ensayos ha sido diseñada para la comprensión de cómo los cuerpos responden a la acción de cargas o fuerzas aplicadas. Entre los diversos

finés para los que se emplean éstas máquinas son: determinar las propiedades de ingeniería y fijar las posibilidades de trabajo de los materiales, efectuar el control de calidad durante los procesos de fabricación, determinar tipos de tratamientos a los aceros para un uso determinado, establecer las causas de fallas en servicio, determinar si unos materiales pueden ser reemplazados por otros, investigar nuevos procesos de fabricación y estudiar nuevos tipos de materiales. La máquina universal de ensayos realiza tres ensayos

fundamentalmente: el ensayo de tracción, mejor conocido como ensayo de ingeniería, el ensayo de compresión y el ensayo de flexión. Para realizar otro tipo de ensayo, es necesario disponer de accesorios que permitan realizar ensayos, tales como, corte, térmicos, columnas, torsión, etc. El ensayo de ingeniería es el más completo en cuanto a propiedades de ingeniería se refiere, propiedades necesarias para el diseño, también es empleado en la verificación de especificaciones de aceptación y creación de nuevos tipos de materiales. Esto deja entrever la importancia que atesora la recuperación de ésta máquina.

La máquina universal de ensayos consta de dos cabezales móviles, un cilindro hidráulico para aplicar la carga, una celda de carga para medir la fuerza aplicada, un panel de control y un extensómetro para medir la deformación del material ensayado. El objetivo de este trabajo ha sido la reparación, puesta en marcha y automatización de la máquina universal de ensayos marca Acco Riehle, ubicada en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). Se destaca que el proceso de automatización tiene dos objetivos: el desarrollo científico y tecnológico y, acercar a los estudiantes de ingeniería mecánica al uso de estas herramientas. Para cumplir estos objetivos se han evaluado las condiciones y requerimientos de trabajo de la máquina acordes con la norma COVENIN 299-89. El trabajo de automatización implicó diseño y construcción de: sensores de desplazamiento para los cabezales de la máquina, circuitos impresos, rediseño del control de velocidad y creación de un software de control, que hace las veces del panel de control original de la máquina. También se elaboraron manuales de operación y mantenimiento.

La principal limitante para cumplir el objetivo propuesto fue el factor económico, ya que para la realización del proyecto se contaba con un bajo presupuesto. La reingeniería tomó un papel fundamental en la realización de éste trabajo, con el máximo aprovechamiento de equipos desincorporados de la universidad, coaccionada con la necesidad de alta resolución en los sensores a diseñar. Otra dificultad fue la carencia de algún tipo de plano electrónico ó mecánico de la máquina.

## 2 Máquina universal de ensayos Acco Riehle

La Máquina Universal de Ensayos ACCO RIEHLE, (Fig.1), modelo HD120, serial 763308, fabricada por la Wilson Instruments Corp., fue adquirida por la UNET en el año de 1976, la cual contaba con un sistema de control y medición analógico-digital.

El control de la máquina se puede simplificar en tres sistemas:

- Sistema eléctrico: consta de un panel de control, equipado con un indicador de carga digital, interruptores para el control del desplazamiento de los cabezales, dispositivo para impresión de la curva de ingeniería.
- Sistema mecánico: consta de dos columnas de acero que conforman el marco de la máquina, un pistón hidráulico

de alta capacidad que proporciona la fuerza al cabezal inferior, una celda de carga y un cabezal superior de posición variable.

- Sistema hidráulico: compuesto por depósito de aceite, bomba, motor y electroválvulas.

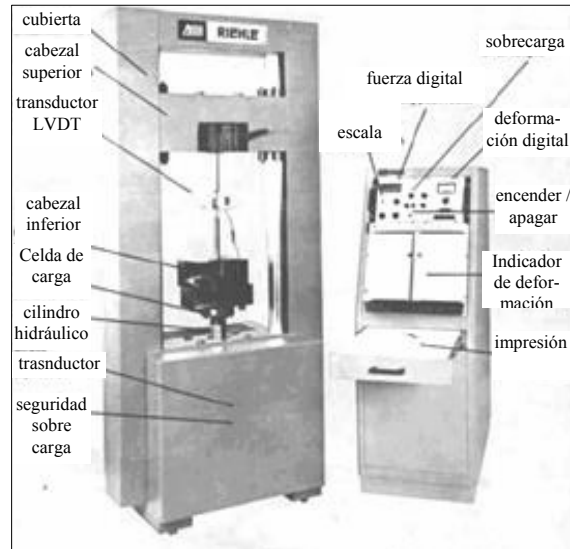


Fig. 1. Máquina universal de ensayos Acco Riehle

## 3 Diagnóstico del sistema hidráulico

### 3.1 Manómetro

El manómetro indica la presión de suministro de la bomba. De la placa se lee marca: UCC de aguja con glicerina y doble escala. Capacidad máxima: 350 bar. Apreciación: 10 bar.

El manómetro se evaluó en el banco de pruebas del laboratorio de mecánica de fluidos-UNET, sometiéndolo a la presión máxima de 140 bar. La tabla 1 muestra los datos registrados y la Fig. 2 muestra el ajuste lineal calculado por mínimos cuadrados con un error 0,054%.

Tabla 1. Diagnostico del manómetro

Presión manómetro ( $P_M$ ) [bar]	Presión banco de prueba ( $P_B$ ) [bar]
0	0
20	19,5
40	40,3
60	60,1
80	79,8
100	100
120	120
140	140

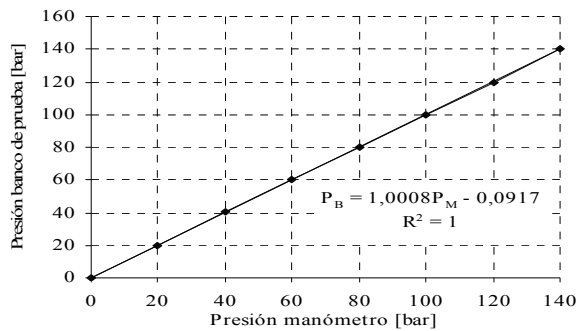


Fig. 2. Curva de diagnóstico del manómetro

La presión máxima es de 140 bar por las limitaciones del banco de prueba. La prueba a alta presión se realizó en el mismo banco hidráulico de la máquina universal, para ello se elevó la presión hasta valores preestablecidos en las válvulas de seguridad (55 y 220 bar), obteniéndose las lecturas esperadas. Estas pruebas certifican el buen estado del manómetro y que el banco hidráulico en general funciona correctamente.

### 3.2 Electroválvulas

El sistema hidráulico posee cuatro electroválvulas, encargadas del control de la potencia suministrada por la bomba a las diferentes funciones de la máquina, como: desplazamiento de los cabezales superior e inferior, bloqueo por freno hidráulico del cabezal superior y control de la máxima potencia del cabezal inferior. Todas las electroválvulas tienen dos estados: carga o descarga, esto es, permiten el flujo de aceite para cumplir con su función o no lo permiten. Se procedió a realizar mediciones de voltaje y corriente en los dos estados: carga y descarga. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2. Comprobación de la operatividad de las electroválvulas

Función de la válvula	V [Vol-tios]	R [Ohms]	Normalmente	Estado
Bloqueo	110	42	Energizado	Descarga
Carga	110	42	Sin energía	Descarga
Subir Cabezal Sup.	110	42	Sin energía	Descarga
Bajar Cabezal Sup.	110	42	Sin energía	Descarga

La resistencia eléctrica se midió directamente con un multímetro digital. Cada electroválvula se alimentó con 110 voltios, activándose correctamente al impulso aplicado. Las electroválvulas poseen un sistema que consumen corriente en el instante de su activación y/o desactivación, que luego se hace casi nula en el estado normal. Al encender el sistema sólo se energiza la válvula de bloqueo (estado de descarga), mientras las demás permanecen sin energía. Así, se comprueba que las electroválvulas funcionan correctamente. La válvula de bloqueo también funciona como dispositi-

vo de seguridad, si por algún motivo se pierde el flujo eléctrico mientras la máquina está cargada, el sistema de bloqueo evita que el cabezal superior deslice bruscamente.

### 3.3 Motor y bomba

El motor de 1.5 Hp, trabaja a 1140 rpm, se alimenta de energía eléctrica (220 Volt) y suministra energía cinética a la bomba (marca: Rivett, modelo N° PFH1002 2442), ésta eleva la presión del aceite del banco hidráulico. De la inspección del acople motor-bomba y evaluación de la presión de salida en la bomba se concluyen que están en buen funcionamiento, puesto que se montaron dos manómetros distintos, y controlando la carga, las mediciones de presión, tenían bajos porcentajes de error. También se realizaron observaciones en operación, para descartar la posibilidad de cavitación o de fugas de aceite.

## 4 Diagnóstico del sistema mecánico

Se realizó una inspección de todas las piezas, se desarmaron las mordazas, cabezales, se limpiaron y engrasaron las partes que lo requerían. De todo el sistema mecánico se centró la atención en el controlador de la velocidad del cabezal inferior, puesto que tenía la cadena de transmisión rota.

### 4.1 Controlador de la velocidad del cabezal inferior

El sistema de control original del cabezal inferior, funcionaba del siguiente modo: el cabezal es accionado por una válvula de flujo variable de cuatro vías, y ésta a su vez es controlada por un motor-generador. La velocidad se fijaba en el panel de control. El motor estaba acoplado a la válvula a través de una cadena plástica. Un tornillo de potencia, con una relación 101:1, servía como mecanismo de bloqueo, para que el movimiento del cabezal solo se generase desde el motor-generador. Una caja de reducción de velocidad de 60:1, incrementaba el torque. El sistema se comporta como un lazo cerrado.

El motor-generador presenta un avanzado estado de deterioro. Su reparación resulta impráctica. La cadena de plástico se encuentra rota. Estos componentes se han discontinuado del mercado por la antigüedad de la máquina. Se ha observado que la velocidad de desplazamiento del cabezal inferior está determinada directamente por el movimiento de la cadena. Así, para mantener una velocidad constante del cabezal inferior se requiere de una presión variable en la válvula de cuatro vías. Por otra parte, el eje del tornillo de potencia estaba doblado, ameritándose ser reemplazado. El sistema electrónico del control de velocidad fue revisado, determinándose que la mayoría de los componentes electrónicos estaban deteriorados y obsoletos. Todo esto concluye que el sistema de velocidad original de la máquina no puede ser reparado.

4.2 Cabezal superior

El desplazamiento del cabezal superior es activado por dos electroválvulas del banco hidráulico, produciendo un desplazamiento a velocidad constante, debido a que se alimenta a presión constante. Este cabezal es sólo de posicionamiento, para variar la distancia entre los cabezales. Posee un sistema de bloqueo hidráulico, el cual debe ser activado durante la realización de los ensayos, para evitar su desplazamiento. El sistema es activado por una electroválvula del banco hidráulico. Pruebas determinaron que el sistema de desplazamiento del cabezal superior se encuentra en perfectas condiciones.

5 Diagnóstico del sistema de medición

El sistema de medición está constituido por la celda de carga y un extensómetro. El extensómetro es del tipo inductivo, registra la deformación del material al comienzo del ensayo, luego se registra la deformación con un sensor del desplazamiento del cabezal. La máquina carece de otros medidores de deformación, por lo cual se crearon los sensores de los cabezales.

5.1 Celda de carga

Es un dispositivo para medir la carga aplicada. La celda de carga internamente tiene la configuración de un puente de Wheatstone. Para su diagnóstico se realizaron mediciones de la resistencia de las galgas. Obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 3. Mediciones en la celda de carga

Resistencia	[Ohm]
AB	264
AC	264
AD	353
BC	353
BD	264
CD	264

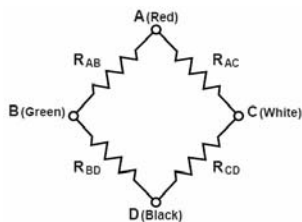


Fig. 3. Configuración interna de la celda de carga

Los valores teóricos (obtenidos del fabricante) de  $R_{AD}$  y  $R_{BC}$  son de  $350 \pm 3.5$  Ohms, con lo que se observa una diferencia de 3 Ohms, estando dentro del rango. Pero esto no es suficiente para emitir un diagnóstico de evaluación,

ya que las galgas pudiesen estar sueltas y no deformarse con la aplicación de carga. Se realizó una prueba con carga para observar la respuesta de la celda de carga y así determinar su ganancia. Consistió en la aplicación de pesos conocidos midiendo las salidas de voltaje de la celda de carga. La siguiente figura muestra los resultados de la prueba.

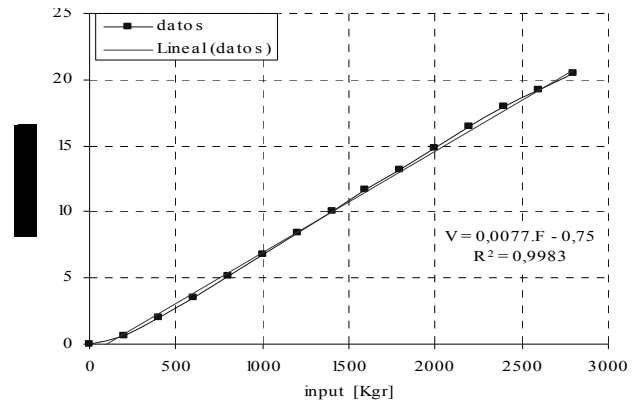


Fig. 4. Determinación de ganancia de la celda de carga

5.2 Sensor de desplazamiento

Es del tipo inductivo. La principal limitación es su capacidad de medición, la cual es de 2 mm. La parte mecánica del dispositivo basa su funcionamiento en el principio de palanca para aumentar la precisión del transductor diferencial de variación lineal (LVDT). La identificación de las bobinas y estado del LDVT se muestra con la siguiente tabla.

Tabla 4. Mediciones en el LVDT

Resistencia	[Ω]	Resistencia	[Ω]
AB	16,1	BC	∞
AC	∞	BD	∞
AD	∞	CD	123,2

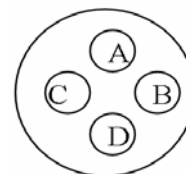


Fig. 5. Conector del LVDT

Las bobinas se encuentran en buen estado y aisladas. Se identifica la bobina AB como la primaria (por su menor resistencia) y la bobina CD como la secundaria. A continuación se muestra la curva de calibración del LVDT.

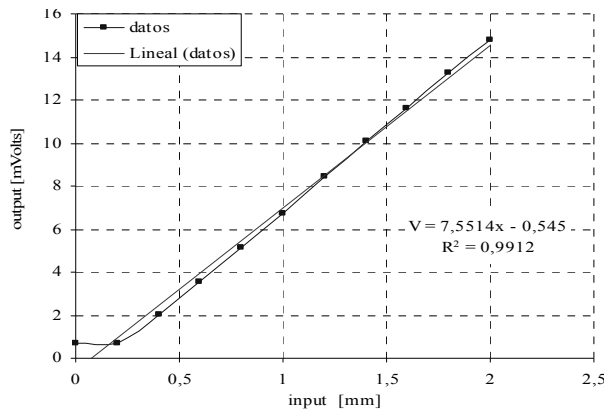


Fig. 6. Determinación de ganancia del LVDT

No se disponían de manuales del fabricante para comparar las curvas de calibración tanto la celda de carga, como del LVDT, sin embargo, su comportamiento lineal asegura el buen funcionamiento de estos instrumentos. En el caso del LVDT se encontraron mayores diferencias por la desviación estándar de los equipos de medición empleados, sin embargo el ajuste por mínimos cuadrados permite la determinación de la ganancia.

Ya realizado todo el proceso de automatización, en el cual se emplearon las ganancias determinadas, se realizaron ensayos sobre acero 1020 y aluminio comercial, los resultados fueron comparados con los registrados en libros y normas, consiguiéndose errores de 2.3%.

### 6 Diagnóstico del sistema de control

Los dispositivos y tarjetas electrónicas de control de la máquina están totalmente deteriorados. Las tarjetas de acondicionamiento de señal de la celda de carga y LVDT no sirven. Estos elementos se han discontinuado del mercado. No se encontró físicamente el dispositivo que grafica la curva de ingeniería.

Los transformadores de alto voltaje y el relé trifásico que activan el motor del banco hidráulico, se encuentran en perfecto estado.

Tabla 5. Resumen del diagnóstico de la máquina universal de ensayos

Sistema	Dispositivo	Estado	Control
HIDRAULICO	Motor	Bueno	Bueno
	Manómetro	Bueno	
	Bomba	Bueno	
	Electroválvula	Bueno	Regular
	Deposito de aceite	Bueno	regular
	Control de cabezal inferior	Dañado	dañado
MEDICION	Control de cabezal superior	Bueno	bueno
	Celda de carga	Regular	dañado
	LVDT	Bueno	dañado
CONTROL	Panel	Dañado	

## 7 Reparación y automatización

### 7.1 Control de velocidad del cabezal inferior

El control de velocidad hidráulico (ver Fig. 7), se basa en un sistema que controla la válvula hidráulica de cuatro vías y flujo variable. La válvula es controlada por un vástago, que al conducirlo hacia arriba proporciona presión al émbolo de carga del cabezal inferior moviéndolo hacia arriba y al mover el vástago hacia abajo el émbolo de carga bajará. Cuando el vástago se encuentra en su posición media, la válvula no suministra presión al émbolo (posición normal).

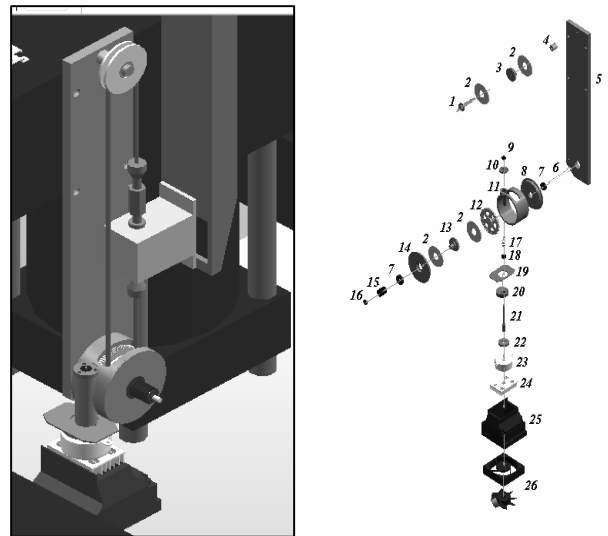


Fig. 7. Control de velocidad

Se conservó el principio original del sistema con las siguientes modificaciones: Se sustituyó la transmisión de cadena por correa. Al efecto se maquinó las poleas donde engranaba la cadena, haciendo la superficie rugosa para proporcionar la fricción necesaria entre la correa y las poleas.

Se instalaron dos discos paralelos a las poleas para evitar que la correa se descarrile. Se sustituyó el motor-generador por un motor paso a paso, que al ser controlado por el computador convierte al sistema en un lazo de control cerrado. Los motores paso a paso presentan algunos inconvenientes como son su bajo torque y velocidad de giro. Esto ha requerido el uso de un motor de 24 voltios de alimentación que provee la fuerza necesaria para vencer el roce del sistema y desplazar el vástago de la válvula hidráulica. El motor paso a paso se obtuvo de una impresora en desuso. Las características del motor paso a paso son: Marca: TEC, Stepping motor CBA45-01201, 24 volt, coil: 22Ω, deg/step: 7.5, TOKYO ELECTRIC. JAPAN. El motor paso a paso es unipolar. La tabla 6 muestra el diagnóstico del mismo.

Tabla 6. Resistencias de la bobinas del motor paso a paso

Resistencia	Ohm	Resisten-	
		cia	Ohm
AB	-	BE	-
AC	23,6	BF	24
AD	-	CD	-
AE	23,4	CE	45,8
AF	-	CF	-
BC	-	DE	-
BD	24	DF	46,6
		EF	-

Con los valores obtenidos en la tabla 6, se identifican las bobinas del motor y luego se busca la secuencia de activación de las bobinas mediante ensayo y error, obteniéndose la secuencia de activación de las bobinas: AC-AE-BD-BF. Los motores paso a paso están diseñados para trabajar durante periodos cortos de tiempo. Dado que los ensayos mecánicos suelen durar hasta 20 minutos, esto pudiera representar un problema. Para solucionarlo se ha construido un disipador de calor y se ha adherido al motor. En experimentos previos se observa que el disipador no es suficiente. Por tanto, la transferencia de calor fue forzada, con un ventilador, conduciendo el flujo hasta el disipador de calor.

Tanto el disipador de calor como el ventilador y conducto, fueron extraídos de una máquina de fotocopiado.

Se diseñó y fabricó el eje del tornillo de potencia, en sustitución del original que estaba doblado. Se fabricó de acero inoxidable.

La fig. 7 muestra el despiece del control de velocidad, se identifica con el número 21, el eje del tornillo de potencia que se rediseñó, con el número 23 el motor paso a paso, con el número 24 el disipador de calor, con el número 25 el conducto de flujo y con el número 26 el ventilador.

### 7.2 Sensor cabezal inferior

La automatización requiere control de los cabezales. Este sensor requiere de una buena resolución (0.1mm), ya que en la zona elástica que es la más crítica se utilizará el LVDT, el cual tiene una apreciación de 1 micra de metro. Se analizaron varios tipos de principios para este dispositivo. Partiendo del principio resistivo se diseñó un nuevo tipo de sensor electro-mecánico, que se fundamenta en un divisor de voltaje, con un potenciómetro multivuelta. En la Fig. 8, en el despiece éste potenciómetro corresponde al número 7. Tiene como atractivo el bajo costo y fácil adquisición. La utilización del potenciómetro requiere transformar el movimiento lineal del cabezal inferior, en movimiento angular, lo cual se realizó con un sistema de correa-engranaje. Éste sistema es un cabezal de impresión (en desuso). Se crearon en el laboratorio de herramientas de la UNET las piezas necesarias para la adaptación a la máquina.

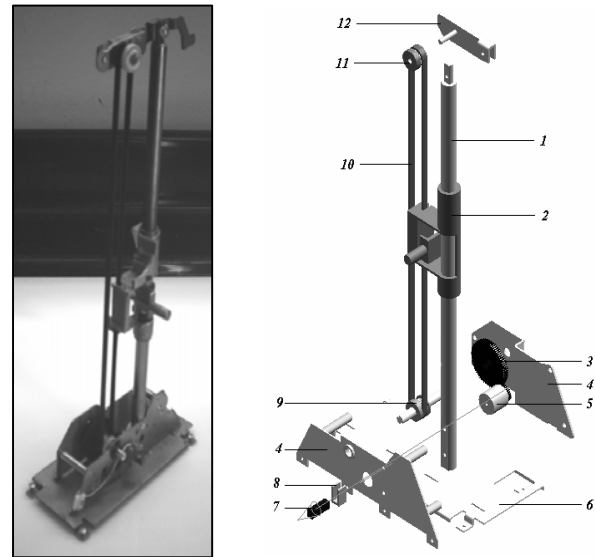


Fig. 8. Control de posición del cabezal inferior y despiece

El cabezal inferior al igual que el cabezal superior tiene un movimiento vertical lineal. El cabezal se acopla al sensor por un buje y a través de una correa dentada se acopla el buje del sensor a un engranaje logrando el desplazamiento angular. Para obtener una máxima resolución del potenciómetro multivuelta, se colocó un sistema de engranaje que adapte los 150mm de desplazamiento máximo del cabezal, en 14 revoluciones (máximo número de vueltas que puede dar el potenciómetro).

### 7.3 Sensor cabezal superior

Es el encargado de recoger la posición del cabezal superior en cualquier momento. Este sensor se diseñó con el mismo principio del sensor del cabezal inferior, pero su sistema mecánico (transformación del desplazamiento lineal en angular) es totalmente distinto, debido a que la longitud de medición es de 1200mm, casi 10 veces respecto del sensor del cabezal inferior, lo que ameritaría una correa de 2500mm, difícil de conseguir en el mercado. Se utilizó un sistema mecánico tipo cremallera-piñón que se adaptó del sistema de posición del cabezal de una impresora (en desuso). Debido a que la cremallera y el eje de la impresora no poseían la longitud requerida, se prolongó el eje y cremallera a una longitud de 1300mm. La estabilidad del sistema se consigue con un empotramiento doble. Uno en la parte inferior para el eje y cremallera y, otro, en la parte móvil del sensor con el cabezal superior. La base para que el sensor acoplara con la máquina universal también fue diseñada y construida.

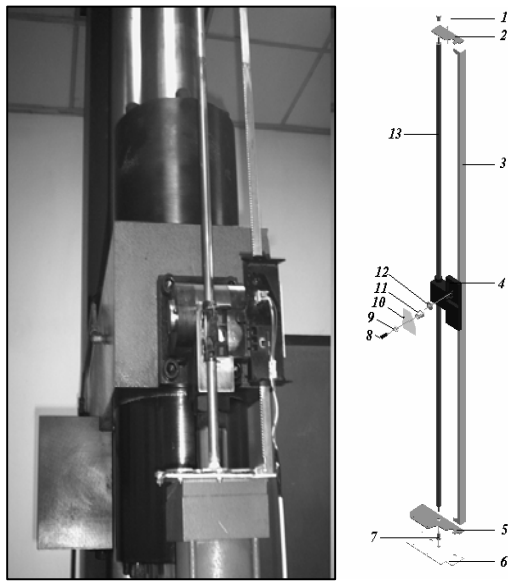


Fig. 9. Control de posición del cabezal superior y despiece

7.4 Sistema eléctrico

La automatización de la máquina universal de ensayos requirió el diseño y construcción de circuitos impresos para el control de todos los dispositivos del sistema y para la generación y acondicionamiento de señal de los sensores.

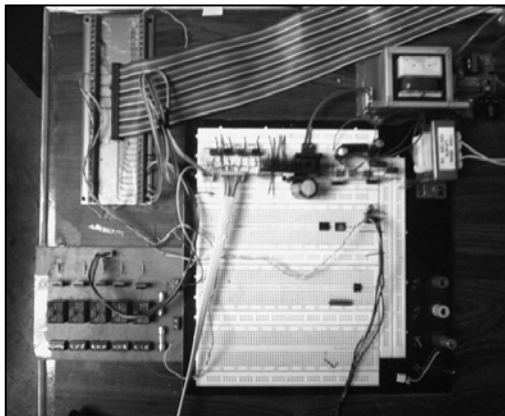


Fig. 10. Construcción de los circuitos para la automatización

La etapa de diseño se realizó en el laboratorio de investigación control y automatización (LICA) de la UNET, ameritándose el uso de equipos como el osciloscopio digital. Algunos elementos costosos como transformadores, capacitores de alta potencia, disipadores de calor y puente rectificador, fueron extraídos de impresoras y fotocopiadoras comprobándose previamente su buen estado.

Para la realización de cualquier proyecto de automatización, el primer paso es la identificación y cuantificación de las señales a controlar, el cual está expresado en el siguiente diagrama de bloques.

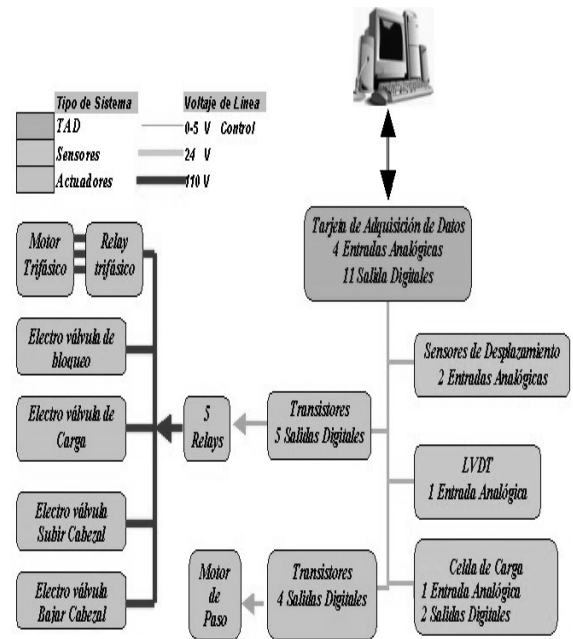


Fig. 11. Diagramas de bloques del sistema

Se crearon los siguientes circuitos: fuente de poder, adquisición de datos de la celda de carga y LVDT, controlador del motor paso a paso, registrador de posición de sensores, y un circuito para controlar el función del banco hidráulico y actuación de las electro-válvulas. Se crearon también todos los dispositivos de filtrado y protección.

8 Calibración de componentes eléctricos

8.1 Calibración del motor pasa a paso

Esta calibración se realizó para determinar la ecuación que se introduce en el software de control. Se midieron las revoluciones del motor por minuto a medida que se varía el tiempo que tarda el software en activar la siguiente bobina de la secuencia de alimentación del motor de paso. La Fig. 12 permite obtener la ecuación de revoluciones por minuto del motor ( $\omega$ ) en función del tiempo de activación entre las bobinas ( $t$ ).

el engranaje reductor motor-polea cuya relación es 101:1, la velocidad de la polea es:

$$\omega_2 = \frac{979.15 * t^{-0.96}}{101} = 9.695 * t^{-0.96} \tag{1}$$

ecuación 2, no es mas que simplemente la transformación de la velocidad angular de la polea en la velocidad tangencial, obteniéndose la velocidad de la correa de control de la válvula, que es la misma que la del cabezal:

$$V_{\text{cabezal}} = 9.695 * t^{-0.96} * 2\pi * 20.8 [\text{mm} / \text{min}] \tag{2}$$

Se despeja de la ecuación, tiempo en función de la velocidad, siendo la ecuación que se introduce en el programa de control.

$$t = e^{\left(-\frac{1}{0.96} \ln \frac{v_{\text{cabezal}}}{1266.98}\right)} \quad (3)$$

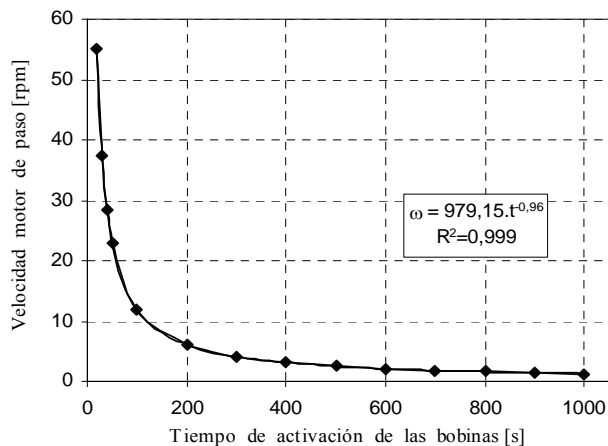


Fig. 12. Calibración del motor a paso

## 8.2 Calibración de los sensores

Los sensores de variación lineal trabajan en el rango de la tarjeta de adquisición de datos (TAD). La Fig. 13, muestra la ecuación obtenida necesaria para la automatización por el software creado.

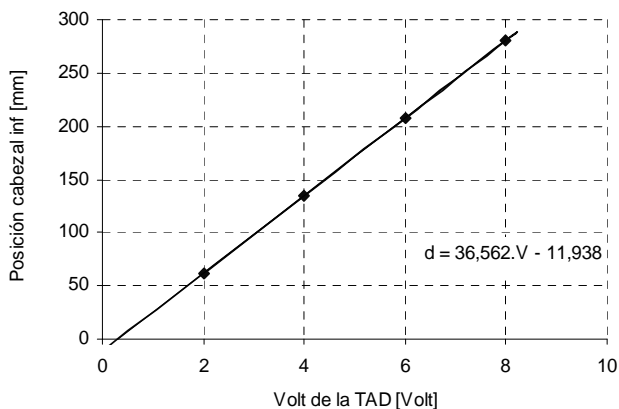


Fig. 13. Curva de calibración de los sensores de desplazamiento

## 9 Software de control

El programa está diseñado para el control de la máquina universal de ensayos ACCO RIEHLE y adquiere las señales de los sensores de la máquina. El software permite al operador ver la curva de ingeniería a medida que se va rea-

lizando el ensayo, pudiendo tomar decisiones durante el mismo. Se empleó como herramienta de programación LabVIEW™ que es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos.



Fig. 14. Panel de control

El software tiene opciones acordes con la norma ASTM internacional E6-3 y E8-4, que dictan sobre la realización de ensayos de tensión. Se le incorporaron mejoras tales como: seleccionar el tipo de ensayo tracción o compresión, guardar los datos en formato digital, opción de trasladar los datos a Excel, registrar los datos iniciales del material ensayado con observaciones como el nombre de la persona que realiza el ensayo, organización, fecha, etc. Todo esto se imprime en el reporte del ensayo. Posee filtros para obtener una mejor señal, posibilidad de generar un polinomio que se ajuste a la curva obtenida. Se puede grabar con una cámara de video los ensayos, se puede variar la velocidad del ensayo de acuerdo al material ensayado en conformidad con la norma (en cualquier momento), cambiar las unidades de trabajo. Por último este panel de control tiene un mejor control visual del ensayo, comparado con el panel anterior.

## 10 Conclusiones

Se ha recuperado la máquina universal de ensayos marca Acco Riehle de la UNET, que por mucho tiempo ha estado fuera de servicio por presentar problemas en los diversos sistemas que la componen. Además, la máquina se ha modernizado, en el sentido de que sus funciones se han automatizado con nuevas tecnologías.

Queda demostrado que la reingeniería hoy en día es de vital importancia para el desarrollo tecnológico, reduce enormemente los costos, ya que muchos de los dispositivos han sido adaptados de desechos que la universidad tenía.

El trabajo no sólo tiene una importancia en el ambiente



de las ciencias, también en el ambiente de la educación, el alcance que se logra cuando el estudiante entra en contacto con instrumentos de medición, con el proceso de automatización, con el desarrollo de tecnología, ha hecho que el estudiante tenga acceso a nuevos conocimientos y sea capaz de analizar y tomar decisiones cuando se incorpore al mercado laboral de manera efectiva, utilizando estrategias que aseguren el buen desarrollo y funcionamiento de las máquinas que actualmente operan y sea capaz de sugerir nuevos cambios para mejorar y tecnificar los procesos productivos de las industrias en pro de la comunidad y desarrollo profesional. Un ingeniero íntegro puede participar en muchas ramas de las actividades económicas que se desarrollan en el país.

El software de control creado permite expandir a nuevas funciones la máquina. Los estudiantes que se han motivado actualmente están trabajando en el desarrollo de nuevos ensayos.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a los profesores, técnicos y estudiantes quienes trabajan en los laboratorios y prestaron todo su apoyo.

#### Referencias

- Andrew P, Ferdinan L, 1994, Resistencia de los materiales, 4<sup>ta</sup> edición, Harla, Mexico.
- Ernest E, Doebelin, 2005, Sistemas de medición e instrumentación, 5<sup>ta</sup> edición, Mac Graw-Hill, México.
- Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister, 1995, Manual del ingeniero mecánico, 9<sup>na</sup> edición, Mac Graw-Hill, México.
- Fundamentos de bancos hidráulicos, disponible en la página web: [www.cec.juntaandalucia.es/opjaen/tecnología/pdf](http://www.cec.juntaandalucia.es/opjaen/tecnología/pdf)
- Joseph E, Shigley C, Mischke R, 1990, Diseño en ingeniería mecánica, 5<sup>ta</sup> edición, Mac Graw-Hill, México.
- Lázaro A, 2000, LabVIEW, Programación gráfica para el control de instrumentación, reproducción-UNET.
- Normas para ensayos de tracción, disponibles en la página web: [www.astm.org](http://www.astm.org)
- Salazar JL, 1999, Tarjeta de adquisición y control universal con transferencia de datos por DMA, Tesis de Grado-UNET.
- Tutorial de LabVIEW, disponible en la página web: <http://www.ni.com/>