

Grandes equipos de ensayo. Máquina Universal Dinámica de 10.000 kN

FCO. JAVIER SAINZ DE CUETO TORRES (*)
ANTONIO ROMAN LOPEZ GARCIA (**)

RESUMEN. El artículo muestra los aspectos básicos del equipo de ensayos mecánicos recientemente instalado en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX. MOPTMA) de Madrid.

La máquina consiste esencialmente en una prensa oleohidráulica universal dinámica que permite varios modos de aplicación de carga hasta 10.000 kN (capacidad máxima).

Se señalan algunas posibilidades de uso y aplicaciones a elementos estructurales o bien a muestras de sus materiales constituyentes.

LARGE SCALE TESTING EQUIPMENTS. DYNAMICAL UNIVERSAL MACHINE OF 10.000 kN

ABSTRACT. *This paper shows the main characteristics of the mechanical testing equipment newly set up in the Central Laboratory of Structures and Materials (CEDEX. MOPTMA) in Madrid.*

The machine basically consists of a double effect dynamical hydraulic press that enables several modes of loading up to 10.000 kN (maximum capacity).

Some service possibilities and applications on structural elements, or specimens from its constitutive materials, are pointed out.

Palabras clave: Ensayo; Sistemas de medida; Prensa dinámica; Tracción; Compresión; Flexión.

1. ANTECEDENTES HISTORICOS

El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, institución de prestigio aceptado nacional e internacionalmente por su dilatada historia de actuaciones en el campo de las obras públicas y la construcción, fue fundado en 1898 por Real Decreto de 12 de agosto siendo Regente la Reina María Cristina y ha venido funcionando ininterrumpidamente desde aquella fecha.

Ubicado en las cercanías del Retiro y del Observatorio Astronómico, el Laboratorio fue inicialmente encuadrado como organismo unido a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, siendo posteriormente adscrito al actual Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, dentro del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

El Laboratorio Central, en su ya casi un siglo de existencia, ha realizado alrededor de cincuenta mil informes y expedientes, con estudios, ensayos y peritajes técnicos de las más variadas características: ensayos de maderas y aceros para la construcción de la red ferroviaria; hormigones para las grandes presas de la postguerra; rocas y cerámicas para la edificación; hormigones armados y pretensados para la industria nuclear y los grandes puentes actuales, etc.

Dejando a un lado los estudios teóricos y de modelización matemática, la experimentación en ingeniería precisa de infraestructuras de gran potencia y precisión. El Laboratorio Central ha tenido a su disposición, desde su etapa fundacio-

nal, la maquinaria más moderna y de calidad más exigente de cada época, bien fuese de fabricación nacional o de importación.

La conservación y cuidado de dichas máquinas ha sido siempre escrupulosamente minuciosa por parte del personal responsable de su funcionamiento. Por ello pueden encontrarse aún, en el Laboratorio Central, máquinas en perfecto funcionamiento con cien años de vida útil.

No obstante, el paso del tiempo y el avance de la tecnología es inexorable y dichas máquinas amortizadas y obsoletas deben ser transportadas a los museos científicos y tecnológicos y sustituidas por los nuevos avances en sistemas mecánicos servocontrolados, con equipamientos electrónicos e informáticos para la toma y el tratamiento de datos. Tal es el caso de la prensa universal dinámica, de 10.000 kN de capacidad, recientemente importada de la República Federal Alemana, tras su correspondiente concurso público. La empresa adjudicataria tiene un indiscutible renombre a nivel mundial, especialmente en la construcción de grandes máquinas de ensayos mecánicos.

El emplazamiento de una máquina de tan elevadas dimensiones ha obligado a realizar importantes obras de remodelación en la sala de máquinas del Laboratorio Central y en el equipamiento básico del edificio, como puede ser su instalación eléctrica y transformadores, dada la considerable potencia de alimentación trifásica que requiere la prensa. Las obras de cimentación y construcción del foso y recinto de la máquina han sido llevadas a cabo durante el presente año por una empresa pública constructora.

2. ASPECTOS DEL EQUIPO

La prensa universal dinámica va a permitir la experimentación tanto sobre materiales convencionales como sobre los

(*) Doctor Ingeniero de Caminos. Jefe del Sector de Genio de Materiales.

(**) Maestro Industrial. Cuerpo Auxiliares Técnicos. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales CEDEX. MOPTMA.



FOTO 1. Antiguas máquinas de ensayo del laboratorio Central.

nuevos materiales que tienden a utilizarse progresivamente en la construcción: hormigones de altas prestaciones, con resistencias sobrepasando los 1.000 kp/cm^2 y con elevada compacidad; hormigones de fibras; refuerzos de fibra de vidrio y carbono; aceros nuevos soldables; sistemas de pretensado; materiales compuestos y de resistencia elevada a la fatiga o el impacto, etc. La capacidad máxima de la máquina para esfuerzos de compresión es de 10.000 kN (es decir, 1.000 toneladas de fuerza), permitiendo un espacio libre de ensayo de 5 metros de altura.

La prensa puede realizar igualmente roturas por tracción y flexión de los materiales y adoptar un funcionamiento estático o dinámico (en este último caso, la capacidad de la máquina es de 6.300 kN). Puede repetir ciclos de carga con una frecuencia elevada y simular sollicitaciones variables previamente programadas.

La prensa va equipada con brazo manipulador, para el movimiento de elementos pesados de ensayo, y equipo auxiliar de transporte por colchón de aire. La extensometría es otra de las características llamativas del equipo: dada la violencia de las roturas en la mayoría de los materiales, se hace necesario el seguimiento de su deformación a distancia. La



FOTO 2. Prensa horizontal universal estática Amsler de 300 T .



FOTO 3. Obras de cimentación y del foso de la máquina de 10.000 kN .

máquina está dotada de un medidor extensométrico basado en la tecnología láser, para poder monitorizar la deformación del material durante su proceso de carga y conseguir la determinación de la deformación hasta el instante mismo de la rotura.

El equipo lleva incorporados sistemas de autocalibración que garantizan la fiabilidad de las medidas obtenidas durante los ensayos, todo ello acorde con la tradición de aseguramiento de calidad presente siempre en los trabajos del Laboratorio Central. La reducida incertidumbre unida a la importante capacidad potencial de carga, ya en el denominado con el argot de laboratorio «Club de los Meganewtons», permite a la industria de la construcción española situarse en una posición segura, especialmente de cara a los reconocimientos y homologaciones de productos en el ámbito europeo, donde sólo contados países disponen de una infraestructura de ensayo de tal envergadura.

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

Tiene dos modos de funcionamiento: estático y dinámico.

El pistón es de doble efecto, puede actuar en tracción y compresión.

Carrera de pistón: 400 mm .

Carga máxima y rango máximo:

Compresión estática: 10.000 kN .

Tracción estática: 6.300 kN .

Flexión estática: 6.300 kN

Rango estático: -10.000 kN a $+6.300 \text{ kN}$ (16.300 kN)

Rango dinámico: -10.000 kN a $+3.000 \text{ kN}$ (13.000 kN)

-6.700 kN a $+6.300 \text{ kN}$ (13.000 kN)

INFRAESTRUCTURA

La máquina se encuentra ubicada en un foso de aproximadamente $3 \times 4 \text{ m}$ de planta, con una profundidad de 3 m .

Lateralmente dispone de dos galerías de aproximadamen-



FOTO 4. Armadura del foso de la máquina.



FOTO 6. Detalle de la entrada del bastidor en el edificio.



FOTO 5. Operación de entrada desde el Parque del Retiro.

te 4,40 m de longitud, 1 m de anchura y 2 m de profundidad, que permite la situación del puente de flexión y los equipamientos de tracción y auxiliares.

La losa de cimentación es de hormigón armado de 0,80 m de espesor.

ELEMENTOS PORTANTES

El bastidor, que constituye la estructura resistente, es autoportante y se encuentra emplazado apoyando simplemente sobre la solera de hormigón del foso mediante cuatro elementos de tipo muelle-amortiguador, para impedir la transmisión de vibraciones a la infraestructura.

ESTRUCTURA RESISTENTE

Se trata de un bastidor formado por cuatro columnas y dos travesaños.

El travesaño inferior descansa sobre los elementos portantes. Se trata de una placa fija que constituye la base y sirve de encastramiento y anclaje rígido de las columnas. Su espesor es 440 mm.

El travesaño superior es móvil, incorpora el cilindro y puede posicionarse a cualquier cota de las columnas. Su espesor es 500 mm.

Las columnas son cilíndricas de 280 mm de diámetro. Son de acero rectificado y están dotadas de escudos protectores anti-impacto. La distancia entre ejes de columnas es de 1.480 mm.

El espacio libre entre columnas es de 1.200 mm.

La rigidez del bastidor es de 50,7 MN/mm m.

SISTEMA HIDRAULICO PRINCIPAL

El pistón hidráulico de la máquina es alimentado por dos grupos oleohidráulicos de presión de 120 c.v. de potencia cada uno. La distribución del flujo se realiza mediante servoválvulas.



FOTO 7. Aspecto de la máquina vista desde el interior del foso.

Los motores eléctricos son trifásicos de 380 v. La presión de aceite en servicio es de 280 bar. El caudal máximo de aceite en servicio es de 330 l/min. El circuito principal va refrigerado mediante agua en circuito cerrado con una torre de refrigeración. El caudal proporcionado por el circuito de refrigeración es de 167 l/min. Servoválvula de tres etapas. Flujo de 400 l/min a 70 bar de caída de presión.

SISTEMA HIDRAULICO SECUNDARIO

Para el movimiento y posicionamiento del travesaño superior y del cilindro. Es independiente del sistema principal.

Al dar presión se liberan los anclajes y se puede desplazar el conjunto.

Al anular la presión se bloquean los anclajes, posicionándose el travesaño superior. Actúa pues el circuito secundario como un sistema de seguridad pasiva.

SISTEMA DE CONTROL Y MEDIDA

La máquina puede actuar en régimen estático o dinámico con control de carga y desplazamiento. Admite una tercera opción de control externo o por deformación.



FOTO 8. Aspecto de la máquina y de la consola de control.

- Electrónica digital para el servocontrol del funcionamiento.
 - Dispone de 5 canales de amplificación de señales integrados en la consola.
 - Adicionalmente tiene un sistema multiplexado de adquisición de datos de hasta 60 canales.
- Célula de carga de 1.000 kN para el control y mejora de apreciación de carga en rangos reducidos.
- Extensometría de contacto y láser. Extensómetros de contacto para ensayos estáticos y dinámicos. Extensómetro láser para ensayos hasta rotura. Admite bases desde 25 mm a varios metros.
- Sistema informático. Para el almacenamiento y tratamiento de datos de funcionamiento y ensayo.
- Sistemas de calibración.
 - Sistema completo para la calibración del funcionamiento en tracción.
 - Sistema completo para la calibración del funcionamiento en compresión.

EQUIPAMIENTO TRACCION

Dos portagarras o mordazas de tipo hidráulicas, superior e inferior.

Garras para probeta plana que admiten planchas entre 5 y 160 mm.

Garras para probeta cilíndrica que admiten diámetros entre 16 y 150 mm.

Capacidad estática y dinámica: 6.300 kN.

EQUIPAMIENTO COMPRESION

Dos platos cuadrados de 650 mm de lado. El plato inferior es fijo y el superior provisto con rótula esférica.



FOTO 9. Mordazas de tracción y elemento manipulador.

Altura máxima de probeta de ensayo: 5.000 mm.

Los platos pueden situarse por comodidad en las mordazas de tracción.

Altura máxima de probeta (en esta hipótesis): 2.300 mm.

Capacidad estática y dinámica: 10.000 kN.

EQUIPAMIENTO FLEXIÓN

Puente horizontal para ensayos de flexión. Permite ensayo de elementos con distancia entre apoyos extremos de 4.000 mm.

Cilindros de apoyo de 120 mm de diámetro y 800 de anchura.

Se sitúan a una altura de 500 mm sobre el puente.

Capacidad estática y dinámica: 6.300 kN.

EQUIPAMIENTO AUXILIAR:

— Un manipulador para probetas o piezas pesadas hasta 1.200 Kp.

Diseñado con varios adaptadores para distintas tipologías, permite el posicionamiento en el lugar de ensayo.

— Dos elementos para transporte de probetas y piezas pesadas por colchón de aire.

4. APLICACIONES

Para la ciencia de materiales y las ingenierías de construcción, es básico el conocimiento de los parámetros que caracterizan la deformación y la fractura de los materiales y sus productos, bajo sollicitaciones mecánicas. Cualquier procedimiento de verificación, certificación u homologación implica una experimentación real sobre dichos productos o sistemas, anticipando su comportamiento frente a hipótesis de estados límites de servicio o últimos.

La existencia de un «efecto escala», en los estudios empíricos, impide en muchos casos reducir las probetas y testigos de ensayo a magnitudes de dimensión y carga más asequibles, sin perturbar la fiabilidad e incertidumbre del experimento. Por ello cada tipo de análisis requiere de un determinado rango de cargas y de una maquinaria y equipos.

La máquina de 10.000 kN de capacidad, del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, es en esencia una prensa universal dinámica de doble efecto, con unas amplias prestaciones y versatilidad para la realización de un variado espectro de ensayos mecánicos, tanto estáticos como dinámicos, pudiendo simular diferentes tipologías de sollicitación, como tracción, compresión o flexión, sobre diversos elementos para la construcción o la industria.

Entre los grandes grupos de aplicaciones tenemos:

- Deformación y fractura de materiales de construcción, nuevos y convencionales, que precisen de cargas elevadas de ensayo.
- Materiales metálicos, productos de acero para hormigón armado y pretensado, anclajes y sistemas de pretensado, perfiles metálicos.
- Materiales compuestos y fibras.
- Hormigón de altas prestaciones, hormigones de presas, rocas.
- Materiales cerámicos y vítreos. Fábricas cerámicas.
- Estudios de fatiga de materiales. Fatiga de aceros y hormigones.
- Estudios estáticos y dinámicos de elementos constructivos. Tubos, pilares, vigas, paneles. Ensayos de flexión y cortante. Apoyos. Punzonamiento.
- Ensayos de simulación sísmica de carga. Elementos de construcción antisísmica. Hormigón confinado. Nudos de edificación. Elementos de puentes.

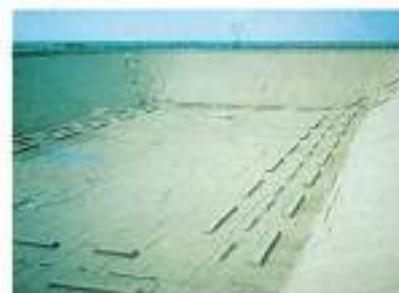
SISTEMA

texsa · COVER

NUEVA TECNOLOGIA DE TEMATEX PARA LA CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TOTALMENTE CUBIERTOS (AGUA POTABLE, AGUA DE RIEGO).



Depósito de JZNAJAR



Depósito de LA MOTILLA

El sistema Texsa-Cover ofrece una solución al problema del crecimiento de la vegetación acuática con sistema de almacenamiento de agua a un mínimo coste.

Este nuevo sistema de cubierta flotante que Texsa introduce ahora en España, es la solución para hacer más rentable la construcción de depósitos de agua potable con el máximo ahorro económico y el mejor resultado. Es de muy rápida ejecución, su coste de mantenimiento es muy bajo y evita los problemas de fisuración de las soluciones rígidas debidos a:

- asientos del terreno,
- dilataciones y retracciones.

El Sistema Texsa-Cover no transmite tensiones y es altamente resistente a todo tipo de solicitaciones externas, tanto físicas como químicas (contaminación, acciones del viento, efectos sísmicos, sobrecargas de nieve, altas temperaturas, etc).

Además, evita la evaporación del

cloro y el desarrollo de algas o microorganismos nocivos, siendo totalmente ecológico y no agrediendo en absoluto el medio ambiente.

Este innovador sistema de cubierta flotante se adapta en color perfectamente a las necesidades y características del entorno, garantizando siempre la mejor calidad y el máximo ahorro.



TEMATEX
GRUPO **texsa**

Doctor Castelo, 10 - 28009 Madrid - Tel. (91) 570 19 99

Polígono Store, Calle B, Parcela 11, Nave 3 - Primera planta - 47006 Sevilla - Tel. (95) 443 67 69

LAFARGE
NOUVEAUX
MATÉRIAUX