



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA



DESARROLLO DE UN EQUIPO DE PRÁCTICAS PORTÁTIL PARA EL ESTUDIO DE LA DEFLEXIÓN Y DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN ELEMENTOS CONTINUOS.

1.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

Título:

DESARROLLO DE UN EQUIPO DE PRÁCTICAS PORTÁTIL PARA EL ESTUDIO DE LA DEFLEXIÓN Y DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN ELEMENTOS CONTINUOS.

Código: ID2012/173

Modalidad:

Proyectos de aplicación institucional en el conjunto de titulaciones, avalados por un Vicerrectorado

DEPARTAMENTO

INGENIERÍA MECÁNICA

Titulación

Titulaciones de Grado: Grado en Ingeniería Mecánica, Grado en Ingeniería Eléctrica, Máster en Ingeniería Industrial (En este momento de vías de solicitud), formación Continua.

Profesor responsable

José Alejandro Reveriego Martín

alex@usal.es

Relación de miembros del Equipo

Carmen Blanco Herrera

cbh@usal.es

José Antonio Cabezas Flores

jacf@usal.es

Pedro Antonio Gómez Sánchez

pedroant@usal.es

José Luis González Fueyo

fueyo@usal.es

Francisco Martín Labajos

labajos@usal.es

Mario Matas Hernández

tili@usal.es

2.- OBJETO

La solicitud del presente proyecto se enmarca dentro de la formación de nuestros alumnos para mejorar la adquisición de competencias en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. El objetivo consiste en el diseño, análisis y puesta en marcha de un equipo de prácticas destinado a la determinación de la deflexión y de la capacidad de carga de elementos continuos.

Objetivo general: Diseño, análisis y puesta en marcha de equipo de prácticas destinado a la determinación de la deflexión y de la capacidad de carga de elementos continuos.

2.1- FASES O ETAPAS:

PRIMERA FASE: Diseño de las tipología y características de las prácticas a realizar.

SEGUNDA FASE: Diseño del prototipo adecuado para las prácticas a realizar.

TERCERA FASE: Análisis y cálculo de todos los elementos del equipo de prácticas.

CUARTA FASE: Construcción y montaje del equipo

QUINTA FASE: Puesta en marcha del equipo en la ETSII de Béjar, en la Facultad de Ciencias y en la EPS de Zamora, para los alumnos de Elasticidad, Resistencia de Materiales, Materiales, Cálculo de estructuras.

Mediante el presente proyecto se pretende que:

- 1.- Los estudiantes de ingeniería pueden contar con un equipo de prácticas el cual perfeccionará su aprendizaje ya que permitirá comprobar bastantes conceptos desarrollados en clase de la materias anteriormente mencionadas.
- 2.- Desarrollo de las competencias específicas de las asignaturas antes mencionadas.
- 3.- Mejora de la calidad de la enseñanza que se realizan en los distintos Centros.
- 4.- Impacto en el campo de la ingeniería industrial en cuyo estudio no hay muchos equipos de prácticas que pueden realizar prácticas reales

3.- DESARROLLO

El planteamiento de sistemas de formación avanzados en ingeniería en el modelo de grado, postgrado, y doctorado, de manera generalizada y accesible, es muy importante y por tanto se han de articular mecanismos que permitan cumplir con las bases del futuro modelo universitario, una formación de grado profesionalizante y una vía de profundización y especialización en el posgrado.

Además con este tipo de equipos se pretende tener la posibilidad de utilizar el equipo de prácticas para realizar proyectos de investigación en los que se analice, dentro de su periodo de vida útil, la capacidad mecánica que tienen los diferentes materiales y sus disposiciones constructivas. Este hecho es muy importante para la interacción de los estudiantes de ingeniería y el mundo profesional. Además es una forma, mediante la cual, los beneficios de la formación de nuestros estudiantes van a revertir en la empresa y por tanto en la sociedad.

Los objetivos que se marcan en el presente proyecto han tenido el siguiente grado de cumplimiento

1.- Diseño de las tipología y características de las prácticas a realizar.	Este objetivo se ha cumplido totalmente, ya que se han incrementado el número de prácticas a realizar por los estudiantes.
2.- Diseño del prototipo adecuado para las prácticas a realizar.	Este objetivo también se ha cumplido totalmente, ya que el diseño se ha realizado utilizando la herramienta Auodesk Inventor, cuya licencia posee nuestra la Universidad
3.- Análisis y cálculo de todos los elementos del equipo de prácticas.	Este objetivo también se ha cumplido. El cálculo de los elementos que conforman el equipo también se ha calculado por los miembros que conforman el proyecto.
4.- Construcción y montaje del equipo	Este objetivo se ha cumplido parcialmente. Una parte de los elementos del equipo se han comprado, con el presupuesto ordinario del Departamento, pero la otra parte no se ha cumplido, ya que los fondos con los que se cuenta no son suficientes.
5.- Puesta en marcha del equipo en la ETSII de Béjar, en la Faculta de Ciencias y en la EPS de Zamora, para los alumnos de Elasticidad, Resistencia de Materiales, Materiales, Cálculo de estructuras.	Al no poder cumplir el objetivo anterior, no se ha podido cumplir con este objetivo. Al equipo le falta una herramienta fundamental que es el transductor que comunica la herramienta con el sistema informático. La falta de presupuesto ha impedido su puesta en marcha como comentábamos anteriormente.

A continuación se presenta el prototipo teórico que se ha desarrollado para realizar las prácticas.

3.1.- PROTOTIPO DE PRÁCTICAS

3.1.1.- ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DE PRÁCTICAS

El equipo que conforma este proyecto de innovación docente, en el tiempo estipulado para el estudio de los distintos de prácticas, se ha reunido 6 veces. En esas reuniones se han marcado las directrices para la realización de prácticas que pudieran ser aplicables a materias comunes que se imparten en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, en la Escuela Politécnica Superior de Zamora y en la Facultad de Ciencias. Esas materias son las siguientes:

- Mecánica para Ingenieros
- Resistencia de Materiales.
- Teoría de Elasticidad
- Diseño y análisis de Estructuras.

Una vez que hemos tenido claro la tipología de materias y el número de estudiantes para los que sería útil, se han planificado las siguientes prácticas, de las cuales se recogen a continuación una muestra:

Práctica 1:

- Estudio de la estabilidad de una pieza continua realizada con madera de balsa

Práctica 2:

- Estudio del apoyo de rodillo en un elemento continuo.

Práctica 3:

- Estudio de la deformación de una viga continua.

Práctica 4:

- Determinación del módulo de Young de una viga continua.

Práctica 5:

- Determinación de la capacidad de carga de una viga continua según los estados límites de servicio.

Práctica 6:

- Determinación de los esfuerzos axiales en una viga en celosía.

Práctica 7:

- Determinación de la capacidad de carga de un material compuesto tipo sándwich según los estados límites de servicio.

Práctica 8:

- Estudio de la deformación, según los estados límites de servicio de una cercha para una nave industrial.

Práctica 9:

- Estudio de la capacidad de carga real de un elemento estructural que lleva más de 10 años sometido a los esfuerzos para los que fue diseñado.

Práctica 10:

- Estudio de la capacidad de carga de una junta de madera, sometida fundamentalmente a esfuerzos cortantes.

En la presentación de estas prácticas no se ha detallado la forma de realización, ni la tipología exacta de estructura a las que van encaminadas. Este hecho, planteado entre los docentes que formamos parte de este proyecto, nos parecía importante para que cada uno, en función de los estudios, del tipo de materia, y de los objetivos que éstas tuvieran para poder adquirir las correspondientes competencias se desarrollen con mucha más libertad.

3.2.- DESARROLLO DEL PROTOTIPO

3.2.1.- INTRODUCCIÓN.

El equipo que se pretende desarrollar va a realizar ensayos físicos. Estos ensayos son ensayos de flexión, bajo la hipótesis de “flexión simple normal”, es decir todas las cargas tanto activas como reactivas se encuentran situadas en un solo plano, denominado plano de cargas, que coincide con la posición de uno de los ejes principales de inercia de la sección.

Siguiendo las directrices impuestas por la norma vigente para el ensayo de elementos estructurales a flexión se ha diseñado un prototipo para el ensayo de elementos estructurales tanto en obra como en taller. En concreto se han realizado dos maquetas que simulan dos elementos estructurales distintos: una corresponde con un modelo de cubierta y la otra una bancada general para el ensayo de vigas, sobre las cuales se apoyarán la estructuras a analizar:

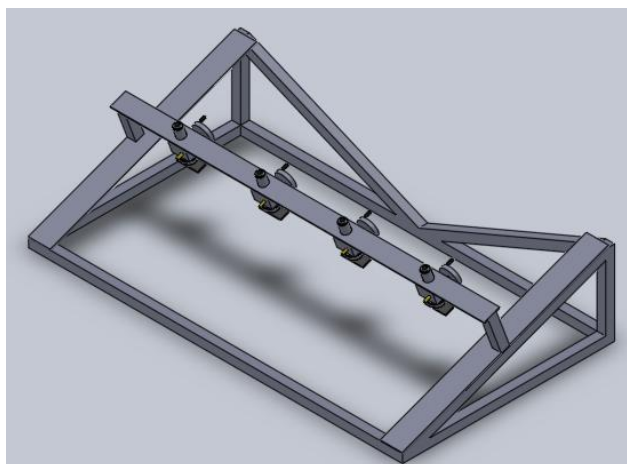


Figura 1: Maqueta para realizar la práctica. Modelo de cubierta. Diseño realizado con Autodesk-Inventor

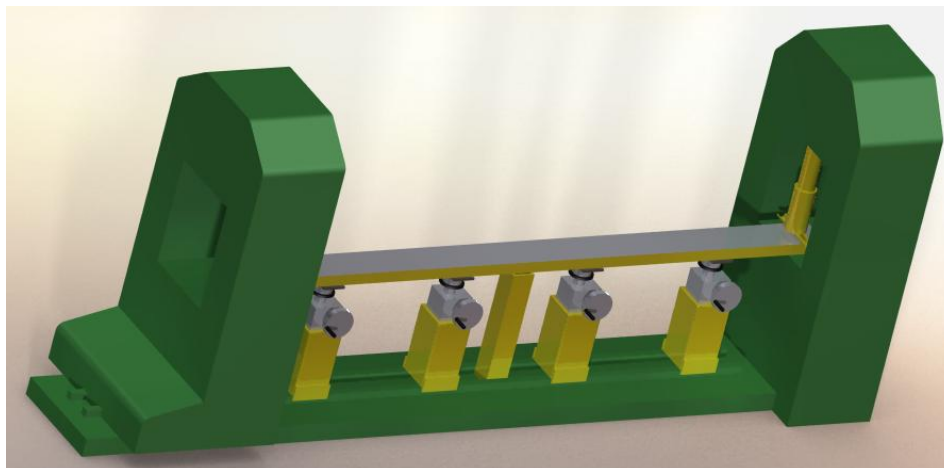


Figura 2: Maqueta para realizar la práctica. Modelo de bancada. Diseño realizado con Autodesk-Inventor

3.2.2.- ELEMENTOS DEL ENSAYO

3.2.2.1.- Actuadores

Las cargas se aplican a través de cuatro elevadores de husillo trapezoidal (actuadores) con accionamiento por manivela, con una elevación de 0,25 mm/vuelta, una carrera de 40 mm y una fuerza axial máxima aplicable de 5kN. En la siguiente imagen se muestra el elevador con su correspondiente sensor de fuerza acoplado en la parte superior. Estos dispositivos se han adquirido con el presupuesto ordinario del Departamento.



Figura 3.- Vista lateral del actuador con la célula de carga montada en la parte superior

3.2.2.2.- Células de carga

Para medir el valor de la carga aplicada se utilizan sensores de fuerza (células de carga) comercializados por la empresa HBM (modelo C2) con una sensibilidad de 0,001 N y una capacidad de medida de hasta 5 kN. Estos sensores o transductores de fuerza estarán situados encima de cada actuador, fijados mediante tornillos, como se puede observar en la siguiente imagen. Estos dispositivos se han adquirido con el presupuesto ordinario del Departamento.



Figura 4.- Vista de la célula de carga con su cable de conexión

3.2.2.3.- El transductor lineal de posición

La medida de la flecha se hará usando un transductor lineal de posición que tiene una sensibilidad de micras y una carrera de 25 mm. Este sensor de desplazamiento irá fijado en un soporte tubular de forma adecuada para que esté en todo momento en contacto con el panel a ensayar. El transductor de posición se colocará debajo de la probeta a una distancia de $L/2$ entre apoyos (donde se produce la flecha máxima). Estos dispositivos se han adquirido con el presupuesto ordinario del Departamento.

A continuación se muestra una imagen del extensómetro que se utilizará.



Figura 5.- Imagen del extensómetro con el sistema de fijación

3.2.2.4.- Amplificador de medida universal para QuantumX

Este dispositivo es el que se necesita adquirir para el desarrollo del equipo de prácticas. Al no poder tener el presupuesto necesario para su adquisición no contamos con el mismo para la realización de las prácticas.

Con este dispositivo sólo es preciso conectar los sensores de fuerza y el transductor de posición a cada puerto y automáticamente éste detecta qué tipo de transductor es y gestiona la señal de medida de manera adecuada en las unidades correctas, simplificando el trabajo de manera significativa.

3.2.2.5.- El software para técnica de medición catman®AP

El software usado para la visualización de los datos de la medida es el programa “catmanAP” y es con el que trabaja normalmente el “QuantumX”.

Este software permite visualizar la lectura de cada transductor de manera separada en el ordenador, como se muestra en la siguiente imagen. Este software también es proporcionado por el fabricante del Transductor Quantum-X.

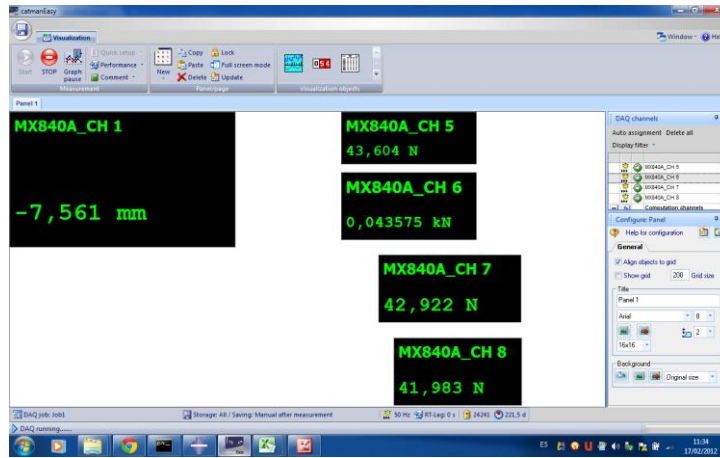


Figura 6.- Imagen de una pantalla del software CapmanAP (imagen cedida por el fabricante).

En la imagen anterior se puede observar que la lectura del extensómetro se muestra en la esquina superior izquierda de la pantalla y que está conectado al canal 1 del amplificador, mientras que las de las células de carga se muestran en la parte derecha del monitor.

3.3.- MÉTODO DE PRÁCTICAS.

La práctica se lleva a cabo sometiendo al elemento estructural a cuatro cargas en línea que se extienden a través de la longitud de la estructura. Este hecho es para intentar simular una fuerza uniformemente repartida. Todos los elementos reales están sometidos a fuerzas distribuidas, normalmente de tipo superficial, de ahí el hecho de que el equipo tenga que contar con varias cargas en línea.

La carga se mide mediante células de carga situadas en los soportes. Las cargas se pueden situar de dos maneras:

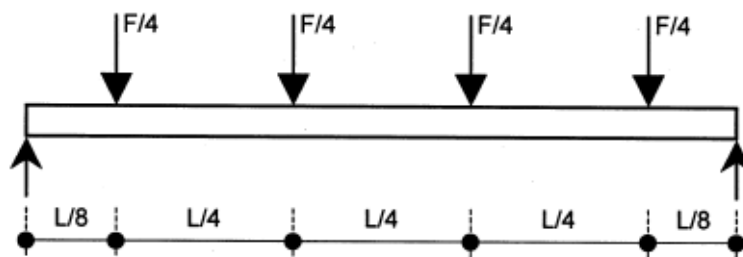


Figura 7.- Carga en línea uniformemente repartida.

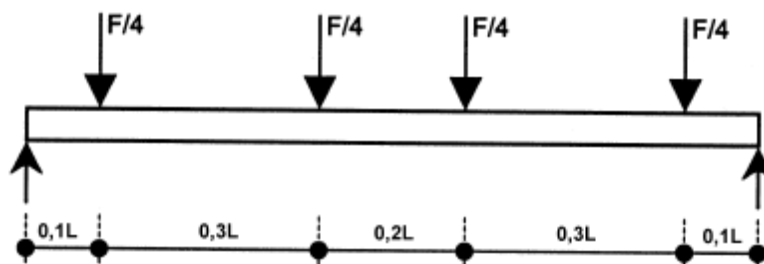


Figura 8.- Otra disposición de carga uniformemente repartida, que permiten las normas actuales

Como ejemplo de prácticas a continuación se detalla cómo se realizaría una práctica por un estudiante:

PRÁCTICA 3: Estudio de la deformación de un elemento continuo.

En primer lugar, se apoyan los cuatro actuadores unidos a sus correspondientes células de carga (atornillados apropiadamente a cuatro soportes) y el extensómetro en una bancada previamente acondicionada, prestando especial atención a que las distancias fueran las correctas. La distancia entre actuadores tiene que ser de $L/4$. A la hora de situar el extensómetro hay que tener en cuenta 2 factores; en primer lugar que esté situado en el centro del vano ($L/2$) y en segundo lugar que esté en contacto con el elemento estructural, teniendo el suficiente recorrido para satisfacer la condición de flecha máxima ($L/200$).

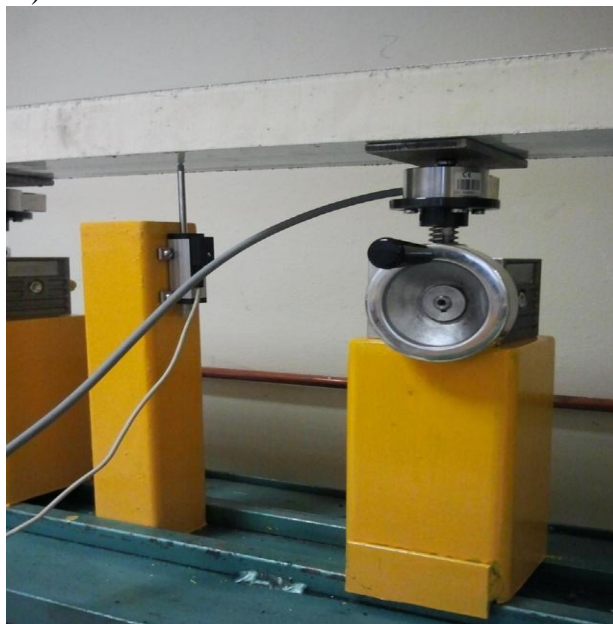


Figura 9.- Imagen de uno de los actuadores y el extensómetro instalados sobre la bancada en la posición de ensayo, con la probeta situada en la posición definitiva.

En la imagen anterior se pueden observar los soportes tanto de los actuadores como del extensómetro. Evidentemente a la hora de diseñarlos hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se puede observar como la bancada utilizada tiene unas guías que son necesarias para conseguir una mayor estabilidad de los soportes y evitar desplazamientos indeseados a la hora de manipular los actuadores.

- El soporte del extensómetro es interior, ya que consigue una mayor superficie de apoyo que si estuviera situado sobre las guías.

Para los soportes de los actuadores nos encontramos con dos inconvenientes:

- La superficie entre guías no es completamente plana; en algunas posiciones tenía salientes que impiden la colocación de algunos actuadores.
- Se necesita el acceso al interior del soporte para poder atornillar el actuador a éste. Por este motivo se decide que las guías sean exteriores (como se puede apreciar en la imagen anterior) y que el perfil utilizado tuviese la suficiente sección para poder atornillar con facilidad el actuador al soporte. Por este motivo se decidió colocar un perfil cuadrado de sección 100x100 mm.

La apariencia final del soporte de los elevadores de husillo (a falta de los taladros para la sujeción del actuador) debía ser la siguiente.



Figura 10.- Imagen obtenida mediante el programa Autodesk-Inventor

Las probetas se sujetarán mediante dos tubos telescópicos que proporcionarán las condiciones de apoyo deseadas. Uno de estos tubos tiene soldada una media caña para conseguir una condición de “apoyo simple”, mientras que el otro apoyo se corresponderá con un apoyo que restringirá dos grados de libertad.



Figura 11.- Imagen de los apoyos de la probeta en ambos extremos de la bancada

Es necesario aclarar que las cargas puntuales se aplicarán previamente sobre unas pletinas de acero que a su vez repartirán de manera superficial la carga puntual a las probetas. Esto se hace así para evitar efectos de punzonamiento que se producirían al

aplicar una carga puntual directamente sobre la superficie de la chapa de la probeta a ensayar.



Figura 12.- Imagen de las pletinas de apoyo.

Una vez colocada la probeta y ajustados los tubos telescópicos se accionan los elevadores hasta que cada sensor haga contacto con su correspondiente pletina adosada al panel. En ese momento se taran todos los actuadores a cero en el software para comenzar a realizar el ensayo.



Figura 13.- Imagen real del ensayo completo montado y listo para iniciar las medidas

Una vez que tenemos el sistema mecánico montado estamos en disposición de realizar el ensayo. En este momento es cuando conectamos las células de carga y el extensómetro al equipo QUANTUM –X para iniciar la aplicación de las cargas y la obtención de resultados de los elementos que estamos ensayando.

4.- CONCLUSIONES

En una sociedad avanzada, la ingeniería industrial, es uno de los pilares de desarrollo de un país y de cualquier país de su entorno. En el desarrollo de las actividades de la ingeniería industrial, destacan una serie de variables estratégicas sobre las cuales descansa la competitividad de las empresas, en general, de cualquier sector industrial. El objetivo que se marcaba en este proyecto para dar respuesta a la demanda profesional de competencias, y así garantizar una mejor formación de los graduados no se ha podido conseguir al no poder poner en marcha el equipo. Pero gracias a esta colaboración entre docentes hemos conseguido desarrollar las bases necesarias para que podamos incorporar más adelante el equipo portátil de prácticas.

El Departamento de Ingeniería Mecánica considera que el desarrollo de este tipo de estrategias resulta beneficiosa de cara a la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior en la enseñanza de la ingeniería industrial, especialmente en materias como resistencia de materiales y cálculo de estructuras. Por su naturaleza, las titulaciones de ingeniería precisan de la creación y renovación constante del material que debe incorporar debido a los vertiginosos cambios que experimenta. En este sentido, la utilización de metodologías prácticas en la enseñanza no sólo mejora el aprendizaje de sus competencias sino que también fomenta el ingenio. Este Proyecto de Innovación ha abordado, creemos que con éxito, estas necesidades y objetivos, y estamos convencidos de que su gran versatilidad podría llegar a facilitar, como se ha dicho más arriba, la docencia de estas materias en titulaciones con necesidades específicas.

El objetivo a largo plazo sería adquirir el equipo QUAMTUM-X y poner en marcha un material didáctico disponible para su utilización por todo el profesorado de Ingeniería del Departamento, que podría acceder de forma efectiva a este recurso.

El hecho de que la subvención concedida sea de 150 euros para el desarrollo de este proyecto de innovación impide la compra del transductor antes mencionado. En el grupo hemos pensado en la compra de una tablet para que en el grupo estudiantes, mientras unos van desarrollando la prácticas, otros via WIFI, puedan ir consultando los resultados obtenidos, y comprobando los resultados.