

## DATOS IDENTIFICATIVOS:

### 1. Título del Proyecto

LABORATORIO VIRTUAL DE MOTORES TÉRMICOS

### 2. Código del Proyecto

115029

### 3. Resumen del Proyecto

Un elemento clave en la enseñanza universitaria de ingeniería, especialmente tras la adaptación de los planes de estudio al Espacio Europeo de Educación Superior, es la necesidad de tiempo y equipamientos para permitir a los estudiantes familiarizarse con las técnicas de laboratorio de forma coordinada con las clases teóricas impartidas. Mediante el empleo de los laboratorios virtuales es posible optimizar el tiempo, el espacio, así como los equipos de laboratorio, de forma que no es necesario permanecer físicamente en el laboratorio para el desarrollo de prácticas. De este modo, también se evita la exposición de los estudiantes a determinados riesgos a los que pueden estar expuestos mediante el desarrollo de prácticas en el laboratorio, tales como ruido, atrapamientos, quemaduras, etc. Por todos estos motivos, se propone el desarrollo de un laboratorio virtual para la elaboración de prácticas y ensayos en motores térmicos.

### 4. Coordinador del Proyecto

Coordinadores (Máximo dos): (* Si participa en otro Proyecto de esta Convocatoria, marque con una "X" la casilla correspondiente) Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
M <sup>a</sup> Dolores Redel Macías	Ingeniería Rural	67	Ayudante
Sara Pinzi	Química Física y Termodinámica Aplicada	117	Ayudante

### 5. Otros Participantes

Otros Participantes: (* Si participa en otro Proyecto de esta Convocatoria, marque con una "X" la casilla correspondiente)	Departamento	Código del Grupo Docente, si procede	Categoría Profesional (PDI, PAS, becario, alumno, externo a UCO)
María del Pilar Dorado Pérez	Química Física y Termodinámica Aplicada	117	PDI
David E. Leiva Candia	Química Física y Termodinámica Aplicada	117	Becario
María Francisca Ruz Ruiz	Química Física y Termodinámica Aplicada	117	Becaria
Javier Sáez Bastante	Química Física y Termodinámica Aplicada	117	Becario
Isabel López García	Química Física y Termodinámica Aplicada	117	PDI
Francisco J. López Giménez	Ingeniería Rural	117	PDI

Antonio José Cubero Atienza	Ingeniería Rural	67	PDI
Pilar Martínez Jiménez	Física Aplicada		
Rafael David Rodríguez Cantalejo	Automática		
Carlos Castillo Rodríguez	Ingeniería Rural	60	P. Asociado
Juan Rafael Cubero Atienza	Ingeniería Rural	67	P. Asociado
Manuel Caballano	Ingeniería Rural		P. Asociado

## 6. Asignaturas afectadas

<b>Asignaturas afectadas</b>		
<b>Denominación de la asignatura</b>	<b>Área de Conocimiento</b>	<b>Titulación/es</b>
<b>SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO</b>	AREA DE PROYECTOS	ITI ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
<b>INGENIERÍA TÉRMICA</b>	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	ITI MECÁNICA
<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	MÁSTER EN CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES
<b>BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE LA ENERGÍA</b>	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES
<b>CENTRALES ELÉCTRICAS II</b>	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	ITI ELECTRICIDAD
<b>APLICACIONES TÉCNICAS DE TERMODINÁMICA</b>	INGENIERÍA AGROFORESTAL	INGENIERO DE MONTES
<b>AGROENERGÉTICA Y CONTROL DE EMISIONES</b>	INGENIERÍA AGROFORESTAL	INGENIERO DE MONTES
<b>INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA</b>	AUTOMÁTICA	INGENIERO EN AUTOMÁTICA Y ELECTRONICA INDUSTRIAL
<b>PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN INDUSTRIAS</b>	PROYECTOS DE INGENIERÍA	ITI MECÁNICA

## **MEMORIA DE LA ACCIÓN**

### **Especificaciones**

*Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de 10 páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas Web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de buena calidad.*

### **Apartados**

#### **1. Introducción**

En los últimos años se han dado cambios importantes en el ámbito de la investigación relacionada con la enseñanza, combinándose dos líneas diferentes pero complementarias: Por un lado, la formulación de nuevos modelos de enseñanza dirigidas hacia la construcción de un conocimiento significativo, y, por otro lado, la aplicación de las nuevas tecnologías de la información (ordenadores, medios audiovisuales y equipos multimedia), las cuales cada vez tienen una mayor influencia en la educación y suponen un nuevo material didáctico que permite a los estudiantes embarcarse en hábitos de aprendizaje interactivos [1].

El abanico de posibilidades de material didáctico que nos ofrecen las nuevas tecnologías es muy amplio, abarcando simples archivos con información, vídeos, tutoriales o laboratorios virtuales.

Este proyecto tiene como fin la realización de un laboratorio virtual de un banco de ensayos con motor de combustión interna, y pretende ser una herramienta de fácil acceso y comprensión para estudiantes de ingeniería técnica.

Se buscará una forma de englobar tanto la parte práctica del laboratorio, mediante la realización virtual de un ensayo de potencia, como la parte teórica relacionada con el entorno de trabajo. Es importante que el alumno pueda acceder fácilmente a información acerca del banco de ensayos, del motor o incluso al marco legislativo que se aplica en el laboratorio.

Se fijarán los objetivos del proyecto y, a continuación, se centrará el estudio en la temática del laboratorio específico que se pretende diseñar virtualmente, por lo que se realizará una primera introducción teórica sobre los motores de combustión interna enfocada a los motores de encendido por compresión (MEC), incluyendo un repaso a la historia, una breve explicación sobre el ciclo de trabajo en cuatro tiempos en MEC y la descripción de cada una de las partes del motor.

Posteriormente se expondrá una descripción general del banco de ensayos, nombrando todos sus componentes y funcionamiento.

Se comentará brevemente el marco legislativo a tener en cuenta en el laboratorio, señalando las normativas legales más importantes.

A continuación se describirá detalladamente la realización del ensayo de potencia llevado a cabo en el laboratorio físico, ya que como dicho ensayo es el que se quiere programar de forma virtual es necesario conocer todos los procedimientos y pasos requeridos.

Se continuará exponiendo el software empleado. Y seguidamente se procederá a la descripción del laboratorio virtual, explicando las distintas zonas que se pueden visitar y acompañándose la explicación con capturas de pantalla.

Para finalizar, se estudiará el resultado del proyecto viendo si se han cumplido los objetivos previstos, se complementará el estudio con un formulario realizado a alumnos que han probado el laboratorio virtual, y se comentarán las conclusiones.

## 2. Objetivos

Con el fin de conseguir que a partir del laboratorio los estudiantes puedan realizar un autoaprendizaje y favorecerse de todas las ventajas que ofrecen estas nuevas herramientas educativas, se destaca como objetivo principal de este proyecto el desarrollo de una aplicación software dirigida a estudiantes de ingeniería, de tal manera que para su manejo y utilización no sea necesaria una formación experta, y que se utilice para la adquisición de conocimiento teórico y práctico similar al que se obtendría al manipular el banco de ensayos del laboratorio físico.

Como objetivos secundarios están:

- I. Desarrollar una aplicación que contenga una base de datos sobre instrumental y métodos de seguridad en laboratorio.
- II. La aplicación contendrá tutoriales completos sobre los distintos procesos.
- III. Permitir al usuario la familiarización con el control y supervisión de los distintos parámetros de medida mediante la simulación de su funcionamiento.
- IV. Permitir la actualización de la información mediante la gestión de diferentes niveles de usuario en la aplicación.
- V. Interfaz de usuario de fácil manejo por cualquier tipo de usuario incluso para usuarios no expertos.

## 3. Descripción de la experiencia

Se ha realizado un laboratorio virtual para la puesta a punto de motores térmicos. La herramienta desarrollada se empleará en las asignaturas mencionadas anteriormente con distintos objetivos y punto de vista. El laboratorio virtual se incluirá dentro de un entorno colaborativo como ucomoodle para emplear el uso del foro y cuestionarios como complementos. En el apartado 5 se describe al completo el laboratorio virtual desarrollado.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1 Banco de ensayo

Un banco de ensayo es una instalación que sirve para medir las prestaciones de los motores y sus características de funcionamiento. El banco de pruebas se emplea tanto para la obtención de datos importantes sobre la puesta a punto de prototipos como para la determinación de ciertos datos fundamentales necesarios para la prueba de los motores fabricados en serie.

En el caso de que se desee analizar exclusivamente el comportamiento del motor, éste se fija sobre un soporte apropiado y se conecta a un freno dinamoétrico por medio de juntas. En cambio, cuando se desea analizar las prestaciones globales del sistema motor-transmisión de un vehículo, se emplean bancos de rodillos directamente por las ruedas. Ambos sistemas de medida se usan desde los comienzos de la historia del automóvil.

En la mayor parte de las aplicaciones, los motores tienen que hacer frente a condiciones operativas variables, por lo que es necesario conocer sus prestaciones en dichas condiciones.

Para conocer estas prestaciones, el motor se somete a pruebas experimentales para darnos a conocer la respuesta de éste ante diferentes situaciones de funcionamiento, datos que nos servirán para evaluar posteriormente si el motor es válido o no, para trabajar en unas determinadas condiciones y las modificaciones pertinentes que se podrán realizar sobre éste para adecuarlo a nuestras necesidades. El conjunto de estas pruebas experimentales se denominan *ensayos de motores* [2].

Los bancos de prueba de potencia frenados son útiles en todos aquellos casos en que se desea valorar el rendimiento del motor sujeto a condiciones de esfuerzo.

Con el software es posible activar el freno, forzar el motor y simular las diversas condiciones reales como ser la resistencia aerodinámica, las condiciones en carretera y el efecto de cargas y pendientes. Es asimismo posible realizar las pruebas finales de los motores como:

*1-Realizar el mapeado:* comunicando al software una serie de regímenes o velocidades en las que el freno deberá actuar durante un tiempo necesario. Se entiende por mapeado el proceso por el que, para un determinado motor, se determinan y fijan los parámetros de funcionamiento (tiempo de inyección, avance de encendido, etc.), de tal modo que se aumente al máximo tanto el par como la potencia conseguidas, sin comprometer la fiabilidad. La fase fundamental se lleva a cabo en los bancos de ensayo (o de potencia).

*2-Realizar una prueba de rodaje del motor:* repitiendo un ciclo de mapeado un número de veces.

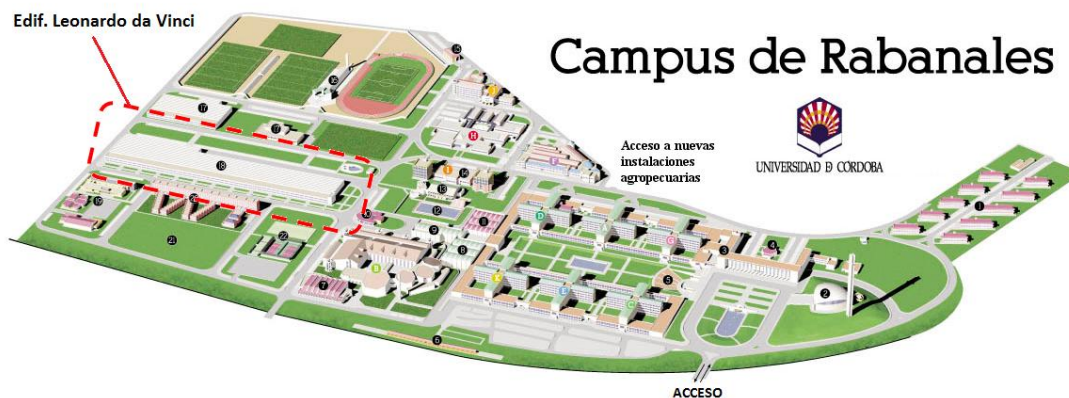
*3- Aplicar una carga constante al motor:* para simular condiciones particulares como ser el efecto que un remolque tiene sobre el rendimiento del vehículo.

*4-Realizar una prueba combinada acelerativa-frenada:* mientras el vehículo está acelerando en el banco como si fuera la carretera, interviene el freno, suministrando una carga resistente de tipo cuadrática de modo que la potencia resultante comprenda también esta carga.

La ley cuadrática de frenado es la que se usa típicamente para simular las condiciones de rozamiento en carretera y la resistencia aerodinámica. Por consiguiente, puede aplicarse este ensayo para realizar una prueba de simulación de carretera.

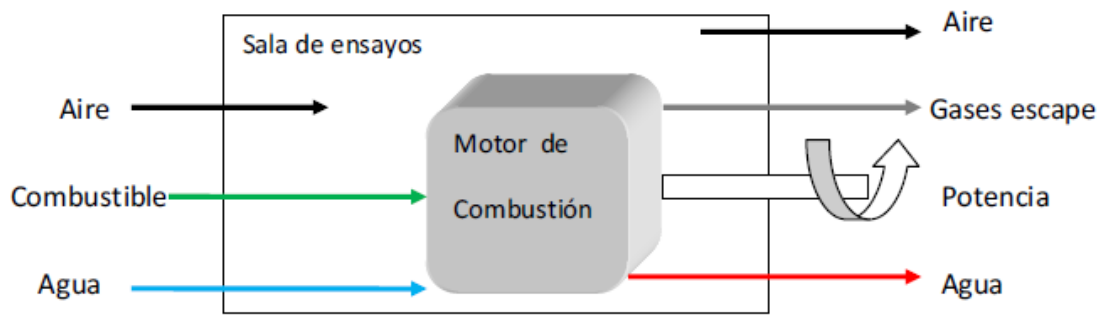
*5-Aplicar una carga variable al motor:* para simular las condiciones en carretera del modo más fiel posible.

El banco de ensayos se encuentra ubicado en el laboratorio del departamento de motores y máquinas térmicas en el edificio Leonardo da Vinci del Campus Rabanales, en la Universidad de Córdoba.



**Figura 1. Situación Edif. Leonardo da Vinci en el Campus de Rabanales**

Es un sistema formado por una serie de elementos que permiten la simulación del comportamiento de un motor y sus características operativas en unas condiciones controladas, utilizando para ellos una serie de instrumentos de control y otros de medida [3]. A continuación mostramos un esquema simplificado del conjunto:



**Figura 2. Esquema simplificado banco de ensayos**

Se compone de las siguientes partes constructivas:

- Motor de combustión interna
- Freno dinamométrico
- Bancada
- Transmisión
- Sistema de mando, control y procesamiento de datos
- Equipos de instrumentación
- Equipo auxiliares
  - ┌ Sistema de refrigeración
  - └ Sistema de obtención diagrama indicado PV-Pα

#### **4.1.1. Motor de combustión**

Los ensayos se realizaron en un motor Diesel de la marca Renault modelo F8Q, con las características técnicas que se exponen a continuación [4].



**Figura 3. Motor diésel con el que se realiza el ensayo**

- Disposición motor: Transversal
- Nº cilindros: 4
- Disposición cilindros: En línea

- Orden de encendido: 1-3-4-2
- Cilindrada: 1870 cm<sup>3</sup>
- Diámetro: 80 mm
- Carrera: 93 mm
- Relación de compresión: 21,5:1
- Alimentación: Atmosférica
- Combustible: Gas-oil
- Régimen de ralentí: 825 ± 50
- Refrigeración: Circuito cerrado
- Potencia máxima (kW/rpm): 37/2300
- Par máx. (Kg.m/rpm): 18,0/1600

#### 4.1.2. Freno dinamométrico

El freno dinamométrico es el encargado de crear un par resistente que es el que proporciona la "carga" al motor. Es un freno electromagnético cuyo principio de funcionamiento se basa en las corrientes de Foucault o corrientes de Eddy.



**Figura 4. Freno dinamométrico**

En nuestro caso es de la marca TECNER, mod. E-135, de 135 kW a 1000 rpm. Par máximo de 400 Nm, incluyendo unidad electrónica de parámetros fundamentales (Par y Régimen) y unidad electrónica de regulación P.I.D. con los distintos modos de funcionamiento según motores, M cte., n cte., M/n cte. e l cte. con control vía PC [5].

Este freno permite realizar ensayos con cargas estacionarias en los diferentes modos de funcionamiento de los motores térmicos. Un sistema de balanceo, nos permite medir el par del motor, por la reacción del freno sobre una célula de carga extensiométrica de 250 kg. El régimen de giro se mide mediante un captador magnético enfrenteado a la rueda dentada de 60 dientes.

Los valores de la carga pueden ajustarse bien de forma manual o automática, mediante el programa de trabajo instalado en el ordenador de procesos disponible en la instalación.

#### 4.1.3. Transmisión

La unión del freno con el motor, se realiza mediante un eje con doble cardan y eje estriado. Este eje de unión, está protegido contra accidentes de personal de servicio, por mediación de una envolvente metálica construida en chapa de 5 mm y cierres mecánicos para tener acceso al eje de la transmisión. También dispone de un sistema de seguridad que en caso de abrirse la envolvente, el motor se pararía automáticamente.



**Figura 1. Transmisión**

#### **4.1.4. Sistema de mando, control y procesamiento de datos**

El control de los elementos se realiza desde la consola de mandos donde se encuentra el hardware, junto con el software, interfaces de cableado, comunicación entre los sensores, sistemas de mando y control y las tarjetas de adquisición de datos, hacen posible la comunicación entre todos los diferentes elementos, por lo tanto su posible control.

##### **4.1.4.1. Modo de actuación**

Desde la consola de mandos actuamos sobre el elemento. Desde que ordenamos la acción en la consola de mandos hasta que se produce la actuación sobre éste, la señal de comando sufre varias transformaciones para que pueda ser interpretada.

Las señales mandadas tanto por actuadores como por sensores pasan por una tarjeta de adquisición de datos, y son transformadas de analógicas a digitales y viceversa para poder ser entendidas tanto por el software como por los actuadores, visualizando en pantalla tanto datos como gráficas en tiempo real. Este sería el procedimiento general de funcionamiento del sistema.

El software es del tipo SAG-16 de la firma TECNER, específico para banco de ensayos.

Mediante los interfaces conectados al ordenador, se elaboran las listas de los valores de medida leídos en el proceso y los gráficos resultantes. Todos los parámetros, obtenidos durante las pruebas, se monitorizan en la pantalla en color del monitor TFT.

Trabajamos con un entorno gráfico lab-view específico para Windows. El hardware está compuesto por un PC Pentium actual, teclado con ratón incorporado, TFT de 20", impresora de color e interfaces.

##### **4.1.4.1. Consola de control A1**

Es la consola central, en ella se reciben las señales de los sensores por las mangueras de cableado provenientes de las cajas de sensores (A2, A3...).

Además de recibir, también se procesan los datos mediante el hardware y software que dispone, obteniendo gráficas y valores de parámetros de funcionamiento en tiempo real. Una vez analizados estos datos, a través de este mismo software podríamos modificar algún parámetro como puede ser: velocidad de giro del motor, carga del freno etc.





**Figura 6. Consola de control A1**

#### **4.1.4.2. Cajas de sensores, freno, motor y batería**

A la caja de sensores llegan las señales de los sensores de presión, caudal de agua, termopares y sondas termo resistivas. De ella sale una manguera por la que se manda la información de los elementos antes mencionados a la consola de mando A1.

La caja de freno es la encargada de recibir y mandar señales al freno dinamométrico.

En la caja del motor se sitúan las conexiones de actuadores como: contacto, precalentamiento, arranque y acelerador. Además podemos encontrar una conexión para batería y otras dos que son sensores destinadas al control de la posición del acelerador del motor térmico, indicándonos la posición de máxima aceleración o reposo total.

En la caja de la batería se aloja la batería que proporciona la energía necesaria para el arranque del motor térmico. El conexionado está compuesto de un terminal positivo y otro negativo.

El terminal positivo va conectado al motor de arranque elemento encargado de accionar el motor térmico y el terminal negativo a la bancada general, conectándose a ella las conexiones negativas de los demás elementos. Como el motor no consta de alternador, necesitamos un cargador auxiliar para cargar la batería cuando sea necesario.

#### **4.2. Ensayo de Potencia en el banco de ensayos**

Una vez descrito el banco de ensayos y el motor empleado, así como la normativas y medidas de higiene y de seguridad a tener en cuenta, para poder representar virtualmente el ensayo de potencia, se hace necesario la realización de dicho ensayo en el laboratorio físico, para así contar con información y datos reales que poder trasladar a la aplicación virtual.

Por ello, a continuación se detallan los pasos a seguir en la realización de un ensayo de potencia, acompañándose con fotografías tomadas in situ:

- |               |  |
|---------------|--|
| <b>PASO 1</b> | <b>REVISAR CONDICIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR</b> |
| <b>PASO 2</b> | <b>ENCENDER EXTRACTOR</b>  |
| <b>PASO 3</b> | <b>ENCENDER Y PREPARAR EL EQUIPO</b>                               |
| <b>PASO 4</b> | <b>PANTALLAS DEL ENSAYO</b>  |
| <b>PASO 5</b> | <b>ENCENDIDO DEL MOTOR Y PRUEBAS</b>                               |

## 5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso

Se ha conseguido una aplicación informática en Flash en la que se presenta un entorno de trabajo tratando de imitar ambiente real de un laboratorio de un banco de ensayos con motor de combustión interna. La aplicación dispondrá de un despacho inicial a modo de menú, desde el que se podrá acceder a la ayuda, los tutoriales, la galería y el laboratorio donde se realizará la simulación del ensayo.

A continuación se va a detallar cada una de las partes de las que dispone la aplicación, así como el acceso a ella.

### 5.1. Entrada

Una vez que se accede a la aplicación, aparecerá una pantalla de bienvenida en la que se aconseja los pasos a seguir para un correcto aprendizaje.

Se recomienda seguir el orden que se refleja a continuación:

1º) Visitar la ayuda: Es recomendable visitar la ayuda nada más empezar para ver cuáles son las zonas a las que se puede acceder, lo que contiene cada apartado e incluso los botones más usuales que aparecerán.

2º) Visitar los tutoriales: Como segundo paso, sería conveniente visitar los tutoriales. Así el estudiante adquirirá información sobre el equipo y las herramientas de trabajo, así como las medidas de seguridad e higiene que deben de cumplirse en el laboratorio.

3º) Visitar la galería de imágenes: En tercer lugar, se sugiere entrar en la galería donde el estudiante puede ver fotografías de los instrumentos reales.

4º) Visitar el laboratorio: Por último se propone visitar el laboratorio. Aunque no es necesario tener conocimientos previos para acceder y realizar las operaciones que se indican en este apartado, es conveniente, para conseguir una comprensión óptima, haber dado una lectura a los tutoriales. En este apartado el estudiante aprenderá a manejar el equipo y puede llevar a cabo el ensayo de potencia siguiendo las indicaciones que se muestren.

En caso de cualquier duda, se recomienda consultar la ayuda nuevamente.

No obstante el usuario puede elegir la ruta que crea más oportuna. Una vez leído el consejo, se deberá pulsar la flecha "Entrar".

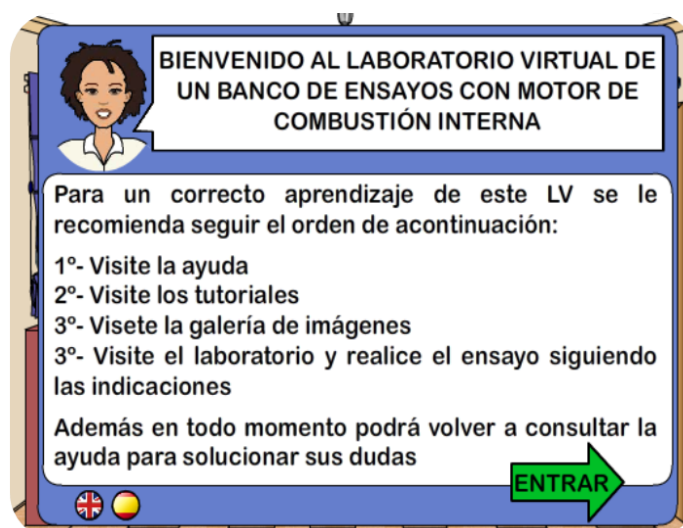


Figura 7. Pantalla de bienvenida

### 5.2. Despacho inicial

El despacho está diseñado para actuar como el menú interactivo de la aplicación. El usuario deberá mover el mouse por el escenario descubriendo objetos que se animan, adquieren cierto movimiento, o aumentan de tamaño al estar sobre ellos.

Las cuatro zonas posibles a las que se puede acceder están tras alguno de los objetos que se encuentran en la habitación. Se han elegido los objetos que se han considerados más adecuados para cada opción, de tal manera que resulte intuitivo para el estudiante. Al mismo tiempo, se han colocado en la franja central de la pantalla, puesto que será más fácil que el usuario desplace el ratón por esa zona. Sería poco conveniente colocar los puntos de acceso en lugares rebuscados, esto dificultaría al usuario la entrada a los demás apartados.

Así, los objetos que se han elegido y sus respectivos apartados son:

- Un teléfono rojo para el apartado de ayuda: Se ha escogido un teléfono para simular una llamada ante cualquier duda que pudiese surgir dentro de la herramienta. Además es un elemento que perfectamente puede estar en un despacho sin desentonar. Como el apartado de ayuda se considera muy importante, tanto para aprender cómo funciona la aplicación, como a la hora de que surja cualquier tipo de duda, se le ha dotado de un movimiento continuo y se ha coloreado con color rojo, para conseguir captar la atención del usuario desde primera hora. Por tanto, desde que se accede al despacho, el auricular del teléfono se moverá levemente. Cuando el usuario se coloque sobre él, aumentará de tamaño.

- A los tutoriales se les ha asignado una cajonera: Simulando que se busca información en el despacho, ésta la encontrarías buscando en los archivos y carpetas de los cajones. Al desplazar el ratón sobre la cajonera, el cajón se animará saliendo un poco hacia el exterior y mostrando una carpeta amarilla.

- La galería se ha situado tras la pantalla del ordenador: Como el ordenador es un dispositivo en el que se pueden visualizar fotos, se ha elegido para que sea el enlace de la galería. La pantalla mostrará el cartel "Galería" en movimiento constante, y si el usuario sitúa el mouse sobre ésta, aumentará de tamaño.

- Por último para acceder al laboratorio deberá irse a la puerta de la derecha: Se ha escogido una puerta, puesto que estamos simulando que estamos en un despacho, luego para ir al laboratorio sería preciso ir a otra habitación. Cuando el usuario coloque el ratón por encima de ésta, la puerta se abrirá unos centímetros invitando a entrar.

Aunque los objetos adquieran movimiento al situarse sobre ellos, sólo se accederá a cada apartado cuando se haga click sobre ellos.



Figura 8. Despacho inicial

### 5.3. Ayuda

La ayuda es una zona donde el usuario puede informarse sobre cómo acceder y que contiene cada apartado de la aplicación, así como la descripción de los botones que se encontrará.

Se accede a ella a través del teléfono rojo ubicado en el despacho inicial, al hacer click sobre él sonará y abrirá una nueva pantalla.



Figura 9. Pantalla general de ayuda

#### 5.4. Tutoriales

Esta zona es totalmente informativa. Actúa a modo de menú para seleccionar los distintos tutoriales. Contiene información sobre el motor, el banco de ensayos y sobre la normativa y medidas de higiene y seguridad que se aplican en el laboratorio. Se accede a ella, como ya se ha indicado anteriormente, presionando sobre la cajonera. De este modo se abrirá el cajón, acompañándose el movimiento con un sonido que indica dicha apertura. Se presentará ahora una pantalla con tres carpetas, cada una correspondiente a un tutorial. También se observará en la parte central de la pantalla una nota en la que se muestran los títulos de cada tutorial. Pulsando en una u otra carpeta se podrá acceder al tutorial que se desee, al estar sobre alguna de las carpetas veremos que estas se animan saliendo levemente hacia el exterior. Si se presta atención, los colores también son específicos para cada tutorial. Además, en la primera carpeta aparece una pegatina en la que si no se tiene ningún tutorial seleccionado, indicará que se escoja uno. Sin embargo, si nos situamos sobre alguna de las pestañas de los tutoriales 1, 2 o 3, veremos que la pegatina cambiará, mostrando el nombre del tutorial al que se va a acceder. En el inferior de esta pantalla, aparecerán los botones para regresar al despacho o para consultar la ayuda.

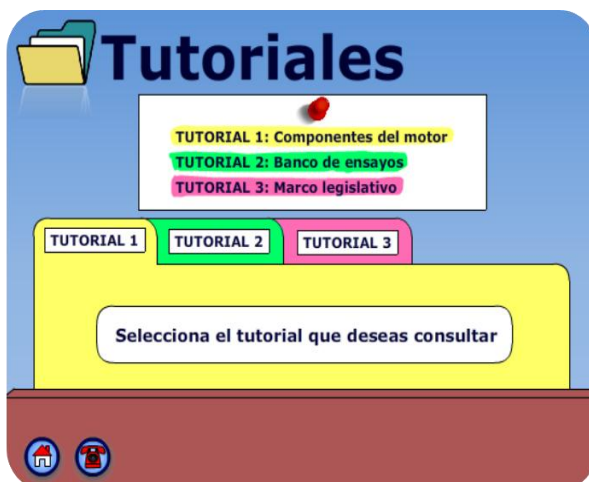


Figura 10a. Pantalla general de tutoriales



Figura 10b. Pantalla tutorial 1

## 5.5. Galería

Esta zona contiene imágenes tomadas del laboratorio real. Contiene 17 imágenes diferentes de la ubicación, la consola de mandos, el motor, el depósito, la varilla del aceite, así como cada una de las partes que se ha considerado oportuno mostrar al alumno que use la herramienta.

Se accede a ella, presionando sobre la pantalla de ordenador ubicada en el despacho inicial.

Se abrirá una nueva pantalla en la que el usuario deberá hacer click en el botón entrar. Una vez haya clicado dicho botón, sonará un sonido de flashes consecutivos y la cámara del fondo se animará, simulando la toma de fotografías. Y se presentará en pantalla la primera fotografía.

El usuario tiene a su disposición 3 botones:

- Un botón play: Que reproducirá las fotografías de forma automática, permaneciendo cada imagen unos segundos. Si el usuario pulsa este botón, se transformará en botón de pausa, para que sea posible detener la reproducción.
- El botón siguiente: Pasará las fotografías de manera individual, por lo que se deberá pulsar tantas veces como imágenes se deseen ver.
- El botón de regreso al despacho, redondo con una casita en su interior.



Figura 11. Pantalla general de galería

## 5.6. Laboratorio

El laboratorio constituye la zona donde se va a llevar a cabo la simulación del ensayo de potencia. Se accede a él a través de la puerta que hay en el despacho inicial. Una vez dentro, la profesora virtual nos irá dando las indicaciones oportunas para realizar el ensayo. Se siguen, con mucho rigor, todos los pasos que se hicieron en la realización del ensayo en el laboratorio real, comentados en el capítulo 8. El usuario sería el protagonista del ensayo, y deberá interactuar con la aplicación para llevar adelante la prueba. Se le pedirá que realice todos los pasos:

**PASO 1: REVISAR CONDICIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR:** El usuario deberá entrar en la sala del motor y comprobará todas las condiciones previas que se comentaron. Deberá acercarse al depósito y mirar si tiene combustible. Deberá buscar la varilla del aceite, extraerla, limpiarla, volverla a introducir y mirar el nivel de aceite real. Deberá comprobar que haya agua en los dos sistemas de refrigeración. Deberá comprobar que la batería esté carga. En todos los casos se le indicará como debe proceder en caso de no encontrarse con las condiciones adecuadas, es decir, en el caso del combustible, por ejemplo, se le mostrará por dónde debería rellenar el depósito en caso de estar vacío. Tras realizar todas estas comprobaciones, se le hará al usuario rellenar

una lista para verificar todo lo que ha comprobado, esto se ha hecho así, para hacer hincapié y que el usuario recuerde todo lo que debe revisar.

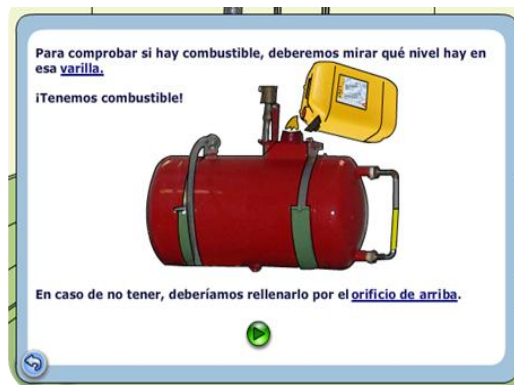


Figura 12. Revisión del combustible

PASO 2: ENCENDER EXTRACTOR: El usuario se pondrá los cascos de seguridad que encontrará en una de las estanterías siguiendo las instrucciones que le dará la profesora virtual. Y seguidamente, activará el extractor del mismo modo que lo haría en el laboratorio físico.



Figura 13. Encender el extractor

PASO 3: ENCENDER Y PREPARAR EL EQUIPO: Tal y como se hizo durante la realización del ensayo en el laboratorio real, el usuario deberá comprobar la conexión con la red eléctrica del equipo, encender el ordenador y su pantalla y activar la consola de mandos y la bomba y el electroventilador correspondientes al sistema del freno. Todos estos pasos se llevarán a cabo de una forma interactiva, haciendo partícipe al usuario en todo momento.



Figura 14. Encender la consola de mandos

PASO 4: PANTALLAS DEL ENSAYO: El usuario siguiendo las instrucciones que se le indiquen entrará en el programa pulsando el icono correspondiente, y tendrá acceso a una réplica prácticamente exacta de las



pantallas reales que se encontraría en el caso real. Se han mantenido todas las pantallas que se muestran durante el ensayo físico, por lo que el usuario deberá seleccionar el tipo de ensayo, seleccionar el tipo de motor entre los que ya se encuentran registrados, asignarle un nombre al ensayo, etc.

PASO 5: ENCENDIDO DEL MOTOR Y PRUEBAS: Se le indicará al usuario la manera de proceder a la hora de encender el motor, deberá pulsar los de contacto, precalentamiento y arranque, y esperar algún tiempo cuando sea preciso. Se le explicará al usuario los datos de los que constantemente debe estar pendiente para evitar que se pare el ensayo como medida de seguridad, estos son la temperatura de entra al motor y las revoluciones por minuto. Se le indicarán los momentos en los que puede acelerar y decelerar, y se realizará el ensayo. Se simulará una subida de temperatura para que el usuario por sí mismo elija la opción que crea correcta ante dicho problema. Se le indicarán las opciones incorrectas y se le permitirá seguir avanzado una vez que seleccione la opción correcta. Esto se ha hecho así para recalcar la importancia de estar constantemente observando dichos valores, y para que el usuario también pueda tener cierta autonomía en dicha elección. Por último se le explicará el modo de parada del motor, y la manera de visualizar las gráficas correspondientes al ensayo. Además se complementará dicha información con una breve explicación sobre las gráficas obtenidas, explicaciones que dará la profesora virtual sobre cada una de las gráficas obtenidas. Esto se hace con el fin de que el alumno no sólo sepa realizar el ensayo, sino que además sea capaz de interpretar los resultados obtenidos.

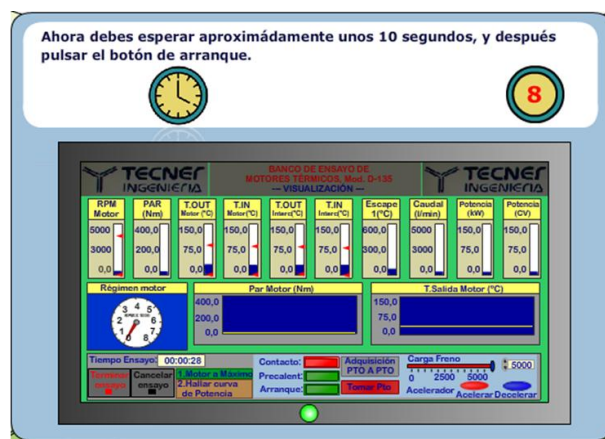


Figura 15. Pantalla de realización del ensayo virtual

Al igual que se ha podido comprobar con las pantallas, todos los elementos que se han dibujado se basan en los reales disponibles en el laboratorio físico, así si el usuario visita dicho laboratorio tras haber probado esta herramienta, podrá reconocer sin ninguna pérdida cada uno de los elementos. A continuación se muestran algunos de los equipos reales y los diseñados virtualmente:

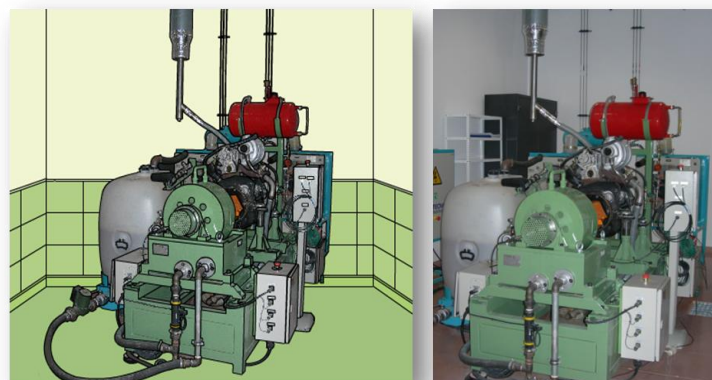


Figura 16. Banco de ensayo virtual y real

## 6. Utilidad

Este año se ha invertido en el desarrollo del laboratorio virtual. Una vez terminado el desarrollo software del mismo, durante el curso académico 2012/13 se va a utilizar en las asignaturas mencionadas, desde distintos puntos de vista.

*Seguridad e Higiene en el Trabajo. Protección contra incendios.* Se empleará en esta asignatura mostrando a los alumnos las medidas de seguridad necesarias a la hora de trabajar con motores. Los EPI's empleados, las precauciones de seguridad e higiene en el laboratorio, riesgos derivados de la manipulación de un motor, etc. Realizar medidas en un motor térmico como el mostrado es peligroso ya que hay partes en movimiento que pueden provocar atrapamientos, ruido elevado, partes expuestas a elevadas temperaturas, entre otros.

*Ingeniería Térmica. Eficiencia Energética. Biomasa para la generación de la energía. Aplicaciones técnicas de termodinámica. Agroenergética y control de emisiones.* En todas estas asignaturas se empleará el laboratorio virtual diseñado para mostrar al alumnado la realización de ensayos en motores térmicos ya que forma parte del contenido práctico de las mismas.

*Interfaz hombre-máquina.* Forma parte de esta asignatura el desarrollo de interfaz gráfico de forma ergonómico, usables, internacionales, estándar y basada en estilos, por lo que es fundamental que el alumnado de esta asignatura evalúe la herramienta desarrollada.

## 7. Observaciones y comentarios

## 8. Autoevaluación de la experiencia

Este año se ha invertido en el desarrollo del laboratorio virtual. Una vez terminado el desarrollo software del mismo, durante el curso académico 2012/13 se va a utilizar en las asignaturas mencionadas, desde distintos puntos de vista. También se realizará una encuesta de evaluación del software a los alumnos para que indiquen los aspectos destacables, posibles mejoras, y errores que presente la herramienta.

## 9. Bibliografía

- [1] M. M. G. P. Martínez-Jiménez, «Virtual Web Sound Laboratories as an Educational Tool in Physics Teaching in Engineering,» *Wiley Periodicals Inc.*, pp. 759-769:759-761, 2009.
- [2] F. Payri y M. Muñoz, de *Motores de combustión interna alternativos*, Valencia, Servicios de la UPV, 1983, pp. 725. ISBN: 84-600-3339-2.
- [3] D. Giacosa, «Motores endotérmicos,» Luis Montalbetti (trad.), Barcelona, Omega, 1998, pp. 852 ISBN: 84-282-0848-4.
- [4] «Característica técnicas motor Renault F8Q, Manual del fabricante.».
- [5] «Tecner. Manual de instalación de bancos de ensayo,» 2008.

**En Córdoba a 28 de septiembre de 2012**