

- Búsqueda por Comunicación y Grupo Temático
- Búsqueda por Autor
- Comités (Créditos Publicación)
- Patrocinadores

5 · 6 · 7 de Septiembre · HUELVA
XXVIII Jornadas de Automática

Salir



CEA
comité
español de
automática



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ABSORCIÓN DE IMPACTOS CONFORME A LA NORMA UNE 41958 IN MEDIANTE LABVIEW

A. Casañez, O. Reinoso, J.M^a Marín, S. Valero
Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales
Universidad Miguel Hernández
03202 Elche (Alicante), SPAIN
Email: {o.reinoso; jmarin; svalero}@umh.es

J. Doñate
A&CN
Elda (Alicante), SPAIN
Email: jdalfaro@aycn.es

Resumen

En este trabajo se presenta un sistema desarrollado en el marco de un Proyecto Fin de Carrera que permite la realización de ensayos de absorción de impactos según la norma UNE 41958 IN. Como herramienta de adquisición y tratamiento de los datos se utiliza LabVIEW. Esta herramienta permite un rápido tratamiento de los datos adquiridos así como una enorme flexibilidad en cuanto a la modificación y calibración de los datos. En el trabajo se presentan tanto los requisitos detallados en la norma que son preciso satisfacer como la selección de los dispositivos adecuados, el diseño del sistema mecánico y el desarrollo del software de tratamiento y supervisión del sistema.

Palabras Clave: Instrumentación, ensayos deportivos, educación en automática.

1 INTRODUCCION

Este trabajo presenta un sistema de absorción de impactos desarrollado en base a las características y especificaciones recogidas en la norma UNE 41958 IN. Esta norma dedicada a los Pavimentos Deportivos recoge los aspectos más significativos sobre los requisitos de pavimentos de tipo multiuso para interior y para exterior de tipo sintético, así como los requisitos de pavimentos de hierba artificial. Asimismo se establecen las propiedades y condiciones más significativas que deben cumplir los sistemas dedicados a la realización de ensayos en este tipo de pavimentos. Tomando como base estas especificaciones se ha desarrollado un sistema que permite realizar un ensayo de absorción de impactos sobre estas superficies y monitorizar todos los datos registrados durante el mismo en tiempo real.

Este sistema se desarrolla en el marco de un Proyecto Fin de Carrera en la titulación de Ingeniería Industrial de la Universidad Miguel Hernández de Elche. La realización de proyectos fin de carrera constituye la última etapa en la que los alumnos de una titulación desarrollan y adquieren destrezas antes de su incorporación al mercado laboral. En este sentido, este proyecto fin de carrera presenta una propuesta integradora donde es preciso abarcar múltiples disciplinas para la realización del sistema final. De este modo ha sido preciso diseñar el sistema mecánico que permite realizar el impacto sobre el dispositivo a ensayar, la selección de los actuadores y sensores más adecuados en función de las especificaciones, la adquisición, monitorización y registro de los datos aportados por los sensores, y por último el tratamiento de los datos para la obtención de los resultados finales de reducción de fuerza del pavimento así como su uniformidad. De igual forma ha sido necesario prestar un especial interés en los apartados de seguridad y manejo del dispositivo final.

El trabajo desarrollado se enmarca dentro de una colaboración realizada para INESCOP [4] que lleva realizando diferentes investigaciones sobre la respuesta que presentan diferentes materiales ante impactos. Este dispositivo complementará algunos de los disponibles en la actualidad en INESCOP y permitirá realizar los ensayos oportunos en los materiales utilizados para uso en pavimentos deportivos.

Como se ha comentado con anterioridad el objetivo central del dispositivo realizado consiste en determinar la capacidad de absorber impactos por parte de los pavimentos a ensayar. La absorción de impactos se traduce en la capacidad que presenta el pavimento de reducir los esfuerzos al impactar sobre

éste una determinada carga (usuario o deportista al saltar o correr).

Como herramienta de adquisición, visualización y tratamiento de los datos recogidos por los sensores ubicados en el dispositivo se ha utilizado Labview [6]. Labview [1] se ha utilizado de forma extensa en los últimos años como herramienta de adquisición de datos y tratamiento de los mismos en numerosas escuelas y titulaciones de ingeniería. Baste, a modo de ejemplo destacar algunas aplicaciones educacionales realizadas con esta herramienta como un conjunto de laboratorios virtuales realizados bajo Labview [3]. En [7] se presenta el sistema 'HeatFlow' para la realización de prácticas de automática. En el mismo se emplea Labview para la adquisición de los datos, la generación del lazo de control y la comunicación a través de Internet. También en [2] se presenta el desarrollo de un entorno de monitorización y control de una planta piloto que permite simular un proceso de pasteurización y que posibilita su uso en actividades docentes.

El resto del artículo se estructura como sigue. En el siguiente apartado se resumen las características y requisitos recogidos en la normativa para el diseño del dispositivo de ensayos. Estas características serán de obligado cumplimiento en el dispositivo final. A continuación se presenta con cierto grado de detalle el sistema diseñado tanto desde el punto de vista mecánico, como eléctrico y electrónico, así como la elección de los sensores precisos. En la siguiente sección se presenta la interfaz desarrollada así como la utilización de la herramienta Labview para la adquisición, tratamiento y visualización de los datos proporcionados por los sensores. Por último se presenta un ejemplo de funcionamiento para el ensayo de absorción y finalmente las conclusiones.

2 NORMA DE APLICACIÓN

En la norma UNE 41958 IN "PAVIMENTOS DEPORTIVOS", se establecen los requisitos y métodos de ensayo para los siguientes tipos de pavimentos deportivos:

- Pavimentos multiuso de interior
- Pavimentos multiuso de exterior sintéticos
- Pavimentos de hierba artificial
- Pavimentos para pistas de atletismo

El ensayo de absorción de impacto (reducción de fuerzas) determina las características básicas del aparato que debe soportar la realización del ensayo. Entre otras medidas establece el peso del sistema, la geometría del pie de ensayo y yunque, así como las características dinámicas del muelle que recogerá el impacto recibido por el sistema. Asimismo recoge las

capacidades que debe contener el sistema de registro y adquisición de los datos correspondientes al ensayo. Básicamente estas capacidades vienen determinadas por los siguientes parámetros:

- Filtro paso bajo Butterworth de orden 9 con frecuencia de corte de 120 Hz
- Frecuencia de adquisición mayor o igual a 4kHz
- Sensor de fuerzas con un rango mínimo de 0 a 10 KN y un error de un 2%

En esta norma se detalla un esquema aproximado sobre la composición del sistema para la realización del ensayo de impacto. Este esquema aparece reflejado en la figura 1.

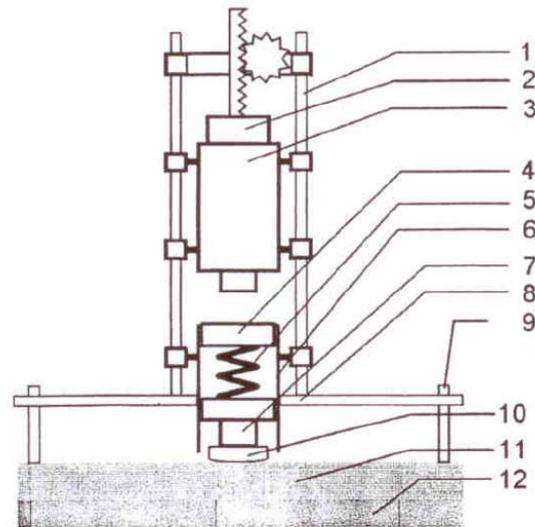


Figura 1: Esquema del dispositivo

Como se observa en la Figura 1, aparece reflejado un esquema sobre el funcionamiento del dispositivo. A partir de este esquema se diseña el sistema mecánico final que posibilitará la realización de los diferentes ensayos.

3 SISTEMA DESARROLLADO

A partir de la normativa exigible para la realización de los ensayos en pavimentos deportivos, se ha diseñado un sistema que permite la realización de este tipo de ensayos. A continuación se detallan algunos de los elementos básicos de este sistema.

2.1 Sistema mecánico

El equipo que se utiliza para el ensayo, según muestra la Figura 3, consta básicamente de cinco partes: un bastidor, una pesa, el útil de elevación, el sistema de liberación de la pesa y el conjunto que recibe el impacto y realiza la medida.

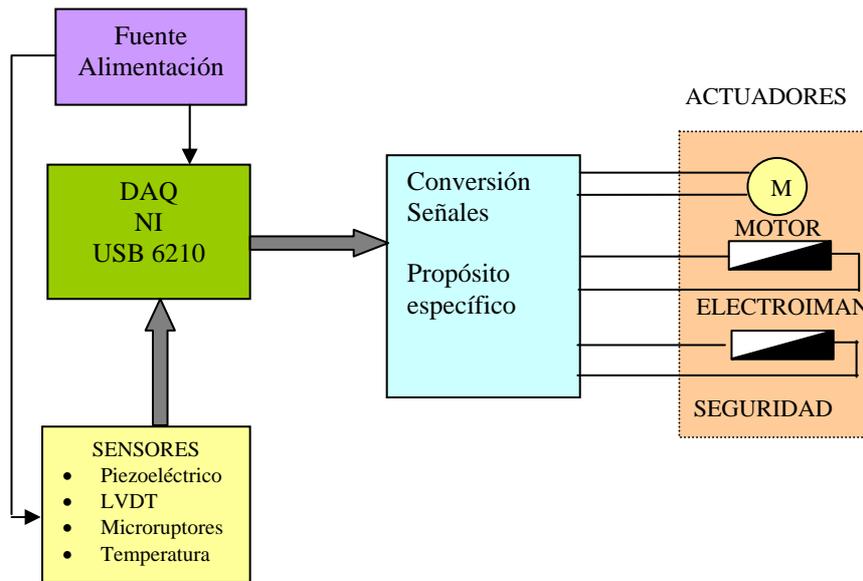


Figura 2: Esquema eléctrico

El bastidor está formado por una base de acero (13), los ejes de las guías lineales (11) de acero templado y rectificadas y la cruzeta (10) donde se ubica el sistema de elevación. Mediante unas patas regulables (14) y un nivel de burbuja situado en la cruzeta, es posible nivelar el equipo.

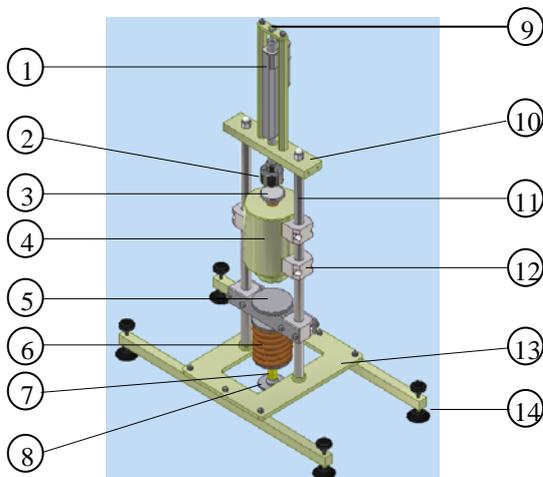


Figura 3: Equipo de ensayo diseñado

La pesa (4), tiene una masa de 20 kilos. En la periferia tiene mecanizadas unas ranuras donde se alojan los casquillos lineales de bolas (12). Mediante estos casquillos se consigue una precisión elevada en la trayectoria seguida por la misma durante el ensayo. En la parte superior, se dispone de un sistema de regulación (3) cuya finalidad es la de conseguir que el electroimán del sistema de elevación llegue a la superficie de la pesa antes que el actuador llegue al final de su carrera.

Para llevar la pesa desde la posición de reposo hasta la altura de ensayo, se utiliza un actuador lineal (1) con una capacidad de carga de 750 Newton y una velocidad de accionamiento de 2 cm/sg. El husillo se encuentra unido mediante un sistema de relojería a un potenciómetro lineal con el que se determina la posición de la pesa. El actuador dispone de un sistema de protección (9) que garantiza la parada cuando el electroimán entra en contacto con la pesa.

En el extremo del vástago del actuador lineal, se halla un electroimán (2). Cuando este se encuentra excitado, es posible elevar la pesa desde la posición de reposo hasta la posición de ensayo y mantenerla ahí, hasta el instante en que, al cortar la alimentación, se ejecuta el ensayo.

El conjunto que recibe el impacto va guiado mediante casquillos lineales de bolas, de tal forma que solo es posible su movimiento en la misma dirección que el movimiento de la pesa. El impacto que recibe el yunque (5), se transmite hasta el pie de ensayo (8), a través de un muelle (6) con una constante de rigidez de 2000 kN/m., el sensor piezoeléctrico para la medida de la carga sometida (7), del cual se comentarán algunos detalles con posterioridad, y el soporte de la misma. Para garantizar el deslizamiento sin holgura entre el cuerpo del yunque y el soporte de la célula de carga, se utiliza un casquillo lineal a bolas. Para paliar cualquier defecto en la perpendicularidad entre la dirección de movimiento de la pesa y el plano de ensayo, el extremo del pie de ensayo tiene una forma esférica de radio 500 mm.

2.3 Armario eléctrico de control

Se ha diseñado un armario eléctrico donde se integra la tarjeta de adquisición de datos y se reciben las señales procedentes de todos los sensores incorporados sobre el sistema. El diagrama de bloques de este armario se encuentra representado en la figura 2. En el mismo se detallan las señales sobre los actuadores del sistema: motor, electroimán y cerrojos de la puerta de seguridad.

La tarjeta de conversión de señales es una tarjeta de propósito específico diseñada para convertir las señales procedentes de la tarjeta de adquisición de datos a señales sobre los actuadores del sistema. De esta forma todo el sistema queda integrado en este armario de control con conexiones con el computador y con el sistema a controlar.

2.4 Sensorización

Las especificaciones exigibles al sensor de fuerzas que es preciso incorporar al sistema son:

Ensayo de absorción de impactos:

- Rango: 0-10kN, 0-1000kg, 0-2200lb
- Precisión: 2%, $\pm 200\text{N}$, $\pm 20\text{kg}$, 44lb
- Diámetro máximo: 10cm
- Velocidad de respuesta mínima del sensor: 4kHz

Ensayo de deformación:

- Rango: 0-5kN, 0-500kg
- Precisión: 2%, $\pm 100\text{N}$, $\pm 10\text{kg}$, $\pm 22\text{lb}$
- Diámetro máximo: 10cm
- Velocidad de respuesta mínima del sensor: 4kHz

Se pueden encontrar básicamente dos tipos de sensores que permiten medir esfuerzos en un elemento sometido a tensión/compresión:

A.- Galgas extensométricas: Las medidas están basadas en el cambio de la resistencia eléctrica experimentado por el sensor (galga extensométrica) cuando es sometido a una pequeña deformación. Estos sensores están indicados para la medida de fuerzas cuasiestáticas (p.e. medidas de peso en balanzas). Los fabricantes no ofrecen ninguna medida de la velocidad de respuesta del sensor, con lo que es posible que el sensor no pueda detectar variaciones rápidas de la fuerza aplicada.

B.- Sensores piezoeléctricos: La medida ofrecida por este tipo de sensores se basan en el efecto piezoeléctrico exhibido por algunos materiales. En estos sensores, un pequeño cristal de cuarzo, al ser sometido a una fuerza, se deforma y hace aparecer una carga eléctrica entre sus extremos. La magnitud de esta carga es aproximadamente proporcional a la

fuerza aplicada. Estos sensores se aconsejan para la medida de fuerzas en ensayos de impacto y vibraciones. Al aplicar una medida estática (p.e. medida de un peso constante), la salida que ofrece el sensor decae con el tiempo. Sin embargo, este drift en la medida es un valor constante y se puede corregir fácilmente vía software.



Figura 4: Sensor Piezoeléctrico 9321 Kistler

Tras la evaluación de un conjunto de sensores que cumplen con las citadas características, se ha optado por el sensor 9321B de Kistler, que presenta un rango de $\pm 10\text{ KN}$, junto con el amplificador industrial para medidas de carga eléctrica 507311 de un canal y configurable a través del puerto RS-232.

Este sensor permite leer variaciones rápidas en la fuerza aplicada. Además, el sensor 9321B [5] de Kistler (figura 4) se ajusta a los requisitos (rango y error de medición). Por otro lado, el amplificador industrial comentado es fácilmente integrable en un sistema de adquisición y medida basado en LabView.

4 LABVIEW

Para realizar la tarea de adquisición de datos y control de la máquina de ensayo se ha optado por utilizar LabView 7.1, debido a las múltiples posibilidades que ofrece, no sólo en la captura y tratamiento de datos, sino también para el control de procesos. En contraste con los lenguajes de programación típicos, LabView es un lenguaje de programación gráfico que usa iconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones. A diferencia de los lenguajes de programación que se valen de líneas de texto (C, C++, Basic, etc.) mediante instrucciones, LabView usa la programación basada en flujos de datos. Los datos fluyen a lo largo del código que se ha implementado en formato gráfico, modificándose a medida que pasan a través de los elementos implementados. El flujo de los datos determina la ejecución del programa.

Desde el punto de vista de programación, LabView contiene todos los elementos clásicos que disponen

la mayor parte de los lenguajes de programación convencionales: debug, ejecución animada, etc. Así mismo, también provee diferentes mecanismos para conectar a códigos realizados de forma externa a través de librerías, DLLs, código Active X, etc. Los programas realizados en LabView se denominan

Instrumentos Virtuales (VI), ya que su apariencia y operación imita instrumentos físicos reales, tales como osciloscopios, multímetros, etc.

Para realizar la adquisición, utilizamos el VI polimórfico DAQ Assistant (ver Figura 6).

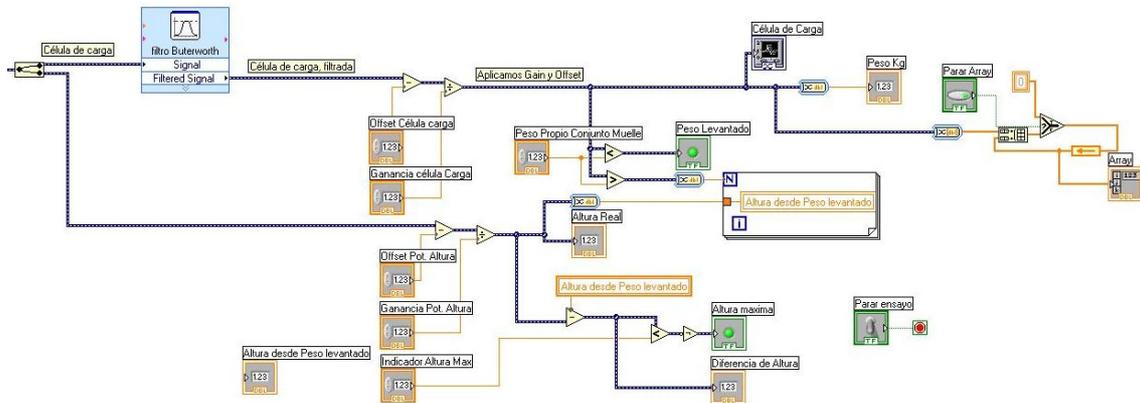


Figura 5: Tratamiento de los datos adquiridos

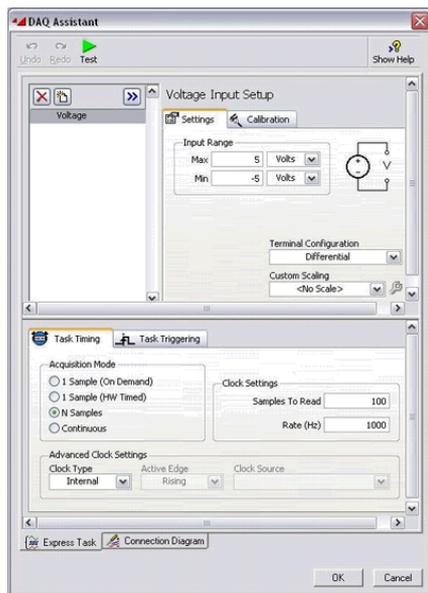


Figura 6: Icono del VI polimórfico y configuración del VI DAQ Asistent

4.1 Adquisición y Filtrado de Datos

La adquisición de datos se realizará a través de una tarjeta de adquisición de datos National Instruments NI USB 6210. Según las especificaciones de la Norma UNE 41958:2000 IN, necesitaremos una frecuencia de muestreo igual o superior a 4 kHz, la

cual es suplida ampliamente por la tarjeta seleccionada (250 kHz).

Realizada la adquisición de los datos procedente de los sensores a la frecuencia establecida se realiza el preprocesamiento de los mismos a través del VI representado en la figura 5.

Otro de los requisitos de la adquisición de datos consiste en disponer de un filtro Butterworth de orden 9 con una frecuencia de corte de 120 Hz. Este filtro se ha implementado mediante en el propio programa de adquisición de datos, a través de otro VI polimórfico cuya configuración se detalla en la figura 7.

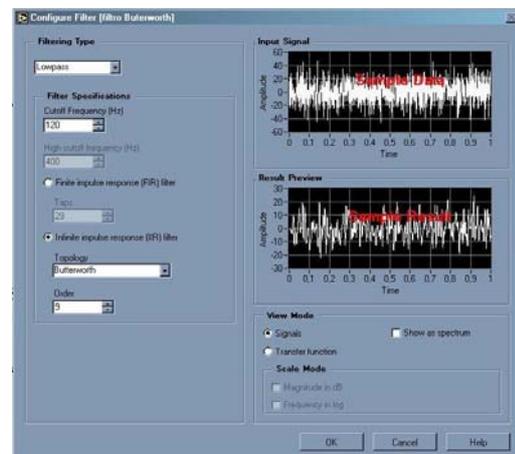


Figura 7: Configuración Filtro Butterworth

4.2 Flujoograma

Además de la adquisición de los datos, se ha de realizar el control de la máquina de ensayos. Para eso, se seguirá el flujoograma representado en la figura 8. Este flujoograma se traduce en el programa de adquisición de datos representado en la figura 9.

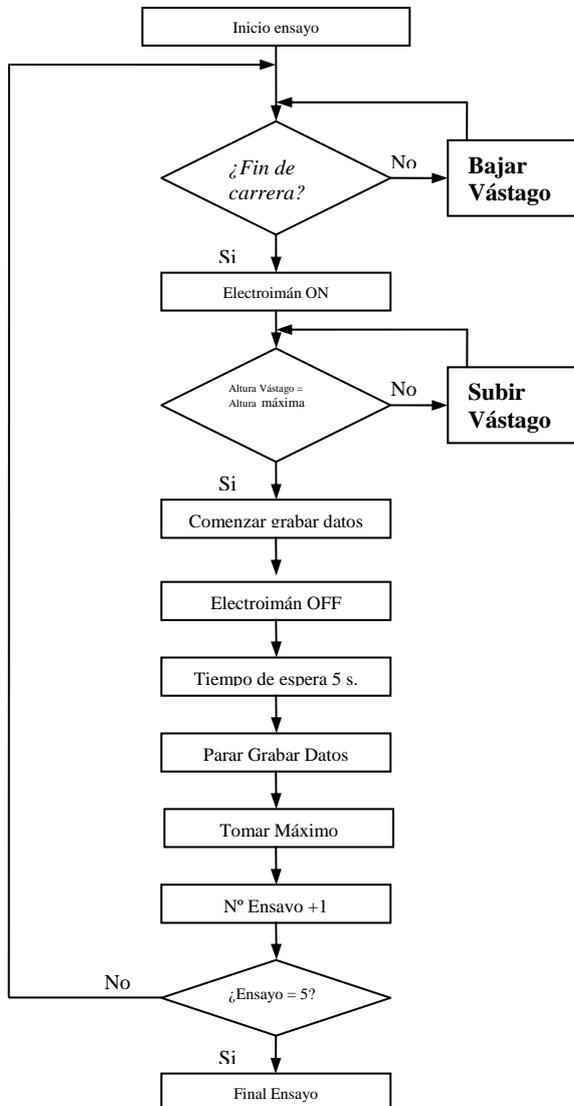


Figura 8: Flujoograma del ensayo

4.3 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario está planteada de tal manera que el operador realice el mínimo de acciones posibles, tratando de automatizar el proceso al máximo. Se divide en 5 pestañas o zonas:

1. Pantalla de presentación: Pantalla de inicio del programa
2. Ensayo de impacto: Permite realizar un ensayo de impacto según la Norma UNE

de aplicación. Los datos de entrada son necesarios para generar el informe.

3. Ensayo de deformación: Permite realizar un ensayo de deformación según la Norma UNE de aplicación.

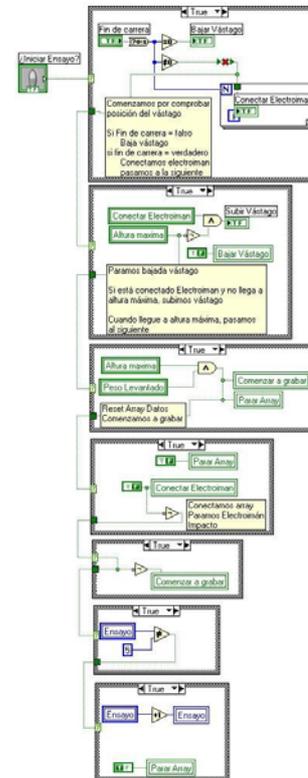


Figura 9: Programa de ensayos

4. Visualización de datos: Permite revisar y exportar los ensayos realizados anteriormente.
5. Calibración de la máquina de ensayo de impacto: Permite realizar la calibración de la máquina de ensayo según el protocolo definido en el apartado anterior.
6. Configuración: Permite ajustar los parámetros de los instrumentos de medida y del ensayo, tales como altura máxima a la que elevar la carga, calibración de sensores, etc.

En las figuras 10 y 11 aparecen reflejadas algunas ventanas de la interfaz de usuario desarrollada para la implementación del ensayo de impacto sobre pavimentos deportivos.

5 FUNCIONAMIENTO

Siguiendo la norma UNE 41958:2000 IN, antes de realizar los ensayos mediante el procedimiento de

operación normal es necesario medir la fuerza de referencia (F_h). En este caso el ensayo se realizará utilizando un suelo de referencia que será un pavimento rígido. Se recomienda en la norma utilizar un suelo de hormigón de más de 30 mm y más de 2000 kg de peso.

El ensayo se realizará sobre un punto de dicho suelo y con un total de 11 impactos dejando caer el peso desde una altura de $55 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$, medida desde la cara superior del yunque. Siendo F_h la medida de 10 impactos, sin considerar el primero. F_h debe estar dentro del rango de $6,6 \pm 0,25 \text{ kN}$. Si F_h estuviera fuera del rango el resultado no sería válido y se debería proceder a recalibrar el aparato. La medida de F_h se deberá realizar al menos una vez cada 6 meses.

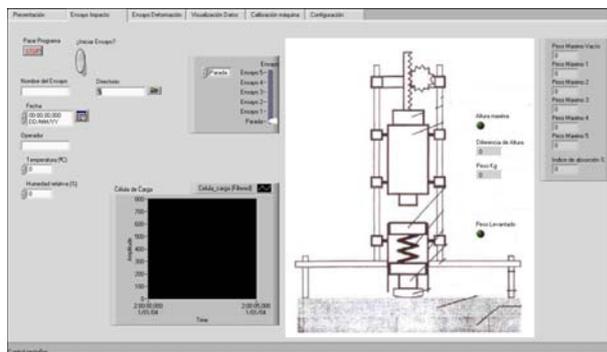


Figura 10: Interfaz de usuario: Ensayo de impacto



Figura 11: Configuración de la célula de carga piezoeléctrica

5.1 Ensayos: Procedimiento de operación normal

Una vez conocido el valor de la fuerza de referencia es posible realizar los ensayo de formal normal. Se seleccionarán 5 puntos significativos sobre la muestra del pavimento a ensayar. En el caso de que el pavimento esté dotado de una estructura de soporte con puntos de apoyo y vanos, se seleccionará como mínimo un punto sobre los apoyos y otro en el centro del vano. Para cada uno de los puntos se realizarán tres impactos dejando caer el peso desde una altura de $55 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$

medida desde la cara superior del yunque. Entre cada impacto no debería transcurrir más de un minuto.

El primer impacto no se considerará a efectos del cálculo de la reducción de fuerza, que se calculará con la siguiente fórmula:

$$R_{\text{fuerza}} (\%) = (1 - F_m / F_h) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

F_m = medida de la fuerza máxima medida en los dos últimos impactos.

F_h = medida de la fuerza máxima alcanzada sobre un suelo rígido.

La reducción de fuerza del pavimento será la media aritmética del resultado obtenido en los 5 puntos ensayados, la uniformidad es máxima diferencia entre puntos. Se calculará utilizando el punto con máxima ($R_{\text{máx}}$) y mínima ($R_{\text{mín}}$) reducción de fuerzas: $R_{\text{máx}} - R_{\text{mín}}$.

El tamaño mínimo de las muestras a ensayar será el reflejado en la Tabla 1

Tabla 1: Tamaño de los pavimentos

Pavimentos punteolásticos	Pavimentos Areaelásticos, combinados y mixtos
1 m x 1m	3,5 m x 3,5 m

Los resultados obtenidos servirán para la elaboración del informe requeridos según la norma UNE 41958:2000 IN. El informe de resultados deberá incluir:

- Ubicación de los puntos ensayados.
- Reducción de fuerza obtenida en cada punto ensayado.
- Reducción de fuerza media del pavimento.
- Uniformidad: máxima diferencia entre puntos.
- Temperatura y humedad relativa durante la realización de los ensayos.

6 CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el sistema desarrollado para la realización de los ensayos de absorción de impactos en suelos deportivos conforme a la normativa UNE 41958 IN. Este trabajo se ha desarrollado parcialmente como parte de un Proyecto Fin de Carrera en la titulación de Ingeniería Industrial. En el mismo se ha realizado

tanto el diseño mecánico a partir de las especificaciones establecidas en la normativa anteriormente referenciada, como la sensorización del dispositivo, adquisición de los datos y tratamiento y representación de los mismos. La integración, programación, visualización y elaboración de los informes oportunos de los ensayos realizados se ha realizado mediante LabView debido a sus enormes prestaciones en el terreno de la adquisición y tratamiento de datos y la facilidad de su manejo. En trabajos futuros se tiene previsto integrar nuevos métodos de ensayos tomando como base el mismo sistema mecánico con las modificaciones oportunas, así como la incorporación de nuevos sensores. En concreto se está pendiente de integrar un método de ensayo que posibilite la medida de deformaciones en pavimentos deportivos.

Referencias

- [1] Chugani M.L., Samant A.R., Cerna M., (1998), LabView Signal Processing, Upper Saddle River: Prentice Hall PTR.
- [2] Faus I., Blasco X., (2002) Monitorización y control de una planta piloto PCT23 con LabVIEW, Seminario anual de automática, electrónica industrial e instrumentación, SAAEI'02, Alcalá de Henares, Spain, pp. 373-376.
- [3] Guzmán, J.L., Rodríguez, F. Berenguel, M. Lacasa, D., (2006) Enseñanza y aprendizaje de conceptos de control automático utilizando Labview, XXVII Jornadas de Automática, Almería, Spain, pp. 1039-1049.
- [4] INESCOP, Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas
<http://www.inescop.es/>
- [5] Kistler Force Sensors
<http://www.kistler.com/>
- [6] Labview Acquisicion Data Software
<http://www.ni.com/labview>
- [7] Vargas H., Dormido R., Duro N., Dormido Cantó S., (2006) Creación de laboratorios virtuales y remotos usando Easy Java Simulations y Labview. El sistema HeatFlow como un caso de estudio, XXVII Jornadas de Automática, Almería, Spain, pp. 1185-1195.