

## CALIBRACIÓN DE CUÑAS INSTRUMENTADAS PARA PÉNDULO CHARPY A TRAVÉS DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO

### Calibration of instrumented strikers for Charpy pendulum through computer system

**RESUMEN**

El péndulo Charpy es utilizado para determinar la tenacidad de un material, el ensayo con el péndulo brinda información sobre el comportamiento de la fractura dinámica de un material, la información de la energía absorbida en una muestra (probeta), es a través del rompimiento de ésta y de la obtención de las señales del impacto, es importante contar con una cuña (elemento golpeador) previamente calibrada, ésta se instrumenta con sensores electrónicos de desplazamiento (Strain Gauge) proporcionando señales eléctricas al aplicarles presión o deformación.

Este trabajo presenta un sistema computarizado para obtener y determinar las curvas de calibración de cuñas instrumentadas.

**PALABRAS CLAVES:** Probeta, cuña, strain gauge

**ABSTRACT**

*The pendulum Charpy is used to determine the tenacity of the materials, the test with the pendulum offers information about of the characteristics of the dynamic fracture of the materials, the information of the energy absorbed in a specimen is through the break of this and of the obtaining the signals of the impact, it is important to have a striker (hitter element) previously calibrated, this count with electronic sensors of displacement (Strain Gauge) that providing electric signals when applying them pressure or deformation. This work show an system through of the computer and software to obtain the calibration graphs and equations of the striker instrumented curves .*

**KEYWORDS:** Striker, specimen, strain gauge.

**1. INTRODUCCIÓN**

El ensayo de Charpy brinda información sobre el comportamiento de la fractura dinámica de un material, la información que proporciona el ensayo es la energía absorbida por la rotura[1], la deformación lateral mostrada por la probeta y el porcentaje de fractura dúctil de la superficie de fractura, estos parámetros pueden ser utilizados para determinar las propiedades del material en estudio.

Existe mucha información que puede proporcionar un ensayo Charpy, la idea es obtener la máxima información de las probetas o muestras a ensayar, en el caso de muestras de la vasija de un reactor nuclear, estas están sometidas a niveles de radiación y temperatura en condiciones de operación de un reactor por lo que hacen que estas muestra sean únicas[2], por eso es necesario contar con un péndulo instrumentado con la calibración adecuada.

Una parte importante de la instrumentación del péndulo, figura 2, es que cuente con una cuña o elemento golpeador calibrado, para esto es necesario instrumentar a las cuñas mediante sensores electrónicos de deformación, de acuerdo a las normas internacionales [3].

**ANTONIO ROJAS SALINAS**

Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, M en C.  
Investigador Nivel "C"  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.  
asrs@nuclear.inin.mx

**JAVIER MERINO CABALLERO**

Ingeniero Mecánico.  
Profesionista Nivel "C"  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.  
fjmc@nuclear.inin.mx

**JORGE A. RUIZ ENCISO**

Ingeniero en comunicaciones y electrónica, Dr.  
Investigador Nivel "C"  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.  
[jare@nuclear.inin.mx](mailto:jare@nuclear.inin.mx)

Pero no solamente es instrumentar a este elemento, sino que de debe de conocer su respuesta al impacto, figura 1, determinando la curva de calibración y su ecuación correspondiente

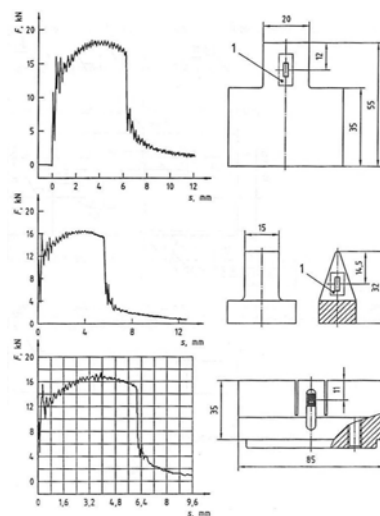


Figura 1.- Diseño de cuñas instrumentadas y sus correspondientes curvas Fuerza-Desplazamiento.



Figura 2.- Péndulo Charpy instrumentado.

Este trabajo presenta un sistema a base de una computadora [4] que permite obtener los datos de la calibración, graficar los datos obteniendo las curvas de operación con sus respectivas ecuaciones y emitir un informe del proceso de calibración.

## 2. SISTEMA DE CALIBRACIÓN.

La red de conexión de la instrumentación para la calibración de las cuñas instrumentadas se muestra en la figura 3.

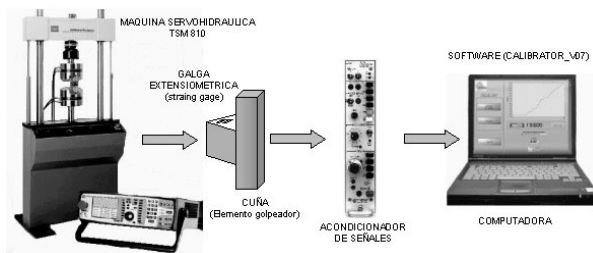


Figura 3.- Red de calibración de la cuña instrumentada.

## 3. INSTRUMENTACIÓN DE LA CUÑA O “ELEMENTO GOLPEADOR”.

La cuña o “elemento golpeador”, se le acondicionan sensores electrónicos de deformación (strain gauge) a una distancia aproximada de 11 mm del punto de impacto figura 4.

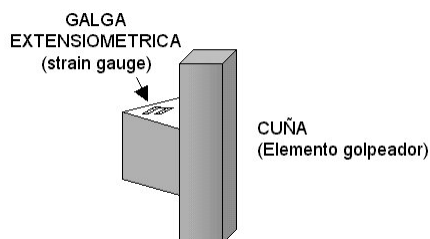


Figura 4.- Instrumentación de la cuña.

En algunos diseños de cuñas instrumentadas, los sensores son adheridos con pegamento que soporte los impactos, en otros modelos, los sensores son insertados en una cavidad para que no sufran deterioros o malformaciones durante los ensayos.

## 4. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Los sensores de deformación son dispositivos utilizados en pruebas y mediciones mecánicas, estas detectan fuerza, aceleración, presión y vibración. Cuando el sensor se le aplica fuerza sufre cambios en resistencia[6] proporcionando una señal eléctrica, figura 5.

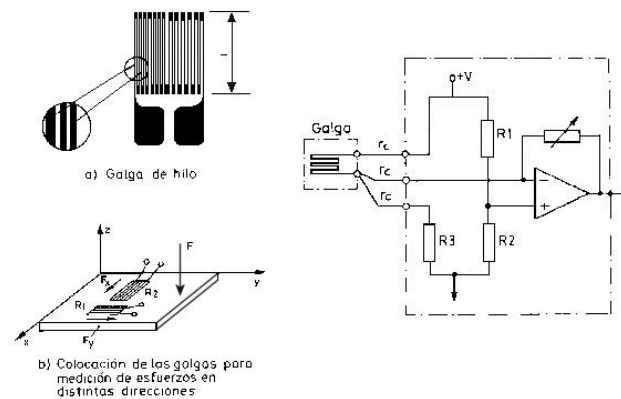


Figura 5.- Obtención de señal eléctrica de los sensores de deformación.

Como la señal generada por los sensores es muy pequeña y débil, esta es acondicionada, es decir la señal proporcionada por los sensores de deformación son convertidos a señales eléctricas de voltaje y es amplificada a una niveles adecuados, figura 4, para posteriormente introducirla a una tarjeta de conversión analógica a digital ADC[7], y con un programa de computo y la computadora se encarguen de procesar la información[4].

## 5. PROCESO COMPUTARIZADO DE CALIBRACIÓN.

La cuña instrumentada se coloca encima de una probeta en posición de tres puntos de presión, esto se realiza con una maquina servohidráulica MATERIAL TEST SYSTEM 810, figura 6, el proceso consiste en aplicar diferentes fuerzas a una probeta en forma proporcional hasta antes del punto de rotura de la probeta y registrar el valor del voltaje obtenido en cada fuerza aplicada. Las señales de voltaje obtenidos, son procesados mediante un programa computacional [7], llamado “CALIB\_07”.



Figura 6.- Colocación de la cuña en la maquina Servohidraulica para su calibración.

Este programa de computo se presenta como un instrumento virtual, de fácil manejo, figura 7, el programa muestra los datos obtenidos en forma grafica y numérica.

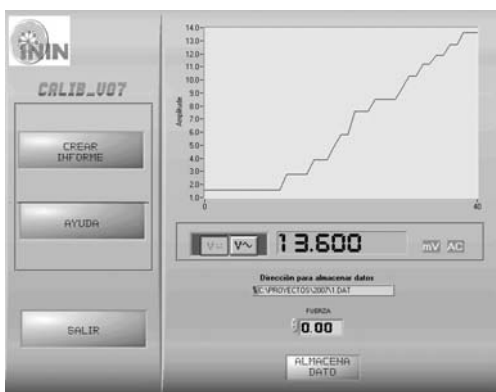


Figura 7.- Programa “CALIB\_007”, para obtener los datos de la cuña instrumentada.

Los datos obtenidos son almacenados en archivos de datos, para que posteriormente sean llamados en la opción “CREAR INFORME” contenida en el programa principal, en esta opción se realizan los cálculos matemáticos para obtener las graficas de la calibración y para obtener los valores de los parámetros contenidos en la ecuación de la curva de calibración, figura 8

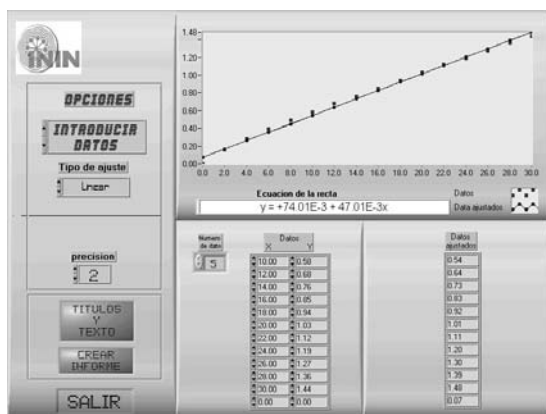


Figura 8- Obtención de las curvas de calibración y las ecuaciones correspondientes.

Los datos introducidos en esta opción se muestran de forma gráfica, y en dos tablas numéricas.

Una corresponde a los datos introducidos los cuales con los obtenidos durante el proceso de obtención de información, la otra corresponde a los datos de la señal ajustada.

Existen sensores que no suelen ser totalmente lineales, solamente en determinados rangos de operación, para esto el programa cuenta con tres modos de ajuste para las graficas de los datos introducidos:

- Ajuste lineal.
- Ajuste polinomial
- Ajuste Exponencial

La respuesta del sensor debe ser lineal en el rango requerido, por lo que se espera obtener una grafica en forma lineal y esta sea representada por la formula general de la recta, ecuación 1.

$$F = mX + b \tag{ec.1}$$

Donde:

- F** = Ajuste lineal
- X** = Secuencia de valores en el eje X
- m** = Pendiente de la recta
- b** = Intercepción

El programa obtiene las ecuaciones y pueden calcularse con diferentes niveles de precisión, figura 9, estos niveles varían los valores de los parámetros contenidos en la ecuación, con lo que se podrá representar lo más fielmente posible la grafica ajustada.



Figura 9.- Ecuación obtenida de la calibración de una cuña con nivel de precisión 5.

## 6. ELABORACIÓN DE INFORMES

La información de la calibración puede ser emitida mediante un documento en formato PDF, esta opción evita que los datos puedan ser trasladados a otros programas de cómputo para la elaboración de graficas y de documentos.

El programa solamente necesita la introducir los datos que llevara el documento, figura 10, como:

- Titulo del informe
- Texto complementario

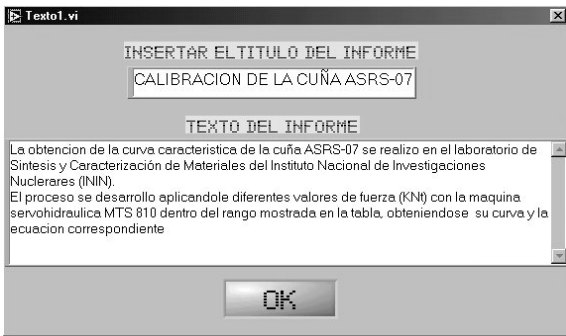


Figura 10.- Ventana para la introducción de título y texto para La emisión del documento de calibración.

La gráfica, tablas de resultados, fecha de elaboración del documento, logotipos de la empresa son ingresadas automáticamente en el documento.

La figura 11, muestra el formato de un documento de una calibración emitido por el programa del sistema de calibración.

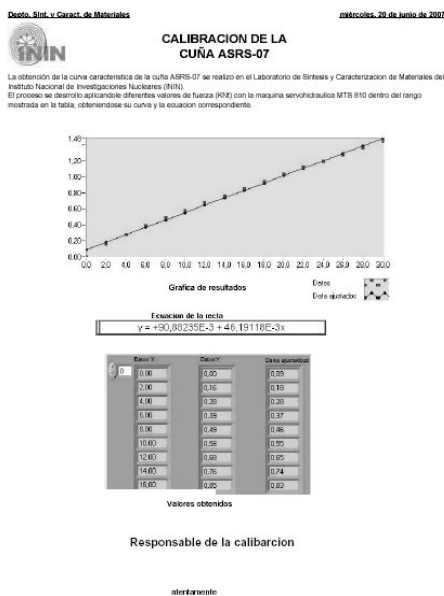


Figura 11.- Documento de calibración emitido por el programa.

## 7. RESULTADOS

Con este sistema se lograron instrumentar cuñas de diferentes diseños para el péndulo Charpy SCHENCK TREBEL del ININ.

Anteriormente la calibración de las cuñas instrumentadas utilizadas para los ensayos en el péndulo Charpy se realizaban de forma tradicional, es decir que se requería tomar los datos manualmente y trasladar la información a programas de computo para poderlos visualizar en forma grafica y para obtener las ecuaciones de las graficas de

calibración, con este desarrollo se logra elaborar este trabajo de forma inmediata.

## 8. CONCLUSIONES

Con este sistema computarizado se reducen considerablemente los tiempos y costos, ya que no se requieren de otros programas de computo específicos de graficación.

Con estos desarrollos se logra contar con tecnología propia, además de que el sistema tiene la ventaja adicional de ser versátil y adaptable a las necesidades de los usuarios.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Y. Ortega, Prueba de impacto: ensayo Charpy, Revista Mexicana de Física, 52 (1) 51–57 JUNIO 2006.
- [2]. Chomik E. P., Ciriani D. F., Dhers H., Iorio A.F. Instrumentación de un Péndulo Charpy datos adicionales obtenidos a partir de la misma y su aplicación a programas de vigilancia de centrales nucleares, Available in: [www.cab.cnea.gov.ar/AATN99/Actas/Docs/R3B21.pdf](http://www.cab.cnea.gov.ar/AATN99/Actas/Docs/R3B21.pdf)
- [3]. Antonio Rojas Salinas, Tonatiuh Rivero Gutiérrez Sistema de medición de señales de impacto en el péndulo de pruebas CHARPY. IT.AU-0114, ININ, Agosto/2001.
- [4]. International Standard ISO 14556, First edition 2000-05-01.
- [5]. Transductores de deformación, Available in: [www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SDEFORMACION.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SDEFORMACION.htm)
- [6]. Antonio Rojas Salinas, Tonatiuh Rivero Gutiérrez, Jorge Ruiz Enciso, “Sistema computarizado de medición y monitoreo de procesos en una autoclave” Seminario y Miniforo Iberoamericano de Tecnología de Materiales, La Habana Cuba, P22, Mayo 2005.
- [7]. Antonio Rojas Salinas, Tonatiuh Rivero Gutiérrez, Jorge Ruiz Enciso, Sistema de Medición de Señales de Impacto en el Péndulo de Pruebas Charpy, XII Simposio de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (Cuba), junio 2005, AUT26.