

# Modernización del dinamómetro Alwetron

Gilberto Mesa-Mena\*, Marlen Lorenzo-Maiquez

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

Vía Blanca, No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba

\*[gilberto.mesa@icidca.azcuba.cu](mailto:gilberto.mesa@icidca.azcuba.cu)

## RESUMEN

**Introducción.** Para la utilización de cualquier material es necesario conocer sus propiedades mecánicas, por lo que el ICIDCA cuenta con una máquina de ensayos mecánicos (Dinamómetro universal Alwetron), que permite probar la resistencia de los polímeros, tableros de bagazo y otros materiales que se investigan.

**Objetivo.** El objetivo de este trabajo es modernizar el Alwetron (que sigue siendo un equipo valioso, a pesar sus años de servicio), mediante su acoplamiento a las computadoras modernas.

**Materiales y Métodos.** En el año 2012 se acopló a una PC, comparable con los equipos de esa época, pero con la evolución de las computadoras desapareció el puerto paralelo, que impidió modernizar el sistema. En las nuevas computadoras, para intercambiar con los dispositivos externos, se utiliza el puerto USB, que requiere de una interfaz específica en el dispositivo.

**Resultados y Discusión.** A partir de un circuito electrónico programable (Arduino), que se comercializa a bajo costo en el mercado internacional, se ha desarrollado la interfaz que posibilita la comunicación del Alwetron con las computadoras modernas.

**Conclusiones.** Con esta solución, se garantiza la continuidad del trabajo, se podrá utilizar el equipo con cualquier computadora y se dispondrá de las ventajas que incorporan los sistemas modernos para el manejo de la información.

**Palabras clave:** ensayos mecánicos, Dinamómetro universal, Arduino.

## ABSTRACT

**Introduction.** The Universal Dynamometer "ALWETRON", a mechanical testing machine, belongs to ICIDCA. Using this machine and knowing material technical properties the resistance polymers, bagasse boards and other material properties will be defined.

**Objective.** The goal of this work is to update the Alwetron (which remains being a valuable equipment despite its years of service) by connecting it to modern computers.

**Materials and Methods.** Alwetron was coupled to a PC in 2012 and the apparent device modernization was achieved but parallel ports disappeared with computers evolution and possible modernization system was hampered. Newer computers have USB port as the only piece for external devices interchange, thus device specific interface is required.

**Results and Discussion.** Using a programmable electronic circuit (Arduino), having low cost in international market, interface allows Alwetron and modern computers communication was developed.

**Conclusions.** With this solution, work continuity is guaranteed, the equipment can be used with any computer and the advantages of modern information management systems will be available.

**Keywords:** mechanical tests, universal dynamometer, Arduino.

## INTRODUCCIÓN

Para la determinación de la resistencia de los materiales, el laboratorio físico- mecánico (LAFIM), en el ICIDCA, cuenta con una máquina de ensayos (dinamómetro universal Alwetron), que permite

realizar pruebas de resistencia mecánica a los materiales (tracción, flexión y compresión). Es el equipo fundamental de LAFIM para el estudio de las propiedades mecánicas de los polímeros y tableros de partículas de bagazo, desarrollados en el Instituto, que ha permitido brindar servicios a diferentes centros del país, con análisis similares de otros materiales.

El dinamómetro Alwetron brinda servicios desde 1980 y, a pesar de sus años, sigue siendo muy valorado por su robustez, la exactitud de los ensayos y, también por el alto precio que tiene en el mercado una máquina similar. Sin embargo, para obtener la información de los ensayos disponía solo de dos indicadores digitales (uno que muestra la fuerza aplicada y otro para el desplazamiento) y de un registrador con cartilla de papel, para graficar la curva del comportamiento de la fuerza, en función del desplazamiento. En el año 2012, se realizó una adaptación que permitió acoplarle una computadora (1, 2), de manera que la información se mostrara y almacenara en una PC (figura 1), con lo que las prestaciones se hicieron comparables a los equipos similares que se ofertaban en el mercado internacional.

Para el acoplamiento del Alwetron con la PC se utilizó el puerto paralelo (que en esa época se utilizaba, fundamentalmente, para conectar las impresoras) pero, en esta aplicación, en lugar de utilizarse como salida de datos, se trabajó en modo de entrada y, de esa manera, se ha estado trabajando eficientemente hasta la actualidad. Sin embargo, la tecnología sigue evolucionando, las nuevas PC dejaron de tener puerto paralelo y las versiones de *Windows*, posteriores al 98, no permiten trabajar con el puerto en el modo que se hizo para esta aplicación. Durante todos estos años, se ha continuado explotando el Alwetron, pero sin poder mejorar la PC (con *Windows* 98) y con el riesgo de que se paralice el equipo, si esta se rompe, porque no habría otra similar para su reemplazo; estas razones hacen que se busque otra solución que garantice la continuidad del trabajo.



Figura 1. Dinamómetro Alwetron acoplado a una PC

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las propiedades mecánicas de los materiales, como: elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad se ponen de manifiesto, al aplicárseles fuerzas externas que expresan la capacidad de estos para resistir acciones de carga (3). El servicio al que pueden destinarse los materiales está determinado por sus propiedades mecánicas y, por ello, es necesario comprobar la respuesta que ofrecen al ser manipulados. Para conocer sus propiedades es necesario realizar una serie de ensayos de esfuerzos mecánicos, con los que se fuerza al límite el material (4).

Los principales parámetros que se evalúan en los ensayos de fuerza son el módulo de elasticidad y la carga máxima que soporta la probeta hasta su fragmentación. Esos parámetros se obtienen con las máquinas de ensayos, a partir del registro de los datos de la fuerza aplicada, en relación con el desplazamiento (5).

La máquina de ensayos de que dispone el ICIDCA es el Dinamómetro universal Alwetron, que consta de una estructura mecánica (similar a una prensa), conectada con una Unidad de control. En su cabezal móvil tiene una celda de carga, que detecta la magnitud de la fuerza aplicada a la probeta que se evalúa, a medida que se va comprimiendo o tirando de ella (según el tipo de ensayo que se le aplica). Su movimiento es a velocidad controlada (seleccionada por el operador) y su desplazamiento se mide con alta precisión mediante un sensor optoelectrónico.

En la Unidad de control se encuentran los circuitos electrónicos para el control de la velocidad, los de la lógica de accionamiento y protección, los que permiten procesar las señales de fuerza y desplazamiento para mostrarlos, así como los selectores y pulsadores que determinan las opciones de funcionamiento del equipo y su operatividad. Durante todo el ensayo se muestra, en uno de los indicadores digitales, el valor instantáneo de la fuerza que se aplica sobre la probeta; mientras, en el otro, se puede ver el desplazamiento que va teniendo el brazo móvil, a partir del punto donde se pone en movimiento.

El Alwetron no estaba preparado para exportar los datos a un dispositivo externo y, para extraerlos, fue necesario insertarse en la circuitería de su funcionamiento. Se trabajó sobre dos de las secciones de circuitos: la que hace posible la medición e indicación de la fuerza aplicada y la que se encarga de medir y mostrar el desplazamiento que efectúa el brazo móvil durante el ensayo.

Para medir la fuerza, el Alwetron utiliza como transductor una celda de carga (basada en un puente con *Strain gages*), conectada a una cascada de amplificadores operacionales, que realizan el acondicionamiento adecuado de la señal eléctrica. Esa señal se convierte a digital, mediante un conversor análogo/digital, que tiene salida en código BCD (un código BCD es el que expresa los números decimales en notación binaria. Ej.  $1001=9$ ), en modo multiplexado (Salida multiplexada es cuando la salida varía su información cíclicamente, según el instante de tiempo, y está sincronizada con otra salida que determina a qué se refiere). Los códigos BCD se convierten a 7 segmentos con otro circuito integrado, que se encarga de iluminar en cada instante los segmentos de LED adecuados para formar el número correspondiente, de manera sincronizada, con la activación de cada dígito del indicador digital (6, 7). Para sacar los datos de la fuerza aplicada en cada instante, la muestra de señal se ha tomado de la salida del conversor A/D.

En la medición del desplazamiento se utiliza como sensor una celda opto-electrónica acoplada, mecánicamente, a un husillo, que es el encargado de desplazar el brazo móvil del dinamómetro. Los pulsos de la celda se producen cada vez que el brazo móvil se desplaza 0.1 mm, y alimentan un contador *up/down* con salida de 7 segmentos, que es el encargado de mostrar el valor del desplazamiento en un indicador digital de 5 dígitos. De la celda optoelectrónica se derivó una línea para sacar la señal, que indica cuándo se produce cada desplazamiento de 0.1 mm.

Actualmente, los datos de la fuerza y el desplazamiento se leen desde la PC, a través del puerto paralelo, pero las computadoras modernas ya no disponen de este puerto. Los puertos USB son ahora la vía para conectar dispositivos externos a las PC; pero, en estos, la transferencia de los datos es en serie y, por lo tanto, se requiere de una interfaz que se ajuste a las características del Alwetron y que pueda comunicarse vía USB; para la solución a la interfaz, se recurrió al Arduino.

Arduino es una plataforma de *hardware* y *software* libre, que surgió en Italia y se extendió por el mundo (8). Dispone de una amplia comunidad enlazada por Internet, donde se publican, en detalle, las experiencias de muchas de las aplicaciones que logran los usuarios. El elemento central para el desarrollo de las aplicaciones es una tarjeta de circuito impreso, en la que está montado un circuito integrado, denominado microcontrolador. El microcontrolador es una microcomputadora, que funciona de acuerdo con el programa que se grabe en su memoria interna y que dispone de varios pines, utilizados como líneas para entrada y/o salida de señales (algunas de tipo analógica y otras digitales). Las tarjetas Arduino poseen interfaz para la comunicación con otros dispositivos (interfaz serie, USB, Wifi).

En el mercado se ofertan diferentes tipos de tarjetas, con variedad de microcontroladores, que brindan disímiles prestaciones y se caracterizan por su bajo precio de venta. Su programación se facilita por disponer de un entorno de desarrollo y mucha información en Internet. Los proyectos que pueden realizarse con Arduino son múltiples pues dependen, fundamentalmente, de la imaginación, habilidad y dedicación de quien los utiliza (9). Ejemplo de esto es el medidor de amoniaco, basado en una aplicación Arduino, que se construyó en el ICDCA (10).

La tarjeta que se está utilizando para esta nueva aplicación es Arduino UNO (11, 12), que tiene como características:

- microcontrolador ATmega328
- frecuencia de reloj 16MHz
- voltaje de entrada 7-12V
- voltaje de operación 5V
- 14 pines digitales de I/O
- 6 entradas analógicas (10 bits de resolución)
- 32 kbyte de memoria flash
- 1 kbyte de memoria RAM
- 512 byte de EEPROM
- interfaz de programación USB

La figura 2 muestra la forma en que se realizó la conexión. La señal de desplazamiento que entrega la celda optoelectrónica se conecta con la línea D2 del Arduino, para que cada pulso genere una interrupción en el programa y este priorice la lectura de la fuerza. Por las líneas de puerto D3, D4, D5 y D6 leerá los códigos BCD de los datos de la fuerza instantánea, a la salida del conversor A/D; y por las líneas D7, D8, D9, D10 y D11 determinará el dígito al que corresponde; para componer, así, las cifras del valor leído. También vigilará por la línea D12 cuando se produce la señal *Stop*, para detener la adquisición de los datos.

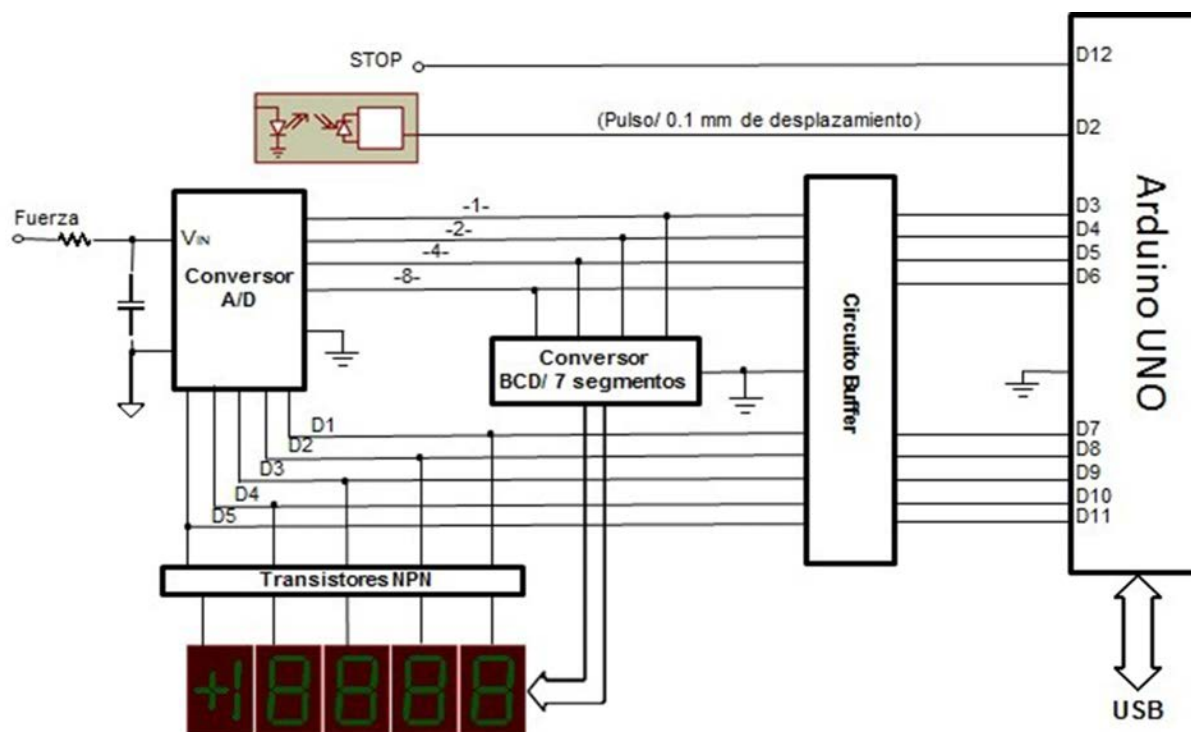


Figura 2. Circuito eléctrico para la conexión del Alwetron, con un Arduino UNO.

Cuando el brazo móvil del Alwetron se pone en movimiento, con su desplazamiento se generan pulsos cada 0.1 mm. El procedimiento de interrupción que provoca se encargará de hacer 5 lecturas consecutivas de la fuerza aplicada y depositará esas muestras en un arreglo. Como los datos se obtienen a partir de los circuitos internos del dinamómetro, el procesamiento resulta más complejo. La señal que se debe capturar está en código BCD multiplexado y se obtiene mediante la lectura de las líneas de puerto, que se conectan a la salida del conversor A/D. El procedimiento de interrupción se ha programado de manera que su ejecución comienza vigilando la activación del dígito más significativo, para leer las cuatro líneas que contienen el dato perteneciente, en ese instante, al mismo dígito; el código BCD se convierte en un número entero y se almacena multiplicado por 10 000. Seguidamente, se vigila el dígito inmediato inferior, se obtiene su código BCD, se convierte en número entero, se multiplica por 1000 y se almacena, sumado al valor que se obtuvo del más significativo. Con el siguiente dígito, se obtiene el código BCD, se convierte en número entero; en este caso, se multiplica por 100 y se suma, también, al resultado anterior. De la misma forma, el valor BCD convertido que corresponde al dígito de las decenas se multiplica por 10 y se le suma al resultado anterior. Por último, con las unidades, se convierte el número BCD a entero y se suma de igual manera; se obtiene, en el total, un número entero igual al valor del dato que sale al indicador digital en ese instante.

El programa de la aplicación comienza el lazo con un chequeo de la activación de la señal *Stop* (que se produce en el dinamómetro cuando se detiene el experimento) para, en ese caso, dejar de adquirir los datos y enviar a la PC la orden de parada. Mientras no se active la señal *Stop* se vigilará el indicador de que en el arreglo hay 5 nuevas muestras para realizar su procesamiento de filtraje.

El procesamiento consiste en revisar las 5 muestras, para eliminar el valor máximo y el mínimo (que pudieran ser dispersión), con los 3 valores restantes se calcula el valor promedio, que se considerará como dato Fuerza en ese punto de muestreo. Se ha establecido un contador de los datos adquiridos, que se envía a la PC como consecutivo de los puntos correspondientes a los desplazamientos de 0.1 mm y, asociado a este, se envía el dato de la fuerza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha implementado la interfaz requerida para el acoplamiento del Dinamómetro Alwetron con una PC, a través del puerto USB. Esto permitirá sustituir la PC con *Windows 98*, que se utiliza actualmente, por una moderna con *Windows 10* que, de ser necesario, pueda sustituirse por cualquier otra y disponer además de todas las ventajas que incorporan los sistemas modernos

Se elaboró el programa para el Arduino, que permite adquirir los datos de la fuerza y procesarlos. Se ha logrado comunicar el Arduino con la PC, para mostrar en ella los datos del Alwetron. Queda en proceso la parte de la aplicación correspondiente a la programación en la PC, que posibilita las ventanas de la interfaz con el usuario; para permitirle a este seleccionar las distintas opciones de trabajo, para visualizar los resultados en forma de gráficos y para su almacenamiento.

## CONCLUSIONES

1. Para la utilización de cualquier material es necesario conocer sus propiedades mecánicas y, por ello, el Dinamómetro Universal Alwetron juega un papel fundamental en los trabajos de investigación del ICIDCA.
2. Con la desaparición del puerto paralelo en las PC más modernas, se perdió la posibilidad de sustituir la computadora acoplada al Alwetron y esta solución constituye la vía para poder acoplarlo a las nuevas computadoras y garantizar así la continuidad de su uso.

3. La posibilidad de utilizar el Alwetron con las computadoras modernas permite disponer de las nuevas ventajas para el manejo de la información y poner esta máquina de ensayos mecánicos al nivel de las que se ofertan en el mercado internacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mesa, G.; Lorenzo, M. El puerto paralelo puede ser útil aún. GIGA (La Habana), número 3: p 6-8, 2012.
2. Lorenzo, M.; Mesa, G.; Gómez, A. Aplicación con LabVIEW para máquinas de ensayos mecánicos. GIGA (La Habana), número 1: p 21-25, 2014.
3. [https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa\\_de\\_materiales](https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_de_materiales) Tecnología de materiales. Wikipedia, mayo 2023.
4. [http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-iii/Tema-7-Ensayos\\_mecanicos.pdf](http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-iii/Tema-7-Ensayos_mecanicos.pdf)
5. Mesa, G.; Gómez, A.; Lorenzo, M. Proyecto para recuperación de máquina de ensayos mecánicos. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar (La Habana), Vol. 52, número 3, 2018.
6. Toshiba. C<sup>2</sup>MOS Integrated Circuits Technical Data. (Japón) primera edición, 1981.
7. ECA Electronic. TTL Integrated Circuits Technical Data. (Alemania), 1989.
8. Banzi, Massimo. Getting Starter with Arduino. Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc., 2009. Pgs. 12-49.
9. Herrador, Rafael Enríquez. Guía de Usuario de Arduino. (Córdoba) pgs. 8-15, 2009.
10. Mesa, G; Michelena, G; Borkosky, D. Medidor de amoniaco para uso en el sector agropecuario. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar (La Habana), Vol. 55, número 2, 2021.
11. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
12. <https://www.mcielectronics.cl/shop/product/arduino-uno-r3-arduino-10230>