

LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL Y LA SIMULACIÓN COMPLEMENTARIA EN APOYO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN LOS LABORATORIOS DOCENTES DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA HABANA.

González-Carmenate, I, (iglez@fisica.uh.cu); Peláiz-Barranco Aime, (pelaiz@fisica.uh.cu); Santana-Gil, Ariel, (adavid@fisica.uh.cu); Pentón-Madrugal, Arbelio; (arbelio@fisica.uh.cu); Calderón-Piñar, Francisco, (calderon@fisica.uh.cu).

*Facultad de Física-Instituto de Materiales y Reactivos, Universidad de La Habana.
San Lázaro y L, Vedado. La Habana 10400, cuba.*

RESUMEN

La aplicación de las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC) a la enseñanza de las ciencias y en particular a la enseñanza de la Física se ha hecho ya prácticamente imprescindible. Todas las facetas de estas tecnologías en las que se ha trabajado por los diferentes grupos y profesores son en la práctica, posibles de aplicar en beneficio de la formación de estudiantes que tienen a la Física en su plan de estudios. Pero la aplicación de las TIC tiene especial interés en los laboratorios docentes de Física, donde además de usar las simulaciones y animaciones para mejorar la comprensión de leyes y fenómenos físicos, de facilitar la comunicación entre los profesores y los estudiantes, de mejorar la divulgación de materiales docentes y de facilitar el cálculo y trazado de gráficas y la toma automatizada de mediciones, etc, se puede ampliar su utilización en dos aspectos: la simulación complementaria y la instrumentación virtual.

Con la simulación complementaria se realiza parte de la práctica virtualmente a modo de complemento cuando no es factible realizar toda la experimentación en el laboratorio, de manera que se haga más completo el estudio de la tarea planteada; la instrumentación virtual hace uso de las TIC para simular equipos de medición.

El presente trabajo trata sobre el proyecto de introducción de las TIC haciendo uso de la [simulación complementaria](#) en el laboratorio de Física III y de la [instrumentación virtual](#) en el laboratorio de Ciencias de Materiales de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana. En los dos casos con las computadoras y sus posibilidades se refuerza el equipamiento disponible o se puede disponer de nuevos equipos de medición.

INTRODUCCIÓN

Los medios de enseñanza, diseñados adecuadamente, sostienen e impulsan el sistema de conocimientos y habilidades que se quieren desarrollar en los estudiantes. Se trata de contribuir a garantizar la amplitud y solidez de las capas básicas del conocimiento y la capacidad adquirida para adentrarse con éxito en las diferentes áreas específicas, más especializadas del conocimiento, puesto que éstas son las que se mantendrán sin cambios prácticamente, mientras que los conocimientos especializados requieren de cambios y actualizaciones constantemente. Considerando la efectividad del proceso docente-educativo, dado por el grado de aprovechamiento de los estudiantes en todas las actividades planificadas, tiene gran importancia la utilización de diferentes medios como soportes incuestionables de las actividades en el aula y el laboratorio.

En la formación universitaria dentro de cualquier perfil no basta con aprender conocimientos sino que resulta imprescindible aprender el proceso de obtención de nuevos conocimientos. En la obtención de este resultado juega un papel fundamental la práctica de la investigación científica. En el caso de la enseñanza de la Física y la Ciencia e Ingeniería de Materiales (CIM) se requiere formar en los estudiantes todo un sistema de habilidades y métodos experimentales que le permitan enfrentar cualquier investigación con posibilidades reales de creatividad y desenvolvimiento ante la ejecución de nuevas tareas.

En la enseñanza de la Física y la CIM, el método de investigación científica aparece por sí mismo en el desarrollo de la disciplina. Esta debe estar estructurada sobre la base de una más rápida y eficiente manera de adquirir experiencia, no importa frente a que problema se enfrente. Puesto que en la práctica empírica se aprenden a realizar las observaciones y ensayos que conducen a errores o a verdades, la introducción de prácticas de laboratorio, al nivel de la investigación científica, es de importancia extraordinaria en esta disciplina. Se trata pues de contribuir a formar profesionales capaces de enfrentar los retos cada vez más fuertes de las condiciones del mundo actual, para lo cual es imprescindible la

incorporación de las técnicas más actuales en el desarrollo del proceso, donde la informática con sus posibilidades resulta un elemento esencial como medio de enseñanza de avanzada.

Este trabajo potenciará el número de mediciones que el estudiante puede realizar pues éstas son ejecutadas automáticamente, así también los cálculos de magnitudes y parámetros que ofrecerán una mayor cantidad de información y por tanto la posibilidad de profundizar en el estudio y en la comprensión de los fenómenos físicos. El resultado final, no cabe duda, tendrá que reflejar una mayor calidad del proceso de enseñanza. La estética como parte de la formación educativa estará presente en la limpieza y belleza de los equipos que, al resultar automatizados o instrumentados por la computadora en sus partes fundamentales, conllevan a una elevación del potencial creativo de los estudiantes, calzando además su interés y motivación para un aprendizaje consciente. Con la renovación de esta práctica:

- Se elevará el nivel de la enseñanza al incorporar la computación como medio de enseñanza de avanzada en la automatización e instrumentación virtual de experimentos.

- Se ampliarán las posibilidades de estudio de los materiales, ya que la data que se obtiene experimentalmente es utilizada automáticamente, en un tiempo mínimo, en el cálculo de diferentes parámetros que los caracterizan permitiendo de esta manera incluir estos cálculos, que involucran expresiones más complejas, en las prácticas docentes.

- Se mejorará la calidad y eficiencia en el proceso de medición. Se logrará la modernización y actualización del uso de técnicas de avanzada en el proceso docente-educativo, lo que influirá directamente en la calidad de los egresados. El desarrollo de habilidades cognitivas y prácticas contribuyen a la formación del sistema de experiencias de la actividad creadora del estudiante, ocupando las prácticas de laboratorio de Física un lugar importante dentro de esta disciplina. La realización del experimento en el laboratorio de Física permite la adquisición de habilidades en el uso de los equipos y la correspondiente toma de mediciones; pero no siempre se dispone de un equipamiento con el que se puedan hacer estudios o mediciones en un amplio espectro, de tal manera que una buena variante podría ser realizar mediciones complementarias usando la simulación del experimento. Hay argumentos razonables que avalan el uso de la simulación como son: eliminar efectos secundarios indeseables por locales o condiciones inapropiadas (rozamientos, calentamientos, iluminación, etc.) que con frecuencia interfieren en el desarrollo de las prácticas y resultan difíciles de controlar. Las simulaciones dan la posibilidad que permite este recurso para alterar parámetros y entornos experimentales sin las complicaciones que se derivan de la manipulación real. Se pueden diseñar materiales adaptados a las necesidades de los estudiantes. Se puede planificar el sistema de objetivos del aprendizaje independientemente de las condiciones reales de los laboratorios que de otra manera quedarían dependientes de éstos. Con estas y otras ideas como base y manteniendo al experimento real como la mejor y más completa forma de experimentar y por tanto de adquirir la mejor formación, planteamos la posibilidad de usar las simulaciones en los laboratorios docentes de Física como vía complementaria.

DESARROLLO

SIMULACION COMPLEMENTARIA EN LOS LABORATORIOS DOCENTES DE FISICA

Se presenta a continuación el diseño de tres prácticas del laboratorio de Física III utilizando la simulación como complemento del experimento.

1. Red de difracción

Estado actual:

Los objetivos de la práctica son:

- Estudiar del fenómeno de difracción y de los espectros de emisión de diferentes materiales
- Determinar las longitudes de ondas del espectro de emisión de una lámpara de mercurio.

Medios de los que se disponen:

Goniómetro – Espectrógrafo, lámpara de mercurio, red de difracción (25 000 líneas/pulgada), fuente de voltaje (12 V)

Objetivos que se persiguen en esta práctica dentro del proyecto:

El estudio y comprensión del fenómeno de la difracción por parte del estudiante en el laboratorio de Física III presenta regularmente varias dificultades. Por un lado es prácticamente imposible encontrar un compromiso con el defasaje que existe entre la conferencia y la sesión de laboratorio, lo que trae como resultado que muchas veces el estudiante se enfrente a la práctica sin suficientes conocimientos teóricos que le permita abordar y entender completamente el fenómeno que se estudia.

Por otro lado el tiempo del que se dispone para la realización de la práctica no es suficiente para presentar experimentalmente ejemplos más sencillos del fenómeno de la difracción, por ejemplo, difracción por una ranura, por una apertura circular, difracción por dos ranuras, que metodológicamente son una vía necesaria para la comprensión del fenómeno de la difracción, tal y como se presenta en el ciclo de conferencias.

La introducción de ordenadores en los puestos de trabajo permitirían superar las dificultades anteriormente planteadas. La simulación de ejemplos sencillos del fenómeno de la difracción facilitarían su estudio para casos más complejos, con lo cual estaríamos en condiciones de complementar el ejercicio docente que se desarrolla en la sesión de laboratorio.

Para el caso particular de una red de difracción se puede también simular en el ordenador la influencia de la variación de diferentes parámetros (números de ranuras, longitud de onda, etc.) sobre magnitudes como poder de resolución y dispersión.

Concepción de la práctica una vez ejecutado el proyecto.

- Breve introducción teórica del fenómeno de la difracción.
- Simulación del patrón de difracción por una ranura.
- Simulación de la influencia de la variación del ancho de la ranura sobre la forma del patrón.
- Simulación de la variación de la forma del patrón al cambiar la densidad óptica del medio
- Simulación del patrón usando luz monocromática y luz blanca.
- Simulación del patrón de difracción para el caso particular de una ranura circular.
- Simulación del patrón de difracción por dos ranuras. Experimento de Young.
- Simulación del patrón de difracción en dispositivos con ranuras múltiples. Red de difracción.
- Simulación de la variación del poder de resolución y dispersión de la red de difracción en función de varios parámetros.
- Obtención experimental del patrón de difracción del espectro de emisión de una lámpara de mercurio con una red de difracción.
- Determinación de los valores de longitudes de ondas de las líneas observadas experimentalmente.
- Determinación del poder de resolución y dispersión de la red empleada.
- Comparación experimental de la forma de diferentes patrones obtenidos con diferentes redes de difracción (diferente densidad de líneas).

2. Determinación de la constante de Planck

Estado actual:

El objetivo de esta práctica es la determinación de la constante de Planck y el valor del trabajo de extracción del material utilizado como ánodo.

Medios de los que se disponen: Celda fotoeléctrica, potenciómetro, lámpara de luz, fuente de voltaje (12 V), juego de filtros en el rango del espectro visible, osciloscopio

Objetivos que se persiguen en esta práctica dentro del proyecto:

La instrumentación virtual y la simulación complementaria dentro de esta práctica proporcionaría al estudiante una mejor comprensión del fenómeno físico sobre el cual se basa esta experiencia. El *efecto fotoeléctrico* forma parte de los tópicos que se imparten en la segunda parte del curso de Física III lo que eventualmente pudiera traer algunas dificultades al estudiante atendiendo a que muchos de ellos realizan esta práctica al inicio del curso.

A manera de introducción se usaría una simulación en el ordenador del fenómeno del *efecto fotoeléctrico*. Esto daría a los estudiantes una visión más moderna del experimento por las posibilidades de las computadoras en la automatización y los programas de ajuste de los datos experimentales.

El uso de un ordenador permitiría sustituir en el circuito las funciones del potenciómetro y del osciloscopio, quien controlaría la entrega de los valores variables de tensión inversa y registraría simultáneamente los valores correspondientes de corriente en el circuito, lográndose de esta manera la automatización del proceso de medición que hasta estos momentos se realiza manualmente.

Ajuste mediante programas como el Origin de los datos experimentales para lograr un mejor valor para la constante de Planck y el trabajo de extracción.

Visualización gráfica y simultánea de los resultados: tensión de corte & inverso de longitud de onda.

Visualización gráfica de las características volt-ampéricas del circuito simulando el empleo de diferentes materiales como ánodo.

Concepción de la práctica una vez ejecutado el proyecto.

- Breve introducción teórica sobre la base de la animación computarizada del *efecto fotoeléctrico*.
- Obtención y visualización de la gráfica: tensión de corte & inverso de longitud de onda.
- Determinación de la constante de Planck y del trabajo de extracción del material utilizado como ánodo a partir de la data experimental y utilizando el método de los mínimos cuadrados programado por el estudiante o versión disponible en el laboratorio en programas como el Origin.
- Obtención y visualización de las características volt-ampéricas del circuito a partir de la simulación de diferentes materiales usados como ánodo.

3. Determinación del coeficiente de absorción de diferentes sustancias

Estado actual:

El objetivo de esta práctica es la determinación del coeficiente de absorción de diferentes materiales a partir del estudio de la absorción de la radiación gamma por dichos materiales, así como la determinación de la densidad de un material desconocido.

Medios de los que se disponen: Fuente radioactiva (Co-60), detector Geiger-Müller, contador, cronómetro, láminas de diferentes materiales: Hierro, Plomo, Aluminio y Estaño.

Objetivos que se persiguen en esta práctica:

El estudio del proceso de absorción de la radiación por diferentes sustancias a partir de la determinación del coeficiente de absorción aplicando de la ley de Lambert - Beer es uno de los tópicos más importantes dentro del ciclo de prácticas de los estudiantes, debido a sus múltiples aplicaciones prácticas en las diferentes especialidades de la carrera de Biología.

El uso de ordenadores en esta práctica optimizaría el tiempo de medición, el cual es relativamente elevado y disminuiría el error en la determinación del número de conteos, el cual se realiza visualmente y con ayuda de un cronómetro. Para lograr este objetivo el contador se sustituye por tarjeta de adquisición de datos y con ayuda de un programa se podrían fijar los parámetros bajo los cuales se realizará la medición. Posteriormente se puede lograr la visualización gráfica de los resultados (conteos & espesor del material). Es posible la simulación de las curvas de números de conteos & espesor de otros tipos de materiales no disponibles en el laboratorio.

Con ayuda de la data experimental y simulada se puede obtener con mayor precisión el valor de la densidad de un material desconocido.

Concepción de la práctica una vez ejecutado el proyecto.

- Breve introducción teórica del fenómeno de absorción de la radiación por las sustancias.
- Introducir al ordenador los parámetros bajo los cuales se hará la medición (tiempo de medición o número de conteos, espesor del material, densidad del material y número de repeticiones de la medición).
- Visualización gráfica de la dependencia entre el número de conteos contra espesor del material utilizado.
- Determinación del coeficiente de absorción del material a partir de método programado por el estudiante o disponible en el laboratorio.
- Simulación de las curvas de número de conteos & espesor de materiales no disponibles en el laboratorio.
- Visualización de la gráfica: (coeficiente de absorción * densidad del material) & densidad del material a partir de la data experimental y simulada con el objetivo de determinar por extrapolación la densidad de un material desconocido.

INSTRUMENTACION VIRTUAL EN LOS LABORATORIOS DOCENTES DE FISICA

En los últimos años ha ganado importancia el desarrollo de la Ciencia de Materiales como una línea de trabajo multidisciplinaria, y dentro de ella, reciben mucha atención los sistemas ferroeléctricos por sus potencialidades prácticas. En la Licenciatura en Física de la Universidad de La Habana, se imparte la asignatura "Métodos Experimentales de la Física II" en el último año de estudios. Ella tiene como objetivos, la enseñanza de diversas técnicas de caracterización de materiales, dentro de la cual se desarrolla un bloque sobre la caracterización de cerámicas ferroeléctricas que consta de un grupo de conferencias y dos prácticas de laboratorio. Actualmente, con el objetivo de incrementar el nivel de enseñanza sobre estos materiales, se han propuesto dos nuevas prácticas dentro de la asignatura referida, una de las cuales ya está en ejecución. En este trabajo se presentan los análisis efectuados para la instrumentación virtual de los equipamientos de estas prácticas de laboratorio y los resultados preliminares obtenidos, con el objetivo de potenciar el nivel de la docencia y el rendimiento académico, a través de la computación como medio de enseñanza de avanzada con gran nivel de atracción y por otra parte, para sustituir los equipamientos menos modernos y que hoy en día constituyen un gasto monetario considerable. El trabajo está realizado a través del software LabVIEW, que permite sustituir los equipamientos por computadoras que virtualmente realizan sus funciones.

Este trabajo de simulación de equipos de medición mediante computadoras que realizan las funciones de éstos se denomina instrumentación virtual.

Este trabajo potenciaría el número de mediciones que el estudiante puede realizar pues éstas son ejecutadas automáticamente, así también los cálculos de magnitudes y parámetros que ofrecerían una mayor cantidad de información y por tanto la posibilidad de profundizar en el estudio y en la comprensión de los fenómenos físicos. El resultado final, no cabe duda, tendría que reflejar una mayor calidad del proceso de enseñanza. La estética como parte de la formación educativa estará presente en la limpieza y belleza de los equipos que, al resultar simulados en sus partes fundamentales, conllevan a una elevación del potencial creativo de los estudiantes, calzando además su interés y motivación para un aprendizaje consciente.

Se plantea la posibilidad de obtener el equipamiento necesario para la realización de las prácticas antes mencionadas con alto nivel tecnológico y con un mínimo nivel de gastos, así plantea también la posible

vía de solución para otros problemas afines y el mejoramiento de las condiciones de trabajo, con estética, calidad y eficiencia superiores. Se exponen además, los resultados preliminares obtenidos en el desarrollo de esta instrumentación virtual.

Las prácticas de laboratorio que abordaremos se imparten a estudiantes del 5to. Año de la Licenciatura en Física, los que ya poseen conocimientos de Electrónica, Computación y Física del Estado Sólido y técnicas de medición básicas.

Con la realización de estas prácticas se pretende que los alumnos sean capaces de:

- Caracterizar el material, aplicando las diferentes técnicas que normalmente se emplean en la investigación.
- Poder establecer la comparación de un material con otro y la explicación teórica de los resultados obtenidos.
- Realizar la interpretación de los resultados de las mediciones en cuanto a las diferentes características y propiedades que puedan presentar los materiales en estudio.
- Modificar las condiciones del experimento en relación con el estudio que se desea hacer.

Los montajes experimentales de estas prácticas son amplios y se presentan por bloques y siempre se basan en los conocimientos que sobre estas técnicas de medición ya tienen los estudiantes

Es importante destacar que los trabajos de laboratorio están diseñados acorde con el nivel que presenta el estudiante de manera que se logra una correcta articulación dentro del sistema.

A continuación se describe brevemente el montaje experimental empleado en las tres prácticas de laboratorio y los estudios que en ellas se abordan para la enseñanza de la ciencia de los materiales ferroeléctricos.

1.- Estudio de la Resonancia Electromecánica en Cerámicas Ferroeléctricas.

Los sistemas ferroeléctricos constituyen un subgrupo dentro de los materiales piezoeléctricos, que al ser sometidos a un proceso de polarización (reorientación de los dominios en la dirección más próxima al campo externo aplicado, permitida por la estructura del material) pueden evidenciar los efectos piezoeléctrico directo e inverso. El efecto piezoeléctrico inverso es el objetivo de estudio de esta práctica de laboratorio, dado por la observación del fenómeno de resonancia electromecánica al coincidir la frecuencia de los modos propios de oscilación del material con la frecuencia del campo alterno aplicado.

La piezoelectricidad está caracterizada por diversos parámetros asociados a uno y cada uno de los modos de oscilación.

Con el desarrollo de la práctica se persiguen los siguientes objetivos:

- Determinar las frecuencias de resonancia y antirresonancia para el modo radial.
- Determinar el coeficiente electromecánico radial (k_p) y de espesor y el coeficiente piezoeléctrico de deformación (d_{31}) en discos cerámicos cilíndricos.

Los coeficientes electromecánicos relacionan la energía mecánica generada por el material con la energía eléctrica entregada y d_{31} es la densidad de carga por unidad de esfuerzo tensorial en condiciones de cortocircuito, definida también como la deformación mecánica por unidad de campo aplicado en condiciones de ausencia de carga. Estos parámetros se calculan a partir de la determinación de las frecuencias de resonancia y antirresonancia; para el modo radial se trabaja con un programa sencillo elaborado en nuestro laboratorio, que involucra las ecuaciones exactas derivadas de la teoría piezoeléctrica que para la geometría cilíndrica (k_p) contiene las funciones de Bessel a través de la expresión 1, donde J_0 y J_1 son las funciones de Bessel de orden cero y orden uno, respectivamente; η es la solución de orden uno de la función de Bessel; σ^E es el coeficiente de Poisson; f_r y f_a son las frecuencias de resonancia y antiresonancia, respectivamente, y $\Delta f = f_a - f_r$.

$$\frac{k_p^2}{1 - k_p^2} = \frac{(1 - \sigma^E) J_1 \left[\eta_1 \left(1 + \frac{\Delta f}{f_r} \right) \right] - \eta_1 \left(1 + \frac{\Delta f}{f_r} \right) J_0 \left[\eta_1 \left(1 + \frac{\Delta f}{f_r} \right) \right]}{(1 + \sigma^E) J_1 \left[\eta_1 \left(1 + \frac{\Delta f}{f_r} \right) \right]} \quad (1)$$

Por su parte,

$$d_{31}^2 = k_{31}^2 \epsilon_{33}^T s_{11}^E \quad (2)$$

donde k_{31} es el coeficiente electromecánico transversal, calculado a través de los resultados de k_p (expresión 3), ϵ_{33}^T es la permitividad dieléctrica a temperatura ambiente, determinada a través de la capacidad del material considerando un capacitor plano-paralelo (sobre lo cual hablaremos en la siguiente práctica) y s_{11}^E es la complianza elástica del sistema, determinada por la expresión 4 (d y ρ son el diámetro de la muestra cilíndrica y su densidad, respectivamente).

$$k_{31}^2 = \frac{1 - \sigma^E}{2} k_p^2 \quad (3)$$

$$s_{11}^E = \frac{\eta^2}{d^2 \pi^2 f_r^2 \rho (1 - \sigma^2)} \quad (4)$$

El montaje experimental empleado se muestra en la figura 1, donde el generador establece la señal de alterna con que se excita la muestra, el osciloscopio permite observar la resonancia electromecánica y el frecuencímetro ofrece, con un error pequeño, las frecuencias de resonancia y antirresonancia. Por su parte, la caja de resistencias facilita la observación del fenómeno para las diferentes impedancias que presentan los materiales que se analizan.

Objetivos: Determinación de las frecuencias de resonancia y antirresonancia para el modo radial, así como los principales parámetros piezoeléctricos en discos cerámicos cilíndricos.

Montaje actual:

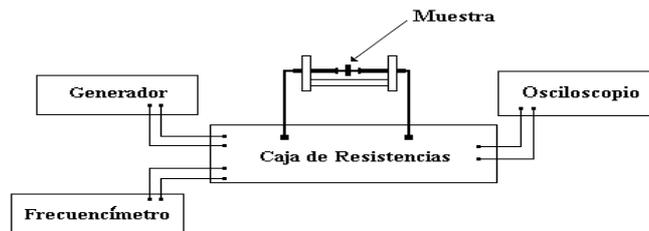
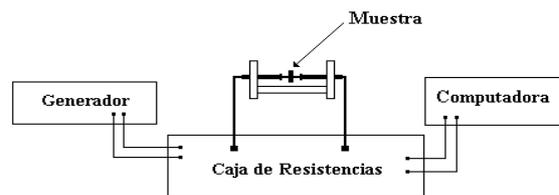


Figura 1.- Montaje experimental para el estudio de la resonancia electromecánica

Montaje previsto empleando la instrumentación virtual: se **sustituye** el osciloscopio y el frecuencímetro por la computadora con la tarjeta de adquisición de datos, y el generador es controlado por la computadora. De esta forma la medición se realiza de manera totalmente automatizada, obteniéndose la dependencia de la amplitud con la frecuencia, a partir de la cual se determinan las frecuencias de resonancia y antirresonancia para el modo radial, a partir de lo cual se determinan diversos parámetros piezoeléctricos.



2.- Análisis Termoeléctrico en Cerámicas Ferroeléctricas.

Los materiales ferroeléctricos están caracterizados por una dependencia de las propiedades dieléctricas (permitividad $-\epsilon-$ y pérdidas dieléctricas $-\tan\delta-$) con la temperatura (T), a una frecuencia fija, que reflejan un valor máximo de estos parámetros en la temperatura a partir de la cual el sistema pasa a un estado desordenado (paraeléctrico), desapareciendo la polarización espontánea característica de estos sistemas. Se trata de la transición ferroeléctrica-paraeléctrica, y la temperatura a la que ocurre esta transición es la conocida temperatura de Curie (T_c) y el análisis que permite evaluar esta fenomenología se denomina Análisis Termoeléctrico.

Con esta práctica se persiguen los siguientes objetivos:

- Determinar la temperatura de Curie (T_c).

- Medir la variación de la capacidad eléctrica (C) con la temperatura.
- Medir la variación de las pérdidas dieléctricas ($\tan\delta$) con la temperatura.
- Determinar la dependencia de la permitividad dieléctrica (ϵ) con la temperatura.

Mediante el análisis termoeléctrico pueden evaluarse los diferentes comportamientos que se presentan en las transiciones de fase y determinar la temperatura de transición del sistema en cuestión. Este estudio se realiza empleando el montaje circuital de la figura 2. El puente digital PM6303 RLC Philips brinda directamente los valores de $\tan\delta$ y capacidad (C), mediante la cual se calcula la permitividad dieléctrica considerando un capacitor plano paralelo, expresión 5, donde ϵ_0 , A y h son la permitividad dieléctrica en el vacío, el área de la muestra y su espesor, respectivamente.

$$\epsilon = \frac{C h}{\epsilon_0 A} \quad (5)$$

El multímetro digital Philips PM2525 ofrece los valores de temperatura en milivoltios, correspondientes al termopar de cromel-alumel utilizado.

Objetivos: Determinación de la temperatura de Curie (T_c), y evaluación de las pérdidas dieléctricas ($\tan\delta$) y la permitividad dieléctrica (ϵ) con la temperatura.

Montaje actual:

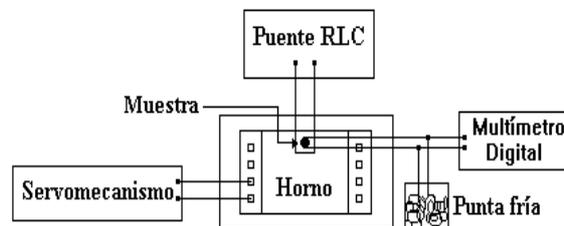
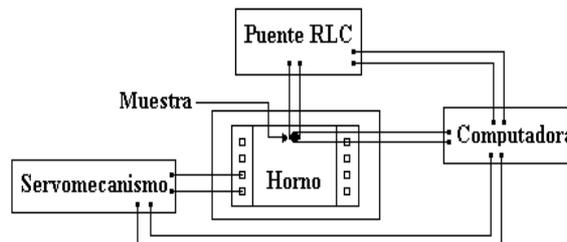


Figura 2.- Montaje experimental para el Análisis Dieléctrico

Montaje previsto empleando la instrumentación virtual: se sustituye el multímetro y la punta fría por la computadora con la tarjeta de adquisición de datos, y se controla el puente digital y el servomecanismo del horno, por la computadora. Se obtiene de manera totalmente automatizada la dependencia con la temperatura de la permitividad y las pérdidas dieléctricas.



3.- Estudio del Fenómeno Piroeléctrico en Cerámicas Ferroeléctricas.

En un material ferroeléctrico el grado de polarización es dependiente de la temperatura. Cuando la cerámica absorbe radiación, dicha energía es convertida en calor. La variación correspondiente de la temperatura produce un cambio en la magnitud de la polarización eléctrica del material, induciéndose una separación de las cargas y una diferencia de potencial en las caras de la cerámica. Este fenómeno se manifiesta con la aparición de una corriente eléctrica entre los electrodos del material y es conocido como piroelectricidad; los materiales que lo evidencian pueden ser utilizados en diversas ramas industriales como detectores piroeléctricos.

Con esta práctica se persiguen los siguientes objetivos:

- Determinar la temperatura de máximo valor de corriente.
- Medir la dependencia de la corriente piroeléctrica con la temperatura.
- Determinación de la dependencia de la polarización con la temperatura.
- Calcular el coeficiente piroeléctrico para diferentes temperaturas.
- Calcular las figuras de mérito.
- Evaluación del material como posible detector piroeléctrico.

Para el estudio del fenómeno piroeléctrico y la determinación de los diversos parámetros que lo caracterizan se utiliza el método estático, que consiste en la determinación de la corriente producida por la muestra sometida a un gradiente de temperatura en un horno. A partir de este análisis se obtiene la dependencia de la corriente piroeléctrica (i) con la temperatura (T), caracterizada por un incremento de ésta hasta un valor máximo y su posterior decrecimiento hasta la temperatura de transición (T_c), donde desaparece la polarización del material y por consiguiente debe anularse la corriente. De ella puede determinarse la polarización remanente (P_r) y el coeficiente piroeléctrico (p) para cada temperatura (T_o) (expresiones 6 y 7, donde A es el área de la muestra y dt/dT es el inverso de la velocidad de calentamiento del horno). A partir de estos resultados, y los análisis efectuados en las prácticas anteriores, pueden calcularse las figuras de mérito para detectores piroeléctricos y evaluarse las cerámicas estudiadas para posibles aplicaciones piroeléctricas en relación con los reportes de sistemas introducidos en la práctica.

$$P_r = \frac{1}{A} \frac{dt}{dT} \int_{T_o}^{T_c} i dT \quad (6)$$

$$p = \frac{dP}{dT} \quad (7)$$

El montaje experimental empleado en todos estos estudios estáticos se muestra en la figura 3, donde los multímetros utilizados permiten obtener la temperatura del termopar cromel-alumel empleado, en milivoltios, y la corriente eléctrica, respectivamente.

Objetivos: Análisis de la dependencia de la corriente piroeléctrica, la polarización y el coeficiente piroeléctrico con la temperatura. Cálculo las figuras de mérito y evaluación del material como posible detector piroeléctrico.

Montaje actual:

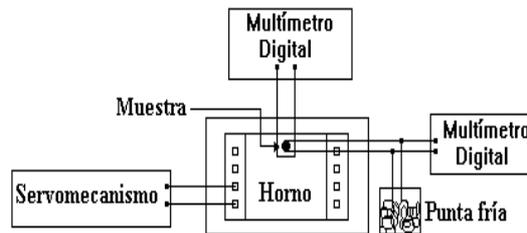
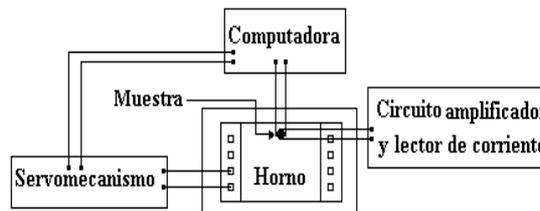


Figura 3.- Montaje experimental para el estudio del fenómeno piroeléctrico mediante el método estático.

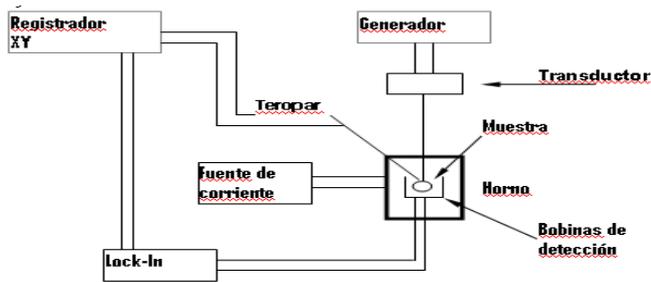
Montaje previsto empleando la instrumentación virtual: se sustituyen los multímetros digitales y la punta fría por la computadora con la tarjeta de adquisición de datos, y se controla el servomecanismo del horno mediante la computadora.



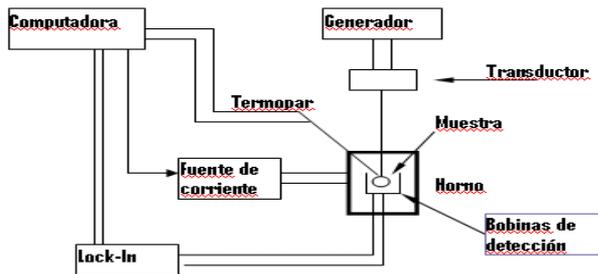
4.- Análisis termomagnético en materiales magnéticos.

Objetivos: Determinación de las fases magnéticas presentes y la temperatura de Curie (T_C) en materiales magnéticos.

Montaje actual:



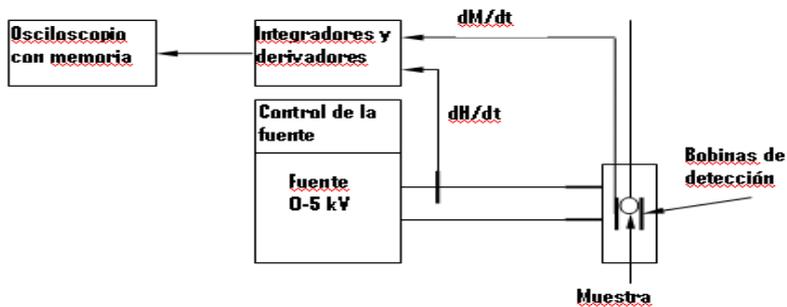
Montaje previsto empleando la instrumentación virtual: Se sustituye el registrador XY por la computadora con la tarjeta de adquisición de datos y además se controla la fuente de corriente que alimenta el horno por medio de la propia computadora. Se obtiene de forma automatizada la dependencia de la magnetización con la temperatura.



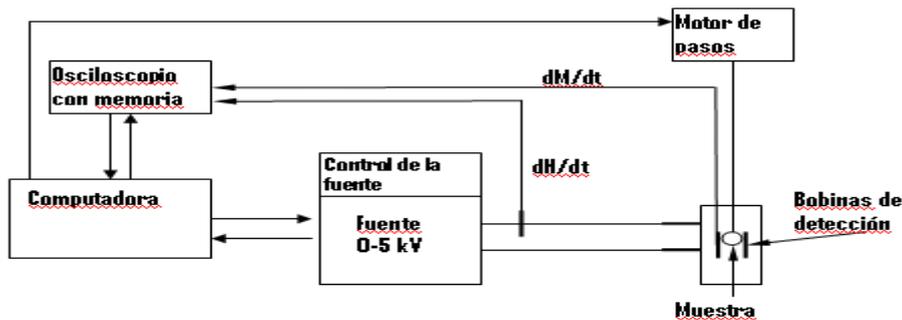
5.- Determinación del campo de anisotropía en materiales magnéticos mediante una instalación para la generación de altos campos magnéticos.

Objetivos: Determinación del campo de anisotropía de materiales magnéticos.

Montaje actual:



Montaje previsto empleando la instrumentación virtual: Por medio de la computadora se adquiere la señal almacenada en el osciloscopio, se integra y/o deriva numéricamente la señal, se controla la posición de la muestra (por medio de motores de pasos), el voltaje de carga y se da al orden de generación del campo magnético.



CONCLUSIONES

Con este trabajo se plantea obtener los siguientes beneficios:

- Elevar el nivel de la enseñanza de la Física al incorporar la computación como medio de enseñanza de avanzada.
- Ampliar las posibilidades de estudio de los materiales, ya que la data que se obtiene experimentalmente es utilizada automáticamente, en un tiempo mínimo, en el cálculo de diferentes parámetros que los caracterizan permitiendo de esta manera incluir estos cálculos, que involucran expresiones más complejas, en las prácticas docentes.
- Mejorar la calidad y eficiencia en el proceso de medición al automatizar el trabajo.
- La modernización y actualización del uso de técnicas de avanzada en el proceso docente-educativo, lo que influiría directamente en la calidad de los egresados.
- La posibilidad real de realizar estas prácticas dado que los equipos de medición que se necesitarían son muy costosos, al ser sustituidos por computadoras y tarjetas de adquisición de datos.
- Con el uso de la Red a nivel de Facultad y de la Intraned a nivel nacional se posibilita la generalización de los resultados al tener acceso al laboratorio todos los centros del país.

REFERENCIAS

1. A. Gras Martí (agm@ua.es, <http://www.ua.es/dfa/agm>)
Aplicación de herramientas del campus virtual en la enseñanza de la Física universitaria.
2. Acevedo, J. A. Vázquez, A. Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias. Monográfico de la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, volumen 2, número 3.
3. A. Gras Martí. TIC en la enseñanza de las Ciencias Experimentales <http://www.ua.es/dfa/agm>
4. H. Fuentes et al. Monografía. Didáctica del Proceso de Formación de Profesionales, sustentado en las TIC y su gestión académica. Centro de Estudios de la Educación Superior “Manuel F Gran” UO.
5. I. González et al.. Práctica de laboratorio para el estudio de la resonancia electromecánica incorporando la instrumentación virtual al sistema de enseñanza
TIECIM'02. Memorias. “II Concurso Iberoamericano de. Prácticas de Laboratorio sobre. Educación en Ciencia de Materiales” . (2do.premio)
www.uam.es/departamentos/ciencias/fisapli/tiecim02/Memorias-TIECIM02
6. I. González et al. Instrumentación Virtual y Simulación Complementaria de los Laboratorios Docentes de Física. Proyecto Ramal de Investigación del Ministerio de Educación Superior. Cuba. 2005. (Premio relevante)