

JORNADAS INTERDISCIPLINARIAS UNIVERSIDAD Y NIVEL POLIMODAL EL CASO DE UN AULA TALLER

Ema Aveleyra, Adrián Ferrini

Departamento de Física – Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires.

Paseo Colón 850, (1063), Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

eaveley@fi.uba.ar; aferrini@uolsinectis.com.ar

Palabras clave: transductor, simulador, interfaz, aula-taller, interdisciplinario.

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta de enseñanza que integra las nuevas tecnologías, con el uso de la computadora en las modalidades de adquisición de datos y simulación, a una práctica tradicional de laboratorio. Fue implementada en una experiencia educativa, durante unas jornadas de Música y Matemática para nivel polimodal, por docentes de Física de una Facultad de Ingeniería. Para la ocasión se diseñó y se construyó material didáctico, habitualmente utilizado en el laboratorio para la enseñanza de ondas mecánicas (cuerdas y tubos), incorporando el uso de programas adecuados para generar funciones y recuperar datos con la utilización de la placa de sonido de la PC. Se destaca la importancia del intercambio entre universidad y escuela media, la motivación y la participación de alumnos y docentes en un acercamiento a la ciencia y a la tecnología a través de la música.

MARCO TEÓRICO

La informática como recurso o soporte didáctico ofrece nuevos entornos de enseñanza-aprendizaje con diferentes modelos de interacción. La posible utilización áulica de la informática está condicionada, no tanto por el medio en sí y sus capacidades, sino por la concepción curricular que se tenga (Muraro, Pérez, 2001). El curriculum debe tener en cuenta las intenciones, los principios orientadores y también la práctica pedagógica (Coll, 2001).

Las aplicaciones de las diversas tecnologías se evalúan en relación a una postura epistemológica subyacente. Desde la perspectiva de la pedagogía de la problematización dicha evaluación es una indagación continua sobre la práctica entendida dentro de un contexto social. Desde el planeamiento estratégico-situacional permite diagnosticar situaciones y favorecer la toma de decisiones para introducir los cambios que se consideren necesarios. El proceso comunicacional sucede a partir del intercambio entre los participantes de la comunicación creando una red multidireccional. El alumno tiene un rol importante en el proceso de construcción del conocimiento como miembro activo en la comunicación establecida (ISIJM, 1997).

El soporte tecnológico de los materiales educativos no sólo aporta el sustrato físico, sino que otorga e impone un lenguaje de comunicación entre el emisor y el receptor. Las formas de almacenar y acceder a la información que contiene el emisor y las posibilidades de interacción del receptor con el emisor deben formar parte del diseño de la estrategia de enseñanza (Muraro, Pérez, 2001).

Con la utilización de la computadora en las modalidades de adquisición de datos y simulación, el software y el hardware integrados brindan la posibilidad de interacción multimedia, ofreciendo la ventaja de poder operar el equipo específico y hacer "corridas" reiteradas con facilidad. Además la motivación se ve realimentada por la consecución de resultados casi inmediatos y por la posibilidad de su análisis. Se puede modificar el comportamiento del experimento y de ese modo favorecer la creatividad. El tratamiento de datos se ve facilitado por la PC y queda a cargo del usuario la búsqueda de soluciones a problemas como parte de una estrategia general (Muraro, Pérez, 2001).

La asistencia del ordenador facilita la observación detenida, la aproximación al detalle, el descubrimiento de interrelaciones, la anticipación de posibilidades y el análisis de consecuencias (Cabero, 2000).

A continuación se brinda una tabla con la caracterización de los distintos tipos de tecnología y su aplicación en esta experiencia educativa (Gorondi, 2005).

TIPO DE TECNOLOGÍA	NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO	APLICACIÓN
HARDWARE	Estructura material del ordenador, interfaces, dispositivos utilizados en la captación de datos, material de laboratorio bajo estudio	PC, micrófono, amplificador, transductores de oscilaciones (parlantes, vibrador), tubo, cuerda, soportes, instrumentos musicales.
SOFTWARE	Formalismos, conocimiento en estado simbólico	Entorno Windows, drivers de placa de sonido, soft de libre adquisición por internet: Rhinoceros Polyphonic (generador de funciones) y Winscope 2.51 (osciloscopio).
MINDWARE (KNOW-HOW)	Conocimientos: información y tecnología (saber qué y saber cómo), habilidades (operar adecuadamente las tecnologías) y actitudes (trabajo en equipo, creatividad) Paradigmas know-how, I + D (investigación más desarrollo).	Superposición de ondas tubos y cuerdas. Tubo de Kundt Funcionamiento del osciloscopio: como analizador de espectro y como graficador de funciones en base tiempo. Desarrollo del material específico (tubo de Kundt y dispositivo de cuerdas para visualizar ondas estacionarias) e instalación.
ORGWARE (habilidades organizativas)	Relaciones de organización entre soft, hard y mindware	Trabajo en grupo docente y de alumnos (operador de PC, operador del dispositivo de ondas, etc). Disposición modular áulica atendiendo a diferentes actividades. Análisis previo y guía de ejecución de toma de datos. Análisis de posibles fuentes de error. Cálculos previos y decisiones sobre repetición de corridas y formulación de conclusiones. Puesta en común. Evaluación continua. Feed-back

La reunión de disciplinas o "Ciencia de la Música" permite proveer información sobre los procesos físicos de generación de tonos en instrumentos musicales, la propagación de ondas sonoras y los mecanismos de análisis e interpretación (Roederer, 1997).

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Los docentes coordinadores de las Jornadas se plantearon los siguientes objetivos:

- Integrar la física a la música, a través de una propuesta educativa, que permita a los alumnos comprender hechos físicos asociados a instrumentos musicales de cuerda y viento.
- Desarrollar y aplicar una estrategia didáctica integrando recursos informáticos a prácticas de laboratorio tradicionales.
- Promover un espacio de interacción entre alumnos y docentes de la escuela media y docentes universitarios.

❖ CONTEXTO DINÁMICO-GRUPAL

Las jornadas se llevaron a cabo durante tres días. Participaron 140 alumnos de nivel polimodal y 40 docentes. Se realizaron en diferentes salas acondicionadas para tal fin. Se disponía de PC, cañón, retroproyector, soft, materiales relativos a las experiencias de "tubo de Kundt" y "cuerda vibrante".

La modalidad de trabajo fue de aula-taller (ISIJM, 1997). Luego de una introducción teórica del tema ondas mecánicas, realizada por los docentes a cargo, los participantes (alumnos y docentes) observaron e interactuaron con diferentes recursos didácticos. Se llevaron a cabo experiencias en forma grupal, con dispositivos para generar ondas estacionarias: en un tubo de longitud variable, conocido como tubo de Kundt y en una cuerda soportada por un transductor de oscilaciones y un tensor variable (Gil, Rodríguez, 2001). Se trabajó también una guía de preguntas y problemas relacionados con sonidos, ondas en cuerdas e instrumentos musicales (ver "Actividades adicionales").

❖ MATERIAL UTILIZADO

A continuación se describe el material general utilizado:

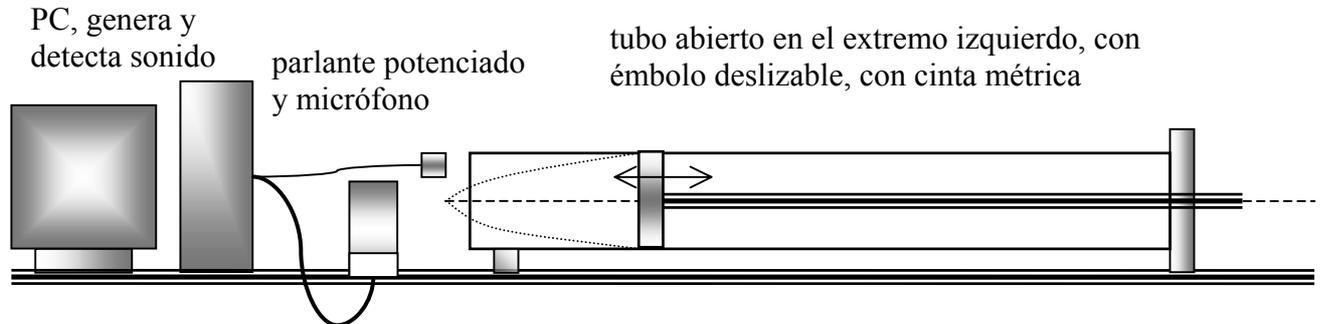
- Dos PC con software necesario. En la actualidad, cualquier PC que presente medianas prestaciones para la enseñanza escolar. Se usa la placa de sonido, mouse y teclado para configurar la experimentación.
- Específico para cada experiencia: A) tubo de Kundt, B) ondas en cuerdas.

A: Tubo de Kundt

- Parlantes potenciados. Micrófono para PC.
- Un tubo de acrílico de diámetro 4 cm y largo 1 m, con un émbolo que se puede deslizar mediante una varilla manualmente.
- Soportes para el tubo.
- Cinta métrica de 1 m adjunta al tubo de acrílico.
- El dispositivo se puede montar sobre una mesa horizontal de dimensiones mínimas 150 cm x 50 cm, con alimentación eléctrica CA 220 v.

Para la realización de esta experiencia son necesarios dos programas para PC, un generador de oscilaciones senoidales y un simulador de osciloscopio de libre adquisición en Internet.

Esquema del dispositivo



PC utilizada como osciloscopio ¹

Se utiliza para recolección de datos el soft Oscilloscope for Windows v. 2.51 disponible en www.mitedu.freemove.co.uk/Prac/winscope.htm, con la placa de sonido.

La fuente sonora senoidal (por simplicidad) se logra a través de los parlantes potenciados de una PC. En el caso de elegir otra forma de onda el tubo podría funcionar como “filtro pasa banda”. Se observan los refuerzos y atenuaciones mediante un micrófono conectado a la PC y el software correspondiente.

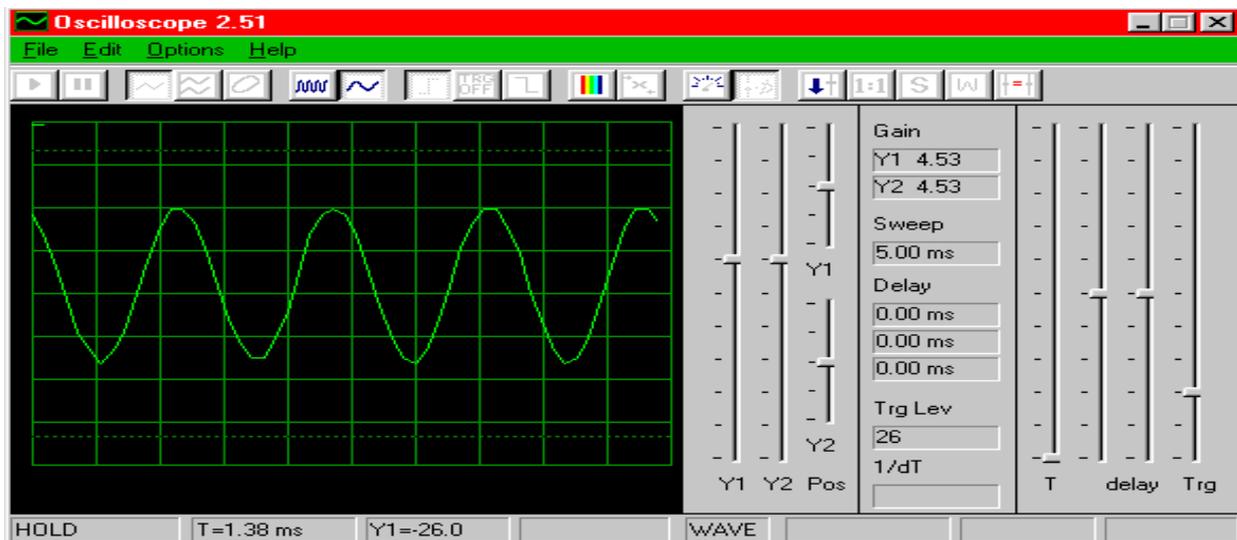


Foto1

En la figura se observa el modo “onda” de los datos ingresados. El botón en barras de colores (FFT) permite observar el analizador de espectro

La placa de sonido se utiliza como un convertidor analógico-digital, y, en el entorno Windows, se muestra un frente del osciloscopio con dos canales, que puede setearse para trabajarlo con base de tiempo.

¹ Osciloscopio de dos canales y analizador de espectro, Winscope 2.51 diseñado por Konstantin Zeldovich. Ancho de banda de 20 a 20000 Hz. Ancho de buffer 50 ms. Entorno Windows 95 o posterior; placa de sonido; 300 Kb instalación y 150 Kb operación.

Permite graficar oscilaciones y analizar el espectro sonoro mediante transformada rápida de Fourier *FFT* (Anexo). El espectro que corresponde a la señal senoidal de arriba se ve en la siguiente foto.

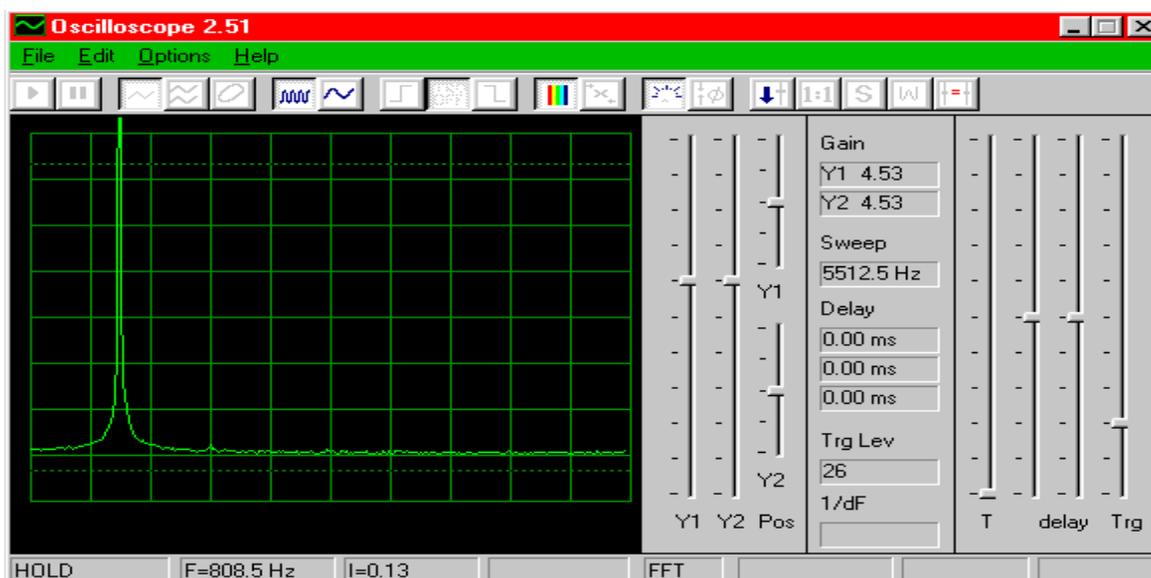


Foto2

Especificaciones del generador de sonido²

Osciladores: para onda senoidal, triangular, cuadrada y ruido blanco. Rango de frecuencias: cuatro octavas. Filtros: tipo pasa bajo y pasa alto 12/24 dB/octava, control de resonancia (este dispositivo puede afectar la medición por atenuación).

El soft simula un sintetizador analógico y se utiliza en el entorno Windows. Permite ejecutar varias notas simultáneamente, pero se ha privilegiado un tono puro senoidal. Este soft permite utilizar el teclado de la PC como teclado de piano. Se percibió el fenómeno de batido mediante la ejecución de dos notas adyacentes en el teclado del piano.

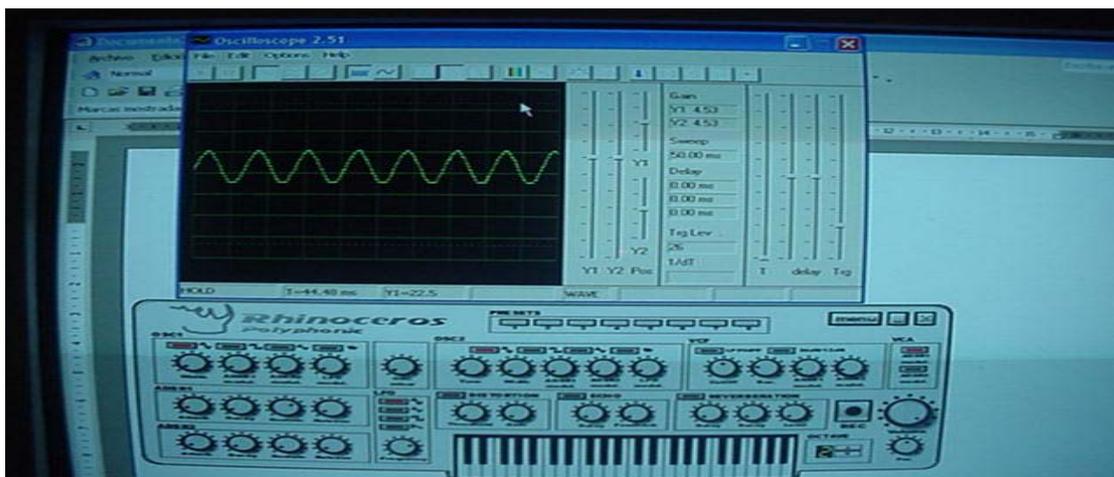


Foto 3

En la foto se muestra la pantalla del sintetizador y del osciloscopio tomando la oscilación en modo “onda”

² Requiere: procesador Pentium, 32 MB de memoria y espacio de disco 15 MB, placa de sonido. Entorno Windows 98, Internet explorer 5.0

Objetivos específicos para esta práctica

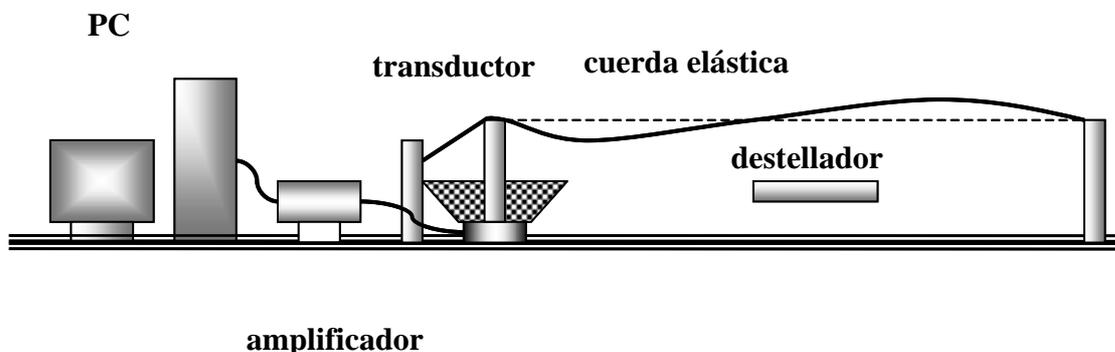
- Observar modos estacionarios de ondas en un tubo abierto en un extremo y cerrado en otro, variando la frecuencia y manteniendo la longitud del tubo constante.
- Observar modos estacionarios de ondas en un tubo abierto en un extremo y cerrado en otro, variando la longitud del tubo y manteniendo la frecuencia constante.
- Medir la velocidad del sonido en el aire y estimar cómo varía si se modifica la temperatura.
- Vincular lo observado en la experiencia del tubo de Kundt y los instrumentos de viento (órgano, flauta, clarinetes,...).
- Conocer el funcionamiento del equipo experimental y del soft indicado.

B: Onda estacionaria transversal en una cuerda

- PC. Se utiliza la salida de la placa de sonido.
- Generador de oscilaciones senoidales.
- Un amplificador mono con salida de audio 25/30 W
- Un transductor de oscilaciones eléctricas a mecánicas, montado sobre soporte de acrílico.
- Un tramo de 2 m de elástico forrado en hilo poliéster.
- Un soporte para tensar el extremo de la cuerda elástica.
- Una lámpara destelladora con control de intervalos.
- Cinta métrica de 2 m .
- Cables de conexionado de PC a amplificador (coaxial mono); y de amplificador a transductor (audio).
- El dispositivo se puede montar sobre una mesa horizontal de dimensiones mínimas 150 cm x 50 cm con alimentación eléctrica CA 220 v

Dispositivo para generar ondas estacionarias en una cuerda tensa a través de la placa de sonido de una PC, conectada a un amplificador y a un transductor electromecánico. Se observa a simple vista con iluminación normal y también con ayuda de iluminación destellante. Se puede variar la longitud de la cuerda, la tensión y la frecuencia de la oscilación.

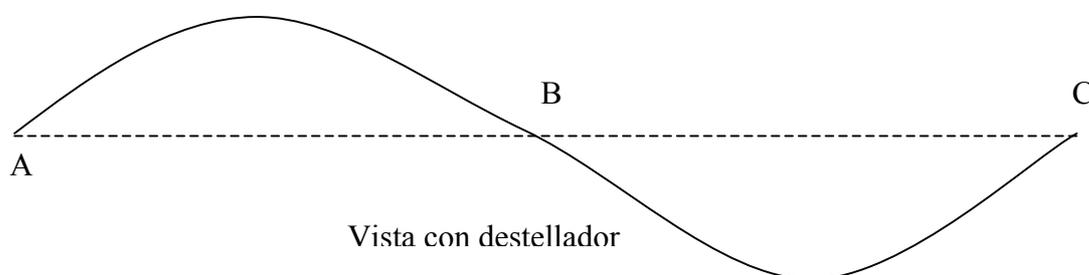
Esquema del dispositivo



Objetivos específicos para esta práctica

- Observar modos estacionarios de ondas en una cuerda fija en un extremo, variando la frecuencia, o la tensión, o la longitud de la cuerda.
- Observar modos estacionarios de ondas en una cuerda, mediante lámpara destelladora para conocer las diferentes posiciones intermedias que ocupan las partículas que forman la cuerda.
- Analizar cómo funciona una cuerda en un instrumento musical.
- Observar los “dibujos” del modo estacionario mediante el uso de lámpara destelladora y con iluminación normal.
- Conocer el funcionamiento del equipo experimental y del soft indicado.

El “dibujo” de un modo estacionario es similar al siguiente:



En los experimentos, no se ha cambiado la densidad lineal (masa por unidad de longitud) de la cuerda.

ACTIVIDADES ADICIONALES PROPUESTAS A LOS PARTICIPANTES CON RELACIÓN A LOS INSTRUMENTOS MUSICALES

- Una trompeta en Si bemol tiene tres llaves que el trompetista utiliza para variar la nota que ejecuta. Las llaves modifican la longitud del tubo de la trompeta mediante un cambio de recorrido por las curvas del mismo. ¿Cómo se relaciona esta acción con la frecuencia de la nota que se emite?
- ¿Cómo logra un flautista variar la nota que ejecuta?
- ¿Cuáles de los parámetros C (velocidad), λ (longitud de onda) y f (frecuencia) cambia al pulsar una llave u otra de un clarinete o un saxo?
- Con una clavija de la guitarra se logra variar la tensión en la cuerda sin cambiar la longitud que media entre los huesos de la caja de ella y el clavijero, ¿cómo se relaciona esta acción con la frecuencia a la que oscila la cuerda?
- ¿Las cuerdas de un piano son todas de la misma longitud?, ¿y las de la guitarra?. Explicar la influencia de la longitud y la masa de una cuerda en el sonido percibido.
- ¿Cuáles de las variables mencionadas cambia al pulsar una cuerda de guitarra en un determinado traste, C, λ, f ?

COMENTARIOS FINALES

La utilización de la tecnología integrada al trabajo experimental en el contexto de la música, cumplió diferentes funciones. Se han seleccionado las siguientes (Cabero, 2000):

- a) Motivadora: presentación del mensaje de forma que facilita el aprendizaje.
- a) Estructuradora de la realidad: favoreciendo la comprensión y la diversificación de puntos de vista sobre la misma.
- b) Formativa: apoyando la presentación de determinados contenidos y la organización didáctica.
- c) Evaluadora: rápido feedback a las respuestas y acciones de los alumnos.
- d) Investigadora: entorno favorable para la indagación y el control de variables.

Los alumnos participaron activamente tanto en el desarrollo experimental como en la resolución de problemas planteados. La actividad de los grupos fue evaluada mediante la realización de predicciones modificando diferentes parámetros, las que se contrastaron con "corridas" acordes a lo propuesto. Asimismo se presentaron a los docentes participantes otros diseños de prácticas de laboratorio y de trabajo por proyectos integrando varias disciplinas. Es deseable la continuidad de este tipo de intercambio y participación de la universidad con la escuela y sobretodo en el nivel polimodal.

Si el conocimiento tecnológico necesita de un enfoque sistémico e interdisciplinario para su comprensión (Grau, 1995), "los contenidos conceptuales deben, en lo posible, vincularse a aplicaciones prácticas o fenómenos conocidos, con el propósito de establecer nexos cognitivos y asignar significado psicológico al conocimiento" (Kofman, 2004, p.54).

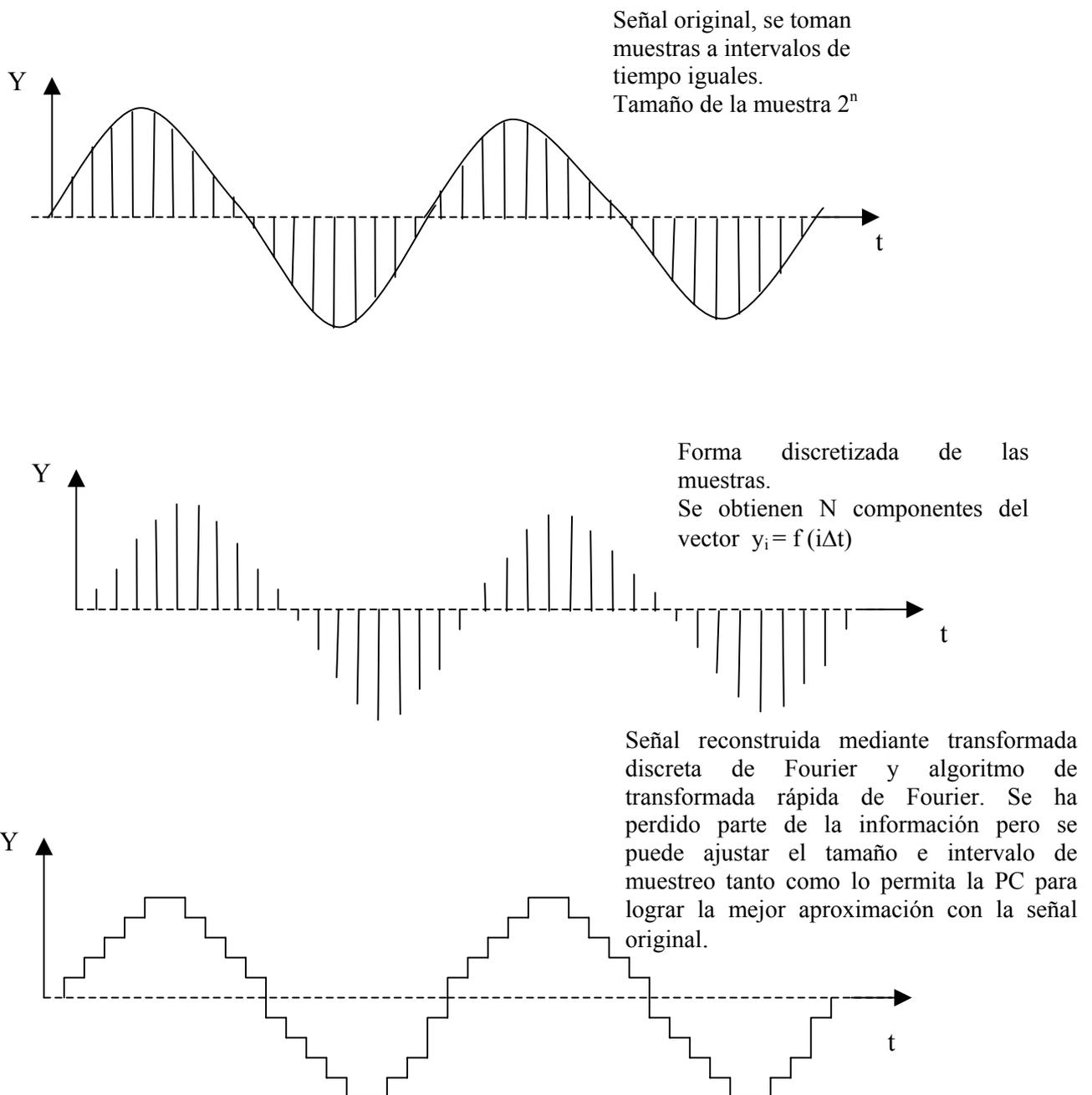
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabero, J., (editor), Salinas, J., Duarte, A. M., Domingo, J., 2000, Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación. Editorial Síntesis (Madrid).
- Coll, C. Psicología y currículum, 2001. Paidós (Bs. As.).
- Gil, S. Rodríguez, E., 2001. Física re-creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías. Pearson (Bs.As.)
- Gorondi P., 2005. *Taller de Técnicas de Gestión de Recursos Humanos*. Maestría en Gestión de Proyectos Educativos. Universidad CAECE. (Bs.As.).
- K-Informática Educativa, 1997, Estrategias de Intervención Pedagógica.
- K-Informática Educativa, 1997, Observación y práctica de la enseñanza con computadoras.
- Kofman, H, 2004. *Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la Física Universitaria y la capacitación docente*. Revista de Enseñanza de la Ciencia, vol. 17, N° 1, pp. 51-62.
- Muraro, S., Pérez, A., 2001, Aportes de las Tecnologías de la Información y la Comunicación a la Enseñanza Universitaria. Programa de Formación Docente Continua. Facultad de Ciencias Económicas. UBA.
- Roederer J., 1997. Acústica y Psicoacústica de la Música. Ricordi (Bs.As.)
- Zabalza, Miguel Angel, 2002. Competencias docentes del profesorado universitario. Narcea, S. A. De Ediciones, Madrid.

ANEXO³

TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER Y TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER (FFT)

El programa que utiliza la PC para mostrar el osciloscopio utiliza el algoritmo FFT para graficar el espectro de frecuencias de la señal. La idea es discretizar la señal y mediante una transformada discreta verificar qué frecuencias y con qué amplitudes recomponer la señal analizada. El proceso someramente se ilustra a continuación.



³ <http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/latransformadadiscrecionaldefourier>

De la señal analógica se hace una conversión analógico-digital durante un tiempo de recolección. La información se codifica en cifras de 12 o de 14 bits. La frecuencia más alta que se puede codificar depende del tiempo del intervalo de muestreo. La idea se basa en el supuesto, de que es posible ajustar la forma de la función analizada, discretizando:

$$y_k = \sum c_j w_N^{jk} \text{ donde } c_j \text{ son coeficientes de Fourier (discreto) y } w_N = e^{2\pi i/N}.$$

La PC calcula los coeficientes c_j a partir de los vectores de muestreo y luego mediante un proceso de antitransformación, considerando coeficientes de subíndice par y de subíndice impar, grafica el espectro. La frecuencia mayor del espectro que se logra graficar es la mitad de la frecuencia que se muestrea (criterio Nyquist).

El analizador por transformada rápida de Fourier (FFT) procesa lotes de muestreo, toma datos en un buffer, después procesa este lote con el algoritmo de transformada discreta y luego grafica el espectro resultante. Se pueden dar “fugas”, por ejemplo que una señal senoidal pura se vea en el espectro como un pico, con un pequeño ancho de banda en vez de mostrarse como una línea vertical de una única frecuencia. Por lo tanto el espectro es aproximado, aunque se pueda controlar el ajuste, para que los resultados sean aceptables en la práctica.