



Física
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

FI2003 - Métodos experimentales
Departamento de Física
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Guía de Laboratorio N°7 – Análisis de Fourier

Objetivos

- Estudiar las resonancias de oscilación de una barra metálica mediante la técnica de impulsión.
- Analizar el espectro de Fourier de una señal acústica.
- Utilizar un software de adquisición y tratamiento de datos *SignalExpress* para el análisis de Fourier.
- Usar el osciloscopio para el análisis de Fourier.
- Familiarizarse con el uso de un amplificador de audio y un micrófono para realizar medidas acústicas.

Materiales

- Tres barras de duraluminio de diferentes longitudes.
- Soportes universales, hilo y martillo.
- Micrófono de audio y amplificador.
- Tarjeta de adquisición NI-USB6008.
- Osciloscopio.
- Programa LabVIEW SignalExpress.

Montaje experimental

A continuación se explicará la técnica de impulsión. Se debe colgar la barra metálica con hilo a dos soportes universales (ver figura 7.1). La idea es que la barra quede lo más libre posible, como una campana, por lo tanto, preocúpese de que no esté en contacto con nada a su alrededor. La técnica de impulsión consiste golpear la barra con un martillo para excitar muchos modos de vibración, cada uno con una frecuencia particular. El sonido emitido por estas vibraciones es medido con un micrófono conectado a un amplificador de sonido, y este a su vez a una tarjeta de adquisición conectada al computador, lo que permite adquirir una señal de voltaje que varía en el

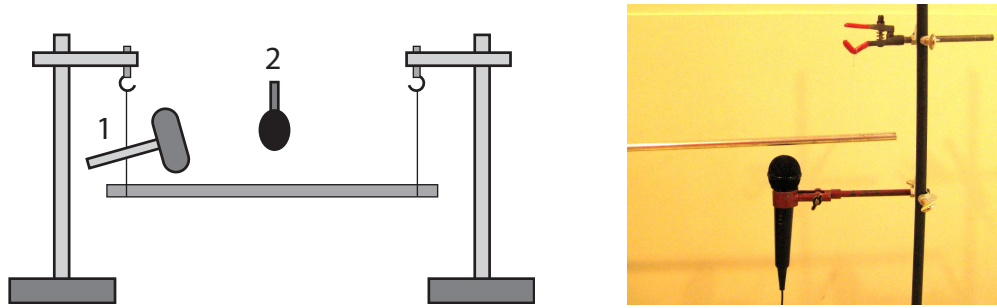


Figura 7.1: Izquierda: Esquema del montaje experimental para la técnica de impulsión. Una barra metálica se suspende con dos hilos a dos soportes universales. Se debe dar un golpe a la barra con el martillo (1) y medir el sonido emitido con un micrófono (2). Derecha: Posición del micrófono usando una de las pinzas sujetas a uno de los soportes universales. El hilo del cual cuelga la barra no se ve debido al fondo claro.

tiempo. Al hacer un análisis de Fourier de este voltaje, es posible observar muchos máximos en el espectro de frecuencia, los que están asociados a las diferentes frecuencias de los modos excitados.

Para escuchar el sonido emitido por la barra, coloque el micrófono a algunos milímetros de ella, mediante una pinza sujeta a uno de los soportes universales (ver figura 7.1). El micrófono debe estar conectado al amplificador de audio, con el volumen ajustado aproximadamente a un cuarto del máximo. A su vez, debe conectar la salida del amplificador (figura 7.2 izquierda) a la tarjeta de adquisición (figura 7.2 derecha), conectando uno de los cables de salida a un canal de entrada analógico (por ejemplo A10) y el otro a tierra (GND).

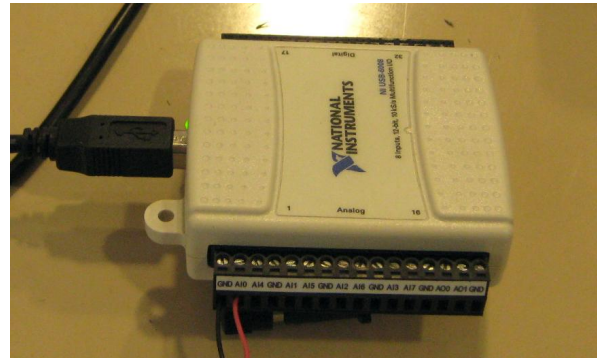


Figura 7.2: Izquierda: Conexión de salida del amplificador. Derecha: Conexión de cables con la tarjeta de adquisición.

Use el programa *SignalExpress* para medir algunos segundos de la señal acústica del micrófono, usando la máxima frecuencia de adquisición posible. El uso de *SignalExpress* para efectuar estas medidas se explica en el anexo.

No es necesario golpear la barra demasiado fuerte. De hecho, es recomendable golpear la barra con el mango de madera del martillo. Se recomienda además coordinar con sus vecinos más próximos la toma de medidas, de modo que no golpeen al mismo tiempo las barras.

Actividad práctica

Espectro de Fourier con la tarjeta de adquisición

- a) Use la barra de $L = 120$ cm. Realice algunas pruebas para determinar una configuración óptima de la posición del micrófono, el volumen del amplificador, la intensidad del golpe y el procedimiento de medida en general.
Anote en el informe la configuración final que usará para sus medidas. Esta configuración le servirá para las próximas sesiones de esta unidad.
- b) Con la misma barra realice una medida de la señal del micrófono usando la tarjeta de adquisición. Para ello comience a grabar con el programa *SignalExpress*, espere uno a dos segundos, y después golpee la barra con el martillo. Describa cualitativamente la forma de la señal acústica.
- c) A través de un análisis de modos de Fourier, determine el valor de las frecuencias de resonancia cuya frecuencia sea mayor a 1 kHz y menor a 5 kHz. Dependiendo del cuidado con el que se realizan las medidas y las observaciones, puede llegar a medir hasta 12 frecuencias de resonancia diferentes.
- d) Usando una balanza, una huincha y un pie de metro, mida la masa de la barra, su longitud y diámetro. Determine la densidad de la barra con su error absoluto. Realice una tabla con los valores medios y sus errores absolutos y adjúntela al informe.
- e) Usando la relación $f_n = \sqrt{E/\rho} (n/2L)$ para los modos de resonancia longitudinales, identifique cuáles de las frecuencias corresponden a los primeros dos modos de oscilación de este tipo ($n = 1$ y $n = 2$). Use como aproximación $E = 69$ GPa para el Módulo de Young E .
- f) Realice las mismas mediciones e identifique los dos primeros modos longitudinales de vibración en las barras de largo $L = 60$ cm y 150 cm. Use la misma densidad obtenida para la barra de 120 cm y la misma adivinanza para el módulo de Young que en la parte e).

Espectro de Fourier con el osciloscopio

- g) Conecte la salida del amplificador de audio al canal 1 del osciloscopio. Fije en el osciloscopio la escala de tiempo en 25 ms por división. Presione el botón rojo MATH para entrar en las funciones matemáticas del osciloscopio y escoja la función FFT¹ asociada al canal 1. Para tomar un espectro de frecuencia golpee la barra, después presione START y observe el espectro de frecuencias en la pantalla del osciloscopio. Presione STOP para congelar el espectro en pantalla. Usando los cursores podrá explorar el espectro medido.
- h) Usando el osciloscopio, mida el valor de la frecuencia del primer modo longitudinal para al menos dos de las barras utilizadas. ¿Cuáles son sus diferencias relativas a los valores determinados con las medidas hechas con la tarjeta de adquisición?

Al término del laboratorio debe dejar los equipos apagados y su puesto de trabajo ordenado y limpio.

¹FFT significa *fast Fourier transform*, transformada rápida de Fourier.

Anexo: SignalExpress paso a paso para la transformada de Fourier

Después de abrir el programa SignalExpress, debe indicar las mediciones que realizará usando la tarjeta de adquisición. Para ello, debe agregar paso por paso las diferentes etapas. Primero, debe indicar al programa que adquiera la señal de voltaje haciendo:

Add Step → Acquire Signals → DAQmx Acquire → Analog Input → Voltage.

En *Terminal Configuration* escoja el modo *RSE*. Después debe agregar otra etapa, escogiendo una transformada de Fourier, en realidad un espectro de frecuencia que muestra el cuadrado de cada amplitud de Fourier. Para ello siga los siguientes pasos (vea la figura 7.3):

Add Step → Analysis → Frequency-Domain Measurements → Power Spectrum.

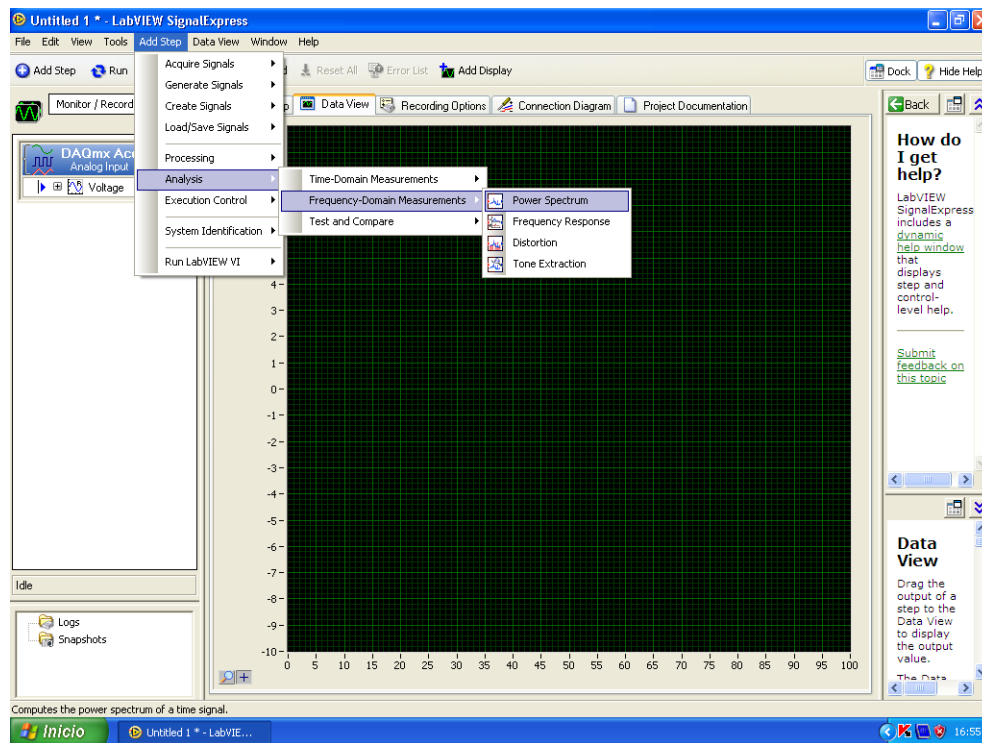


Figura 7.3: Primera etapa para agregar el espectro de potencia.

Con esta configuración, el programa efectuará los dos pasos en forma consecutiva: primero adquirirá los datos y luego realizará el análisis de Fourier a partir de los datos medidos. Para realizar la medición, presiones *Run Once* y golpee la barra con el martillo. Espere a que la tarjeta realice la adquisición de los datos y muestre la señal de voltaje en función del tiempo. Puede observar el espectro de frecuencia añadiéndolo en *Data View* como se muestra en la figura 7.4

El espectro de frecuencia será similar al mostrado en la figura 7.5.

Para determinar la posición de los máximos de frecuencia puede usar la función de cursores de SignalExpress. Para ello, haga click con el botón derecho en el espectro de frecuencia y siga los pasos

Visible Items → Cursors

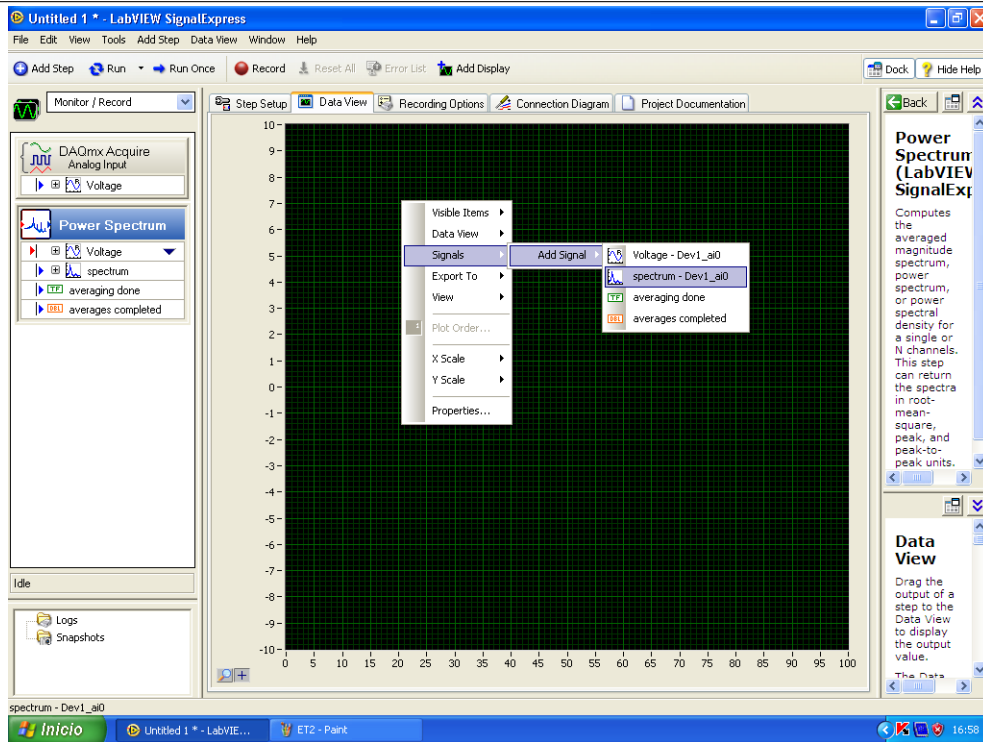


Figura 7.4: Se sugiere agregar en *Data View* el resultado del espectro de potencia.

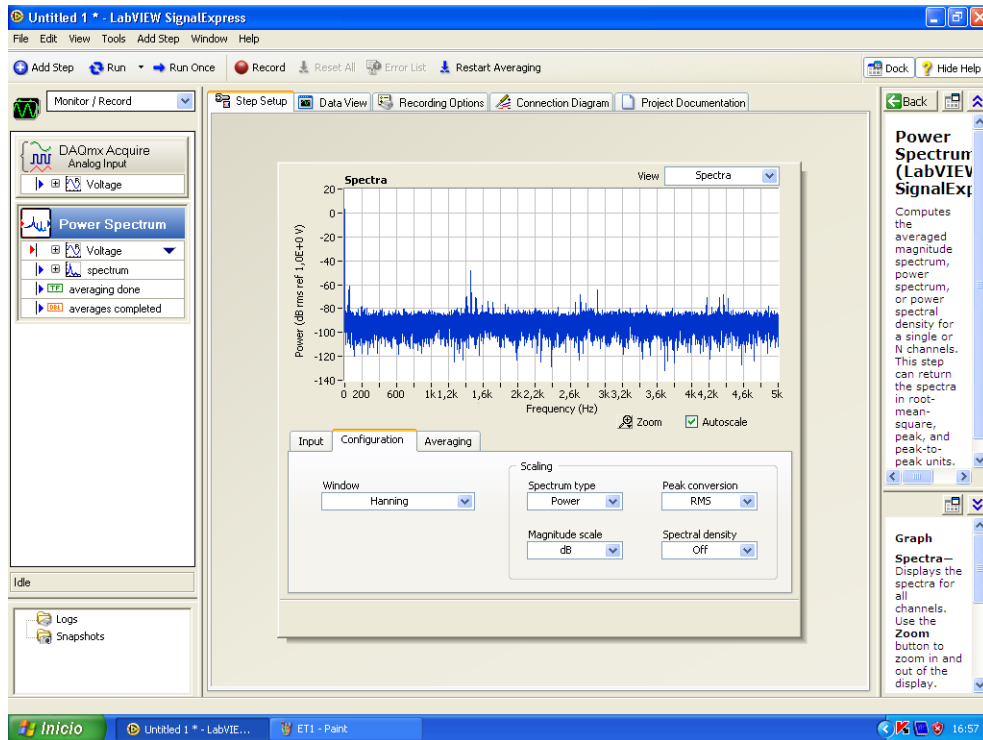


Figura 7.5: Espectro de frecuencias típico.