

# Guía 4: Instrumentación y procesamiento de datos

Laboratorio Física 1 para química  
Dept. Física, FCEyN, UBA.

## Introducción

En las guías anteriores hemos realizado distintos tipos de mediciones valiéndonos de instrumentos pasivos (regla) o de control manual no automatizables (cronómetro). Estos instrumentos tienen la ventaja de ser simples en su operación y caracterización. Pero, a la vez, nos obligan a incorporar dentro del intervalo *Error de interacción* el error que producimos como operadores (humanos) de ese instrumento.

Los avances tecnológicos en física (en general), electrónica e informática han permitido desarrollar instrumentos más sofisticados, automatizables y de operación programable. Estos permiten realizar múltiples mediciones en el tiempo, que se pueden adquirir y guardar en una computadora u otro dispositivo informático. La adquisición y análisis de datos provenientes de estos instrumentos requieren de nuevas herramientas para la caracterización y tratamiento de las incertezas en las mediciones y para su procesamiento en masa.

En la presente guía vamos a trabajar en la caracterización de un instrumento de medición para realizar luego la adquisición de una serie de datos en el tiempo y extraer de ella información relevante. Nuestro instrumento se basará en alguno/s de los sensores que tienen incorporados los “teléfonos inteligentes” (*smarphones*). Realizaremos las actividades en tres pasos:

1. **Caracterización del instrumento.** Realizaremos estimaciones de los parámetros más relevantes del instrumento: Tasa de muestreo, sensibilidad, resolución y exactitud. La resolución y/o la sensibilidad nos permiten estimar el error de apreciación del instrumento. Midiendo alguna magnitud estable (que no cambia en el tiempo) podemos estudiar de forma estadística el error de interacción. ¿Hay error de interacción? ¿Es mayor o menor que el de apreciación? En este caso, ¿que corresponde usar como error: la desviación estándar (SD) de la muestra o el error estándar (SE)?
2. **Medición de un fenómeno oscilatorio.** Realizaremos una (o varias) adquisiciones para medir cómo cambia una magnitud oscilante en el tiempo. Usaremos la información obtenida en el primer ítem para diseñar la adquisición y asignarle correctamente los errores a los datos adquiridos.
3. **Análisis mediante procesamiento de datos.** Procesaremos la señal adquirida para reportar el periodo de oscilación y la amplitud. ¿La amplitud es constante? ¿Y el periodo? ¿Como se asignan los intervalos de incerteza a las magnitudes obtenidas a partir de procesar estos datos?

## 1. Actividad 1A: Estudio de un péndulo mediante un acelerómetro

Utilizaremos la aplicación [phyphox](#) para acceder a los acelerómetros del celular. El sensor “Aceleración con g” está disponible en prácticamente todos los dispositivos. Presionando *Play* se inicia el registro de datos en 3 acelerómetros en simultáneo:  $x$ ,  $y$  y  $z$ . La opción *Exportar datos* permite enviar los datos adquiridos a otro dispositivo mediante mail, mensajería u otras opciones. La opción “Ejecución cronometrada” permite configurar una adquisición que empieza un tiempo después de presionar *Play* y que se detiene sola después de un tiempo programable.

### 1.1. Caracterización

El sensor se llama Aceleración **con g** debido a que no elimina la aceleración de la gravedad de los datos adquiridos. Haciendo uso de esta característica podemos medir la aceleración de la gravedad para uno o todos los ejes, simplemente dejando quieto el dispositivo en diferentes posiciones según el eje. Se lo puede apoyar en una mesa y sostenerlo con un segundo objeto para colocarlo en distintas posiciones. Adquiriendo series de datos para posiciones fijas, podemos analizar:

- **Tasa de adquisición** y resolución temporal. ¿Cuántos datos se pueden adquirir por segundo?. ¿Cual es el tiempo que transcurre entre un dato y el siguiente medido?. ¿Es siempre el mismo?. ¿Que *error* le asignaríamos a los valores de tiempo?. *Consejo*: calcular la resta entre tiempos de mediciones consecutivas y analizar con las herramientas aprendidas (media, SD, Histograma).
- **Rango**. No podemos obtener el rango total del instrumento, pero podemos hacer algunas pruebas para obtener cotas mínimas. ¿Como podemos estimar parte del rango de adquisición? ¿Se pueden medir valores negativos? Trate de someter el dispositivo a diversos valores de aceleración (Ej: sacudiéndolo rápido, pero con mucho cuidado) y reporte los valores más extremos que pudo adquirir.
- **Resolución y sensibilidad**. No podemos acceder a la resolución exacta del instrumento, pero podemos estudiar cual es el mínimo cambio que es capaz de medir (sensibilidad). Para ello debemos inspeccionar los valores consecutivos de aceleración que se pueden medir. *Consejo*: grafique un histograma con una cantidad de bins mayor a 1000 e inspecciones la distribución de columnas. Reporte la sensibilidad hallada. ¿Como asignaría el error de apreciación de la magnitud medida usando esta información?.
- **Error de interacción**. El error de interacción no proviene solamente de la operación del instrumento por un ser humano. La operación automatizada no puede evitar otros elementos de interacción, entre los que puede estar el ruido eléctrico del propio dispositivo. Para caracterizar el error de interacción mediremos una magnitud constante conocida y estudiaremos la distribución estadística para una muestra de más de 1000 puntos (¿cuanto tiempo debo medir para obtener una muestra de ese tamaño?). Con las herramientas que ya conocemos, caracterizaremos la dispersión estadística de la muestra. Reporte un histograma que muestre distribución estadística de la muestra y los los de *desviación estándar*, *valor medio* y *error estándar*. ¿Cómo asignaríamos el error de interacción?

- **Exactitud.** Dado que el valor medido en el ítem anterior es conocido, analizar la exactitud del instrumento.

## 1.2. Medición de un fenómeno oscilatorio

Teniendo en cuenta el análisis realizado en la caracterización, diseñe un experimento casero en el que se balancee el celular de forma pendular y adquiera los valores de aceleración de los ejes para varias oscilaciones. Trate que la oscilación se de sobre un plano (de forma que sólo se produzcan cambios en dos de los ejes medidos). Una opción puede ser colocar en dispositivo en una bolsa colgada de una barra horizontal y hacerlo pendular.

Grafique la curva adquirida para el eje principal de movimiento, asignando los intervalos de incerteza en el tiempo y en la aceleración según los resultados de la caracterización realizada.

## 1.3. Análisis del fenómeno

Para analizar el fenómeno buscaremos estudiar la amplitud de la oscilación registrada (de la oscilación de la aceleración! No de las coordenadas espaciales!) y el periodo en el eje principal de movimiento.

- **Amplitud.** Identifique los máximos y los mínimos de las oscilaciones. ¿Se mantienen constantes en el tiempo?. Reporte la Amplitud de la primera oscilación (la mitad de la diferencia entre el primer máximo y el primer mínimo). ¿Como le asignaría el error?. **Opcional:** Grafique los máximos y mínimos en función del tiempo (puede ser superpuesto sobre el gráfico anterior o en un nuevo gráfico).
- **Periodo.** Genere una nueva tira de datos restándole a cada punto el valor medio de la muestra total de datos de la oscilación, de forma que la nueva curva quede centrada en cero. Luego, filtre los puntos donde la curva cruza el cero en una dirección determinada. De la nueva serie de datos obtenida, analice las diferencias de tiempos entre los cruces. ¿Se mantiene constante?. Reporte el primer periodo medido con su error. **Opcional:** Grafique el periodo vs el número de oscilación (o vs el tiempo).

## 2. Actividad 1B: Estudio de la oscilación sonora de una frecuencia

Utilizaremos la aplicación [phyphox](#) para acceder al micrófono del celular. El sensor “Historial de frecuencia” está disponible en prácticamente todos los dispositivos. Presionando *Play* se inicia el registro de datos. La opción *Exportar datos* permite enviar los datos adquiridos a otro dispositivo mediante mail, mensajería u otras opciones. La opción “Ejecución cronometrada” permite configurar una adquisición que empieza un tiempo después de presionar *Play* y que se detiene sola después de un tiempo programable.

Vamos a estudiar la frecuencia sonora de una ambulancia mediante esta herramienta. Para esto, utilizaremos audios que fueron grabados previamente. Los reproduciremos con otro dispositivo (PC, notebook, otro celular) y los analizaremos con Phyphox.

**Para tener en cuenta:** El sonido es un fenómeno oscilatorio. Es un cambio de presión del aire en el tiempo. Cada sonido tiene una frecuencia fundamental, que es la cantidad de veces que oscila la presión en un segundo (si medimos la frecuencia en Hz).

## 2.1. Caracterización

Contamos con dos audios auxiliares para la caracterización:

- **Frecuencia fija de 440 Hz.** [[LINK](#) ]
- **Barrido de frecuencias desde 20 Hz hasta 20 kHz.** [[LINK](#) ]

Haciendo uso de estos recursos podemos caracterizar, de forma análoga a la actividad anterior, las prestaciones del instrumento de medición de frecuencia sonora:

- **Tasa de adquisición** y resolución temporal. ¿Cuántos datos se pueden adquirir por segundo?. ¿Cual es el tiempo que transcurre entre un dato y el siguiente medido?. ¿Es siempre el mismo?. ¿Que *error* le asignaríamos a los valores de tiempo?. En el caso particular del sonido estamos estudiando un fenómeno que en sí mismo no está definido para tiempos muy cortos. ¿Como asignaría el *error de definición* del objeto de estudio (frecuencia del sonido)?. *Consejo:* calcular la resta entre tiempos de mediciones consecutivas y analizar con las herramientas aprendidas (media, SD, Histograma).
- **Rango.** No podemos obtener el rango total del instrumento, pero podemos hacer algunas pruebas para obtener cotas mínimas. Utilizando el audio con barrido de frecuencia, mida y reporte el rango mínimo usando los valores más extremos que pudo adquirir. **Nota:** técnicamente, no estamos midiendo solamente el rango del instrumento de medición, debido a que no conocemos los límites en frecuencia del emisor del sonido (parlante) que pueden afectar a la caracterización. Asumiremos como despreciable ese efecto (pero no lo es!).
- **Resolución y sensibilidad.** No podemos acceder a la resolución exacta del instrumento, pero podemos estudiar cual es el mínimo cambio que es capaz de medir (sensibilidad). *Consejo:* grafique un histograma con una cantidad de bins mayor a 1000 e inspecciones la distribución de columnas. Reporte la sensibilidad hallada. ¿Como asignaría el error de apreciación de la magnitud medida usando esta información?.
- **Error de interacción.** El error de interacción no proviene solamente de la operación del instrumento por un ser humano. La operación automatizada no puede evitar otros elementos de interacción, entre los que puede estar el ruido eléctrico del propio dispositivo. Para caracterizar el error de interacción mediremos la frecuencia de 440 Hz (que asumiremos como confiable, aunque en realidad depende de la fidelidad del dispositivo de reproducción) y estudiaremos la distribución estadística para una muestra de más de 1000 puntos (¿cuanto tiempo debo medir para obtener una muestra de ese tamaño?). Con las herramientas que ya conocemos, caracterizaremos la dispersión estadística de la muestra. Reporte un histograma y los valores de *desviación estándar*, *valor medio* y *error estándar* de la muestra. ¿Cómo asignaríamos el error de interacción?
- **Exactitud.** Dado que el valor medido en el ítem anterior es conocido, analizar la exactitud del instrumento.

## 2.2. Medición de un fenómeno oscilatorio

El fenómeno oscilatorio a estudiar es el sonido de una sirena de ambulancia. Notar que no estamos analizando la intensidad del sonido (el volumen de audio) sino como cambia *el tono* de la sirena (si es más agudo o grave) en el tiempo.

- **Sonido de Ambulancia.** [[LINK](#) ]

Utilizando el instrumento, medir las variaciones de frecuencia sonora del audio de una sirena de ambulancia. Grafique la curva adquirida para el eje principal de movimiento, asignando los intervalos de incerteza en el tiempo y en la frecuencia sonora según los resultados de la caracterización realizada.

## 2.3. Análisis del fenómeno

Para analizar el fenómeno buscaremos estudiar la amplitud de la oscilación y su periodo.

- **Amplitud.** Identifique los máximos y los mínimos de las oscilaciones. ¿Se mantienen constantes en el tiempo?. Reporte la Amplitud de la primera oscilación (la mitad de la diferencia entre el primer máximo y el primer mínimo). ¿Como le asignaría el error?. **Opcional:** Grafique los máximos y mínimos en función del tiempo (puede ser superpuesto sobre el gráfico anterior o en un nuevo gráfico).
- **Periodo.** Genere una nueva tira de datos restándole a cada punto el valor medio de la muestra total de datos de la oscilación, de forma que la nueva curva quede centrada en cero. Luego, filtre los puntos donde la curva cruza el cero en una dirección determinada. De la nueva serie de datos obtenida, analice las diferencias de tiempos entre los cruces. ¿Se mantiene constante?. Reporte el primer periodo medido con su error. **Opcional:** Grafique el periodo vs el número de oscilación (o vs el tiempo).

## Trabajo a entregar por cada grupo:

Cada integrante del grupo deberá usar su dispositivo para caracterizar sus dos instrumentos. En un PDF se deberá reportar, para cada instrumento de cada alumno, la siguiente información:

1. Caracterización del instrumento de medición, reportando (con su error, según corresponda):
  - **Tasa de adquisición y tiempo característico** entre muestras
  - El intervalo más grande del **Rango** que pudo explorar
  - **Sensibilidad** del instrumento
  - **Error de interacción**. Incluir histograma realizado con más de 1000 muestras.
  - **¿Es exacto el instrumento?**. Justificar en una o dos oraciones.
2. Adquisición de fenómeno oscilatorio. Reporte un gráfico de la magnitud medida en función del tiempo, incluyendo las barras de error para cada eje.
3. Análisis del fenómeno.
  - Reporte la amplitud de la primera oscilación con su error. **Opcional:** Incluya un gráfico de los valores máximos y mínimos en función del tiempo. Puede estar superpuesto al gráfico del ítem anterior.
  - Reporte el periodo de la oscilación con su error. **Opcional:** Incluya un gráfico del periodo en función del tiempo o en función del número de oscilación (como prefieran).

Finalmente, una comparación de las prestaciones de cada dispositivo. Identificar cual es el más preciso, el más exacto, el de mayor rango, etc, según corresponda.