

LA VARIACIÓN EN LA DIFERENCIA POTENCIAL (VOLTAJE) GENERADA POR  
DIFERENTES FRECUENCIAS EMITIDAS POR UN DIAPASÓN DE FRECUENCIA  
FUNDAMENTAL DE 440 (HZ)

¿EN QUÉ MEDIDA VARÍA LA DIFERENCIA DE POTENCIAL PRODUCIDA POR  
LAS DIFERENTES FRECUENCIAS EMITIDAS POR UN DIAPASÓN DE  
FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE 440 (HZ)?

FÍSICA

NRO. DE PALABRAS: 4000

## Tabla de contenido

Introducción.....	3
Capítulo 1 / Marco teórico.....	5
1.1 La frecuencia.....	5
1.2 El Voltaje.....	6
1.3 Acústica y electrónica.....	6
1.4 El Diapasón.....	7
1.5 La Resonancia.....	7
1.6 Uso del Amplificador.....	8
Capítulo 2 / Diseño experimental.....	9
2.1 Plan y diseño.....	9
2.2 Procedimientos.....	9
2.3 Variables.....	11
2.4 Hipótesis.....	11
Capitulo 3 / Análisis de datos.....	12
Conclusiones.....	19
Referencias.....	21

## Introducción

En este trabajo, se investigará cómo las variaciones en la frecuencia de un diapasón afectan la diferencia potencial generada. El objetivo principal de realizar este experimento es profundizar en el entendimiento de cómo las propiedades acústicas pueden influir en las mediciones eléctricas, específicamente en el contexto de un diapasón, un instrumento clásico en estudios de física.

Históricamente, las propiedades acústicas y eléctricas se han estudiado de manera aislada. Sin embargo, con el avance de la ciencia y tecnología, se ha reconocido que estos dos campos están intrínsecamente conectados. Esta relación se exploró inicialmente en el invento de Alexander Graham Bell en 1876, el primer prototipo del teléfono, siendo uno de los primeros dispositivos que podían convertir la voz humana en señales eléctricas y viceversa, es decir transformar aquellas ondas sonoras en voltaje, para retransmitirlas y permitir la comunicación de voz a larga distancia (Gómez, 2009). Este descubrimiento abrió la puerta al estudio del sonido y la electricidad, dos rama de la física que se ha expandido considerablemente desde entonces.

La relevancia de este estudio se basa en el hecho de que los fenómenos eléctricos y acústicos están presentes en muchos aspectos de la vida cotidiana y en dispositivos tecnológicos. Uno de los dispositivos que podría ayudar a evidenciar la relación entre el sonido y la electricidad, es el diapasón, un ejemplo clásico de cómo las vibraciones mecánicas pueden ser analizadas en términos de sus efectos eléctricos. Este instrumento,

fundamental en la música y la acústica, puede también servir como un medio para explorar conceptos de frecuencias y como estas al variar afectan en la diferencia de potencial.

Mi interés en este tema proviene de una fascinación que siempre he tenido con la física y su capacidad para explicar fenómenos cotidianos, como lo es el sonido y la electricidad. En este caso en particular, yo sabía que por medio de las ondas sonoras se podía producir una energía eléctrica, pero específicamente, me intrigó cómo la variación en la frecuencia de esas ondas sonoras en un diapasón, un aspecto puramente acústico, podría influir en una medición eléctrica como la diferencia de potencial. Esto me llevo a la pregunta central de esta investigación: ¿En qué medida varía la diferencia de potencial producida por las diferentes frecuencias emitidas por un diapasón de frecuencia fundamental de 440 (Hz)?

Esta investigación será estructurará en tres capítulos principales. El primero abordará los aspectos teóricos, estableciendo los conceptos fundamentales de la acústica y la física eléctrica y cómo se interrelacionan. Este capítulo proporcionará una base sólida para entender la investigación más adelante y resolver la incógnita planteada. El segundo capítulo detallará el diseño experimental, incluyendo los materiales, el procedimiento, las variables y las hipótesis. En el tercer capítulo, se presentará el análisis de los datos recopilados, organizados en tablas y gráficas, y se buscará un modelo matemático que se ajuste a estos datos para responder a la pregunta de investigación propuesta. Por último, se concluirá con una reflexión sobre los hallazgos realizados, las limitaciones del estudio y posibles direcciones para futuras investigaciones en este campo.

## Capítulo 1 / Marco teórico

En esta sección se presentarán algunos conceptos sobre la física acústica y eléctrica, que se utilizarán en el desarrollo de esta investigación y que guiarán hacia la consecución del objetivo principal que es analizar, la diferencia de potencial producida por algunas frecuencias emitidas por un diapason al variar la longitud de las ramas debido al movimiento de un regulador.

### 1.1 La frecuencia

Antes de empezar a definir el concepto de frecuencia, si queremos conocer de donde proviene y como se utiliza, se debe comenzar por definir el concepto del sonido. En el estudio del sonido, se le conoce como ondas mecánicas longitudinales que se transportan a través del aire cuando una fuente de fluctuaciones crea presión. Dentro de esas ondas mecánicas existen propiedades como la frecuencia, el periodo y la amplitud (Garzón & Camacho, 2018). La frecuencia, uno de esos elementos, determina el tono de los sonidos, siendo el número de ciclos completos de una onda sonora que ocurren en un segundo. Se mide hertzios (Hz) y dependiendo del rango de frecuencia (baja, media, alta), el sonido tendrá diferentes tonos, los cuales pueden ir desde una frecuencia baja, lo que conocemos como sonidos “graves” o frecuencias altas que son las llamamos sonidos “agudos”. La frecuencia “ $f$ ” se puede expresar como el producto de la velocidad de propagación de la onda “ $v$ ” entre su inverso de longitud de onda “ $\lambda$ ”, es decir,  $f = \frac{v}{\lambda}$ , (Bermúdez, 2015). De esta forma si se tiene una frecuencia de 20 ciclos por segundo, se podría expresar como una frecuencia de 20 (Hz). De esta manera gracias a las vibraciones de los objetos, se crean las ondas sonoras, es decir, vibraciones que viajan por el aire hasta llegar a nuestros oídos.

## 1.2 El Voltaje

Otro aspecto importante a tener en cuenta en esta investigación es la diferencia de potencial o mejor conocido como voltaje, en honor a Alessandro Volta, el científico italiano que construyó la primera batería. La diferencia de potencial eléctrico, simbolizado como  $\Delta V$ , se define como el cambio de energía potencial de una carga “ $q$ ” desplazada entre dos puntos, de  $A$  hacia  $B$ , dividido entre la carga. Esta se describe con la formula  $V = W / Q$ , donde  $V$  es el voltaje,  $W$  es el trabajo realizado y  $Q$  es la carga (Wilson, Buffa & Lou, 2007). Un ejemplo cotidiano, que se observa comúnmente, es el voltaje que típicamente tiene la batería de un carro, que es de 12 voltios, siendo abreviado 12 V, es decir, que la diferencia de potencial entre los bornes de la batería es de 12 V también. Además, de este voltaje, existen otros, como en los aparatos electrónicos que usamos en nuestros hogares, donde generalmente sus voltajes se encuentran entre 110 V y 220 V.

## 1.3 Acústica y electrónica

Asimismo, al igual que los aparatos electrónicos pueden producir energía eléctrica a través de las ondas electromagnéticas; las ondas sonoras también pueden generar por medio de la voz, instrumentos musicales o cualquier objeto que vibre, energía mecánica que sale de las ondas sonoras y a su vez, son capaces de transformarse a energía eléctrica, produciendo así una diferencia de potencial. Sin embargo, para que esto suceda tiene que haber un transductor, que es un dispositivo que transforma el sonido en corriente eléctrica o viceversa (Dell, 2017). En este caso un micrófono piezoeléctrico es un excelente transductor de sonido, debido a que está compuesto por una bobina y un magneto, que gracias al diafragma que está pegado a la bobina, se amplifican las vibraciones generadas por el sonido, las cuales al

interactuar con la ley de Faraday, generan una señal eléctrica que posee exactamente la misma frecuencia que la vibración que la genera (Wilson, Buffa & Lou, 2007).

#### 1.4 El Diapasón

Para esta investigación el instrumento principal de trabajo fue el diapasón, el cual se utiliza principalmente como instrumento de medición, empleándose como referencia para la afinación de instrumentos musicales o creación de notas exactas. Este instrumento cuando se golpea, vibra, creando una onda sonora a una frecuencia específica y pura. Las vibraciones del diapasón pueden ser convertidas en energía eléctrica a través de un transductor, como se mencionó anteriormente. El micrófono es el objeto ideal para transformar la energía mecánica de las vibraciones a energía eléctrica, a medida que las frecuencias aumentan o disminuyen, la capacidad del material del transductor para responder de manera efectiva también experimenta cambios significativos.

#### 1.5 La Resonancia

Como una medida para entender mejor el experimento, se introduce el concepto de *resonancia*, el cual se basa en el aumento en amplitud cerca de la frecuencia natural, por lo tanto este fenómeno revela que ciertas frecuencias pueden maximizar la generación de energía eléctrica al optimizar la respuesta del material piezoeléctrico, aunque cabe resaltar que la resonancia no es uniforme en todas las frecuencias.

La fórmula general para la frecuencia de resonancia “ $f_0$ ” de un sistema se puede expresar como:  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$  (Serway & Jewett, 2008). Esto quiere decir que este comportamiento, añade complejidad a la relación entre las frecuencias del diapasón y la

energía eléctrica resultante, debido a que la frecuencia natural de un objeto también va a depender de su material y peso.

## **1.6 Uso del Amplificador**

Uno de los posibles problemas que podían surgir para la medición de la diferencia de potencial en este experimento era que al transformar las ondas sonoras en energía eléctrica su intensidad podría ser muy baja, por lo que para, mitigar esa problemática, se buscó utilizar un amplificador, el cual utilizando energía externa aumenta una señal eléctrica. En este caso lo que hace es convertir una señal eléctrica débil de entrada en una señal amplificada de mayor potencia. Estos dispositivos están compuestos por una variedad de componentes electrónicos, incluyendo resistencias, condensadores y autoinducciones, cuya función depende significativamente de la frecuencia de trabajo (Doménech et al, 2019). Esto es crucial en nuestro estudio, ya que la eficacia de la amplificación y la fidelidad de la señal pueden variar con las diferentes frecuencias sonoras emitidas por el diapasón.

Con base en la investigación, una posible aplicación importante es determinar cuál es la frecuencia adecuada que lograría emitir un diapasón para que permita producir diferencia de potencial y de esta forma poder utilizar esa corriente eléctrica en el uso cotidiano. Esta respuesta, una vez hallada, contribuirá a una mejor comprensión de la interacción entre las ondas sonoras y la generación de señales eléctricas en un contexto práctico y teórico.

## Capítulo 2 / Diseño experimental

### 2.1 Plan y diseño

#### 2.1.1 Materiales e instrumentos utilizados en el experimento

Para la realización del experimento fue necesario la utilización de los siguientes materiales:

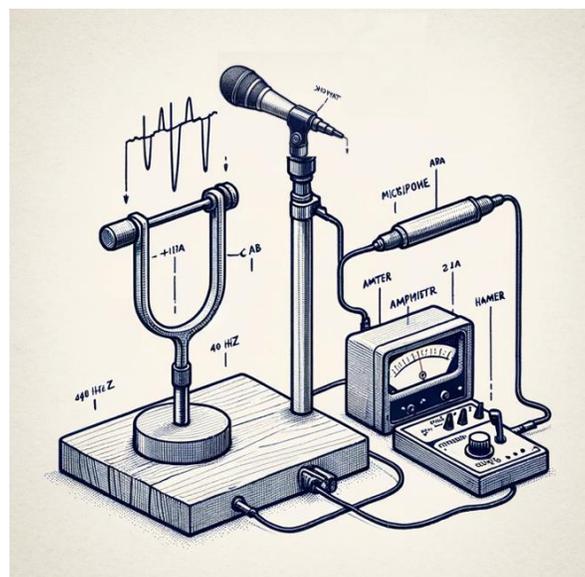
- Diapasón (440 Hz)
- Multímetro ( $\pm 0,1$  V)
- Micrófono
- Amplificador
- Martillo

### 2.2 Procedimientos

Como primer paso en la realización del experimento se prepararon los diferentes elementos que se emplearían. Para esta investigación se posiciono en una base estable, para garantizar la consistencia de la vibraciones , un diapasón con frecuencia fundamental de 440 Hz. Al frente del diapasón, se ubicó un micrófono piezoeléctrico, que a su vez estaba conectado a un amplificador, cuya señal amplificada se mediría con multímetro digital. Para la experimentación se seleccionaron 13 frecuencias aleatorias dentro del rango operativo en el que trabaja el diapasón. Como medida para generar la misma energía de impacto produciendo las frecuencias, se instaló un martillo con un mecanismo ajustable en altura en forma de péndulo, ubicado al lado opuesto del diapasón. Este martillo, al ser liberado desde una altura fija, golpeaba el diapasón, generando así la frecuencia deseada, siempre con la misma intensidad. Para cambiar la frecuencia que emitía el diapasón se varió la longitud de las ramas del diapasón, haciendo uso de un regulador, que se iba moviendo con cada frecuencia. Cada frecuencia generada por el diapasón era captada por el micrófono, cuya

señal se transmitía al amplificador y posteriormente al multímetro, cuya incertidumbre era de  $\pm 0,1$  V. Al encender el multímetro, se podía leer, en su pantalla el valor de la diferencia de potencial, generada por cada frecuencia, que luego se registraba cuidadosamente. Para la precisión de los resultados, cada medición se realizó 4 veces y luego se tomaron los promedios para obtener un valor representativo de cada frecuencia utilizada. La experimentación se llevó dentro de un entorno controlado, minimizando la interferencia de factores externos, como la temperatura y el ruido ambiental. Este control fue esencial para asegurar la validez de nuestros datos. Tras la recolección de los datos, se procedió a un análisis para examinar si existía una relación entre la frecuencia emitida por el diapasón y la diferencia de potencial producida. El enfoque consistió en evaluar las tendencias y los promedios observados durante las mediciones, analizando si tenían coherencia con la teoría en física acústica y eléctrica. Este análisis proporcionaría una mejor comprensión sobre las interacciones entre las señales eléctricas y el sonido.

**Ilustración 1: esquema del montaje realizado con AI (Chat-GPT, 2024)**



### **2.3 Variables**

Variable dependiente: Diferencia de potencial (mV)

Variable independiente: Frecuencia generada por las ramas de un diapasón (Hz)

Variables controladas: Se lanzo desde una altura fija el martillo para conseguir la misma intensidad en la frecuencia, las medidas fueron tomadas con el multímetro, la temperatura, el ruido ambiente.

### **2.4 Hipótesis**

En esta investigación, se busca comprobar que a medida que aumenta la frecuencia de las vibraciones emitidas por el diapason se disminuirá la diferencia de potencial finalmente producida y amplificada respectivamente. Con este propósito, se realizará un análisis de correlación para demostrar la relación entre las dos variables analizadas y, si ésta es fuerte, se optará por buscar el mejor modelo que se ajuste a los datos obtenidos. Por último, se realizará una prueba de hipótesis para demostrar la eficacia del modelo matemático obtenido.

### Capítulo 3 / Análisis de datos

En la tabla 1, se muestra los datos obtenidos en el experimento.

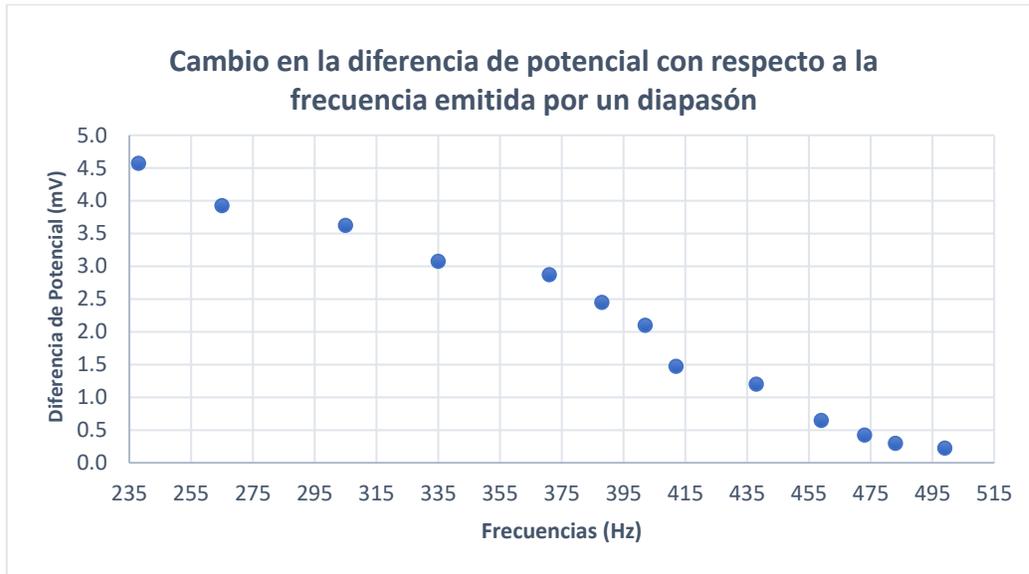
**Tabla 1. Datos recolectados durante el experimento.**

Frecuencias (Hz)	Diferencia de potencial en (mV)					Coeficiente de correlación
	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Intento 4	Promedio	
238	4,7	4,8	4,5	4,3	4,6	-0,986
265	3,9	3,8	4,1	3,9	3,9	
305	3,9	3,7	3,4	3,5	3,6	
335	3,2	3,0	3,2	2,9	3,1	
371	3,1	2,7	2,9	2,8	2,9	
388	2,2	2,5	2,7	2,4	2,5	
402	2,1	2,0	2,0	2,3	2,1	
412	1,5	1,3	1,5	1,6	1,5	
438	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	
459	0,6	0,4	0,7	0,9	0,7	
473	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	
483	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	
499	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	

En la tabla 1 se pueden observar los datos obtenidos experimentalmente con el multímetro, se puede ver que las mediciones se repitieron 4 veces por cada frecuencia para poder, así, calcular un promedio con un margen de error disminuido y tratar de obtener el valor más exacto posible. Además, se puede ver la frecuencia exacta a la que vibro el diapasón con la diferentes frecuencias con las que se trabajó. Analizando los promedios, a primera vista, parece haber una tendencia negativa entre las variables estudiadas, esto sumado a un coeficiente de correlación fuerte, entre la frecuencia del diapasón y la diferencia potencial producida. De esta manera se corrobora que existe una correlación inversamente proporcional, determinando de esta forma que existe una dependencia entre las dos variables del experimento.

A continuación, las medias de las frecuencias producidas por el diapason con su respectiva diferencia de potencial se representarán en un diagrama de dispersión donde se verá su comportamiento.

**Grafica 1. Diagrama de dispersión.**



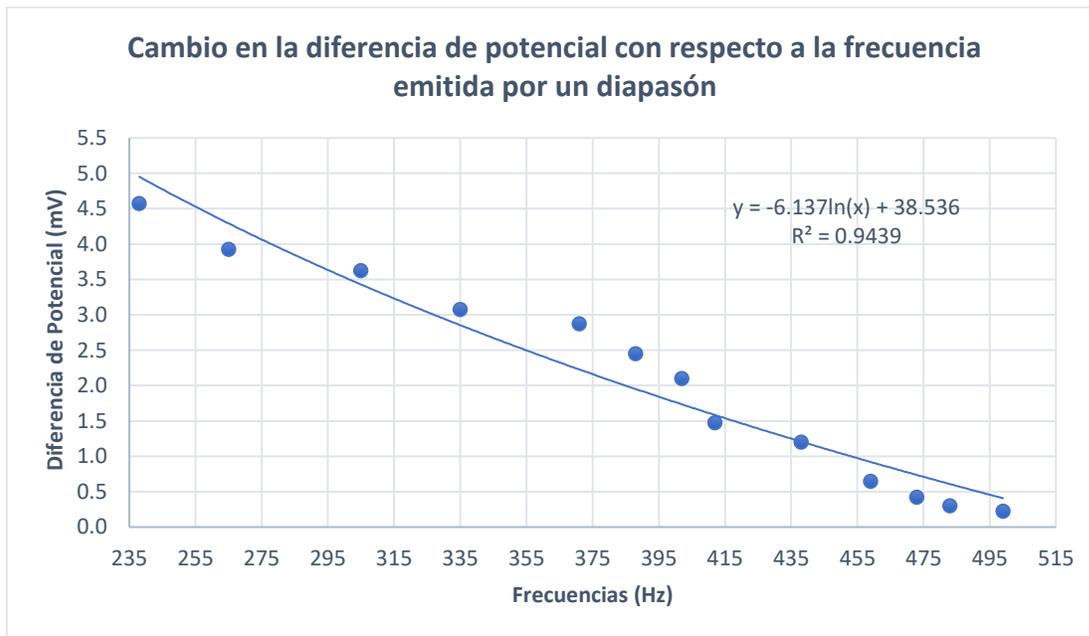
En la gráfica 1 se puede analizar como la diferencia de potencial va disminuyendo a medida que la frecuencia que emite el diapason va aumentando. Como se mencionó en el análisis de la tabla, se puede confirmar, como la gráfica tiene una tendencia negativa entre ambas variables. Asimismo, se aprecia, como al hacer una comparación entre la frecuencia inicial y la frecuencia final existe una diferencia clara entre ambas, exactamente de 4,4 mV.

Hasta este punto del análisis realizado, teniendo en cuenta los datos y su grafico de dispersión, se puede asegurar que existe una evidencia notoria de que, las diferentes frecuencias emitidas por el diapason afectan la diferencia de potencial generado. Pero se hace pertinente dar respuesta a la pregunta principalmente propuesta ¿En qué medida varia la diferencia de potencial producida por las diferentes frecuencias emitidas por un diapason de

frecuencia fundamental de 440 (Hz)? Para ello, hay que profundizar en la manera en que influyen las frecuencias para complementar este análisis. En este sentido, se usará el diagrama de dispersión y se encontrará un modelo matemático que modelice una línea de tendencia que se ajuste lo mejor posible a los datos, con el fin de interpretar la influencia de las frecuencias en la diferencia de potencial.

El siguiente gráfico, muestra un diagrama de dispersión que tiene una línea de tendencia, demostrando el modelo que mejor se ajuste a los datos presentados en el gráfico 1 sobre el cambio en la diferencia de potencial con respecto a la frecuencia.

**Grafica 2. Diagrama de dispersión con modelo matemático.**



La función que mejor modelizaba los datos, como indica el gráfico, era una función logarítmica. Para obtener esta conclusión fue necesario tener en cuenta diferentes aspectos. El primero era que la diferencia de potencial no podía disminuir indefinidamente, porque llegaría a un punto en el que una mayor frecuencia produciría una diferencia de potencial

mínima, y ésta se mantendría constante, comportándose así como una asíntota en el eje x. Por eso, a pesar de que la función lineal también modelizaba con bastante acierto los datos, fue rechazada porque en algún momento la diferencia de potencial alcanzaría un límite, y ese límite se tiene en cuenta en el crecimiento logarítmico. La ecuación logarítmica hallada para los datos fue la siguiente:

$$DV = -6,137 \ln(f) + 38,536, \quad DV \text{ en mV}$$

La función logarítmica también tiene, en este caso, un coeficiente de determinación de 0,9439, lo que la convierte en un modelo casi exacto.

A continuación se procederá a elaborar una tabla donde se incluirán los promedios de las frecuencias y las predicciones del modelo matemático encontrado para realizar un análisis estadístico y corroborar su precisión.

**Tabla 2. Tabla comparativa de los promedios de la diferencia de potencial y las predicciones del modelo.**

Promedio de la diferencia de Potencial (mV)	Modelo Logarítmico
4,6	5,0
3,9	4,3
3,6	3,5
3,1	2,9
2,9	2,3
2,5	2,0
2,1	1,8
1,5	1,6
1,2	1,3
0,7	1,0
0,4	0,8
0,3	0,7
0,2	0,5

A continuación, se formularán las pruebas de hipótesis, para después corroborarlas con una prueba t de dos muestras, sin embargo, se deberá hacer una prueba f antes, para determinar si la prueba t se trabajará bajo varianzas iguales o desiguales. Para discernir entre las varianzas se establecerá que, el límite del resultado de la prueba f para considerarse como varianzas iguales será  $\geq 0,05$  de lo contrario se tomará como varianzas desiguales.

$$H_0 = m_{\text{diferencia de potencial}} - m_{\text{modelo logarítmico}} = 0$$

$$H_1 = m_{\text{diferencia de potencial}} - m_{\text{modelo logarítmico}} \neq 0$$

### Prueba F para varianzas de dos muestras

	Variable 1	Variable 2
Media	2,06923077	2,12642984
Varianza	2,19230769	2,06446514
Observaciones	13	13
Grados de libertad	12	12
F	1,06192526	
<b>P(F&lt;=f) una cola</b>	<b>0,45941126</b>	
Valor crítico para F (una cola)	2,68663711	

Al analizar la prueba ( $F \leq f$ ) se puede ver que el resultado fue  $\geq 0,05$ , esto indica que en la prueba t se trabajará bajo varianzas iguales.

### Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Variable 1	Variable 2
Media	2,06923077	2,12642984
Varianza	2,19230769	2,06446514
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	2,12838642	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-0,0999587	
P(T<=t) una cola	0,46060373	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0,92120746</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Al examinar el resultado de la prueba se observa que el valor  $P(T \leq t)$  para dos colas es mayor al alfa 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula y se corrobora la efectividad que presenta el modelo logarítmico para la modelación de los datos recolectados durante la experimentación.

Antes de concluir el análisis, falta brindar explicaciones de porque ocurre este fenómeno en el que al aumentar la frecuencia emitida por el diapasón, disminuye la diferencia de potencial en el experimento. Como primer punto hay que tener en cuenta que a medida que la frecuencia se aleja de la frecuencia de resonancia natural del diapasón (en este caso, 440 Hz). Al aumentar la frecuencia más allá de este punto de resonancia la eficiencia en la conversión de la energía mecánica (vibraciones del diapasón) en energía eléctrica puede disminuir, lo que se refleja en una menor diferencia de potencial. Otro aspecto por destacar sería que al tener frecuencias más bajas, las amplitudes de las vibraciones son mayores. Esta mayor amplitud en las oscilaciones podría facilitar una mayor transmisión de energía mecánica a energía eléctrica en el transductor, lo que se traduciría en una mayor diferencia de potencial. Estas respuestas son coherentes con el resultado experimental obtenido con la primera muestra, donde el diapasón emitió la frecuencia más baja posible de 238 Hertzios y en ese caso al medir la diferencia de potencial, se analizó que, se obtuvo un valor de 4,6 mili voltios, siendo la diferencia de potencial más alta de todas. En este caso se puede entender que la frecuencia optima del transductor es diferente y esto es posible debido a que algunos transductores pueden ser más sensibles o eficientes a ciertos rangos de frecuencia y esto no significa que esté funcionando incorrectamente.

Mediante la tabla 1 expuesta anteriormente, se puede ver que sin importar si aumentaba o disminuía la frecuencia emitida por el diapasón, la desviación entre cada intento fue constante, esto representa estabilidad y coherencia entre los datos. A su vez se evidencia que las frecuencia menores, fueron las que más diferencia de potencial obtuvieron, lo que es de gran importancia para posibles usos de la investigación realizada en el ámbito de la comunicación inalámbrica, audífonos para sordomudos, diagnósticos médicos, y otras áreas.

## Conclusiones

Finalizando, después de un profundo análisis acerca de la relación entre las diferentes frecuencias emitidas por el diapasón y la diferencia de potencial, se puede concluir que la frecuencia emitida por el diapasón tuvo un impacto en la producción de diferencia de potencial. Esto se evidencia en que, a medida que aumentaba la frecuencia, la diferencia potencial disminuía. Eso fue confirmado estadísticamente por la fuerte correlación existente entre ambas variables analizadas. Se concluyó que la hipótesis que había que aceptar era la alterna, esto basándome en el análisis que se desarrolló mediante un modelo matemático.

El análisis de regresión de dos variables fue preciso para esta investigación, ya que nos permitió acabar de responder a la pregunta de investigación formulada, y nos permitió resolver la cuestión de cómo afectaba la frecuencia emitida por un diapasón a la diferencia de potencial. En conclusión, se puede afirmar que el desarrollo y la argumentación durante este trabajo han sido adecuados, ya que todos los argumentos y afirmaciones que se plantearon se fundamentaron en el marco teórico previamente definido y en el análisis de regresión entre variables. Se puede afirmar que los materiales empleados, la elaboración y el montaje del experimento fueron apropiados, ya que permitieron cumplir con el objetivo de la investigación de una manera segura y cuidadosamente planificada.

Entre las limitaciones de la investigación cabe indicar que se utilizó solo un diapasón de frecuencia fundamental de 440 Hz, en futuras investigaciones, se podría investigar si la tendencia encontrada se mantiene constante al usar otras variables. Para averiguar esto se puede trabajar con diapasones de diferentes características, como la frecuencia base, la apertura de las ramas, el material o hasta intentar ampliar la longitud de las ramas. Además

se pueden realizar mejoras en el transductor y encontrar un dispositivo que transforme la frecuencia directamente en energía eléctrica. Allí se puede investigar si la tendencia entre las frecuencias y la diferencia de potencial se mantienen.

Con base en esta investigación, sobre la relación entre la frecuencia de un diapasón y la diferencia de potencial, se vislumbra una aplicación práctica en el campo de la acústica y la ingeniería de sonido. Las variaciones en la frecuencia del diapasón podrían usarse para optimizar y ajustar dispositivos que dependen de la precisión en la generación y detección de señales acústicas. Es decir, al comprender como diferentes frecuencias afectan la diferencia de potencial generada, se podrían diseñar sistemas más eficientes, donde la exactitud en la frecuencia es crucial.

## Referencias

- Bermúdez, L. (2015). Física del sonido. Obtenido de Procame:  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj58r\\_MosWEAxWHRDABHT1nAzkQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.procame.una.ac.cr%2Findex.php%2Fidades-didacticas%3Fdownload%3D14%3Afisica-del-sonido&usg=AOvVaw00ya9p22pit2MK2yyg5ZHL&o](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj58r_MosWEAxWHRDABHT1nAzkQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.procame.una.ac.cr%2Findex.php%2Fidades-didacticas%3Fdownload%3D14%3Afisica-del-sonido&usg=AOvVaw00ya9p22pit2MK2yyg5ZHL&o)
- Chat-GPT. (2024). Obtenido de Open AI: <https://chat.openai.com>
- Dell. (2017). Transductores de Sonido. Obtenido de UNM Editora:  
<http://www.unmeditora.unm.edu.ar/files/proymejora.pdf>
- Doménech et al. (2019). Universidad Politécnica de Cartagena. Obtenido de Circuitos y funciones electrónicas:  
<https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/7679/isbn9788416325900.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Garzón & Camacho. (2018). Repositorio Institucional Javeriano. Obtenido de  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/40934/Texto%20Final%20oficial%20Trabajo%20de%20gradopdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Gómez, P. (2009). El tamiz. Obtenido de <https://eltamiz.com/2009/01/28/inventos-ingeniosos-el-telefono/>
- Serway & Jewett. (2008). Física: Para ciencias e ingeniería con física moderna. Volumen 2, séptima edición. Cengage Learning.
- Wilson, Buffa & Lou. (2007). Física. Sexta edición. Person.