



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**



ELECTRÓNICA ANALÓGICA PLAN 2020

PRÁCTICA 7

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

Bernal Ramírez Brian Ricardo

Escalona Zuñiga Juan Carlos

Rojas Peralta Maximiliano

DR. OSCAR CARRANZA CASTILLO

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

Los amplificadores de instrumentación son dispositivos fundamentales en la electrónica moderna, especialmente en aplicaciones que requieren precisión, estabilidad y alta capacidad para rechazar el ruido presente en las señales de entrada. Este tipo de amplificador, derivado del amplificador diferencial, está diseñado para trabajar con señales pequeñas en ambientes donde predominan interferencias eléctricas, lo que lo hace ideal para áreas como la instrumentación médica, la adquisición de datos industriales y los sistemas de monitoreo. En esta práctica, se exploran tanto el diseño como el funcionamiento del amplificador de instrumentación, enfatizando su capacidad para amplificar diferencias de voltaje minimizando las señales comunes no deseadas.

Estos son elementos esenciales en la electrónica debido a su capacidad para procesar señales débiles en aplicaciones donde la precisión y la fiabilidad son primordiales. Su diseño y funcionamiento se basan en una configuración que combina múltiples amplificadores operacionales, logrando características sobresalientes como alta ganancia diferencial, bajo nivel de ruido y excelente rechazo del modo común. Estas propiedades hacen que los amplificadores de instrumentación sean indispensables en la electrónica médica, donde se utilizan para medir señales biomédicas como el ECG (electrocardiograma) y el EEG (electroencefalograma), así como en sensores industriales para la medición de presión, fuerza o temperatura.

En el ámbito de la electrónica analógica, el estudio y la implementación práctica de amplificadores de instrumentación son fundamentales para comprender su rol en sistemas avanzados de adquisición de datos. Este tipo de amplificador no solo permite amplificar pequeñas diferencias de voltaje con gran precisión, sino que también asegura que las señales comunes a ambas entradas, como el ruido, sean significativamente atenuadas. Esto es particularmente crítico en entornos donde las interferencias eléctricas pueden comprometer la integridad de las mediciones.

El objetivo de esta práctica fue comprender el comportamiento y las características de los amplificadores de instrumentación, construyendo un circuito experimental que utiliza amplificadores operacionales TL071 y termistores como elementos principales. Este circuito permitió observar cómo las variaciones de temperatura afectan las señales de entrada y salida, y cómo el amplificador de instrumentación responde de manera eficiente a estos cambios. Las mediciones obtenidas en diferentes condiciones fueron analizadas utilizando herramientas como multímetros y osciloscopios, que ayudaron a verificar el correcto desempeño del circuito en escenarios controlados.

Un punto importante para destacar en el diseño de este circuito es la elección de los amplificadores operacionales. En este caso, los TL071, conocidos por su bajo nivel de ruido y su alta impedancia de entrada, resultaron ser ideales para garantizar mediciones precisas. Además, la disposición de los componentes en el circuito fue cuidadosamente planeada para optimizar el rendimiento, minimizando interferencias y pérdidas de señal. Este enfoque permitió no solo validar los principios teóricos, sino

también optimizar la respuesta del sistema en aplicaciones prácticas.

El desarrollo de esta práctica se estructuró en varias etapas. En la fase inicial, se diseñaron los circuitos de amplificación diferencial e instrumentación utilizando configuraciones estándar. Estos esquemas fueron simulados para verificar su funcionalidad teórica antes de proceder al montaje físico. Una vez construido el circuito, se realizaron pruebas experimentales que incluyeron la medición de voltajes en condiciones de temperatura ambiente, variaciones de temperatura inducidas al tocar los termistores, y aumentos rápidos de calor al aproximar una fuente como un cerillo encendido. Estas variaciones generaron cambios medibles en la salida del amplificador, demostrando su sensibilidad y precisión.

El amplificador de instrumentación destaca por su diseño robusto y versátil, caracterizado por una alta impedancia de entrada, lo que evita cargar las señales medidas, y un excelente rechazo del modo común, esencial para eliminar el ruido en sistemas de medición. Además, su ganancia controlable lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere amplificar señales débiles sin distorsionarlas. En el contexto de esta práctica, estas características se pusieron a prueba al monitorear las salidas en diferentes escenarios, validando su capacidad para amplificar de manera precisa las pequeñas diferencias de voltaje generadas por el termistor en respuesta a los cambios térmicos.

Durante el desarrollo, se enfrentaron desafíos técnicos relacionados con el montaje y la calibración del circuito. Por ejemplo, se observó que errores en el puentado de las conexiones en la protoboard afectaron inicialmente las mediciones, generando valores incorrectos o nulos en la salida. Adicionalmente, algunos componentes, como los amplificadores operacionales TL071, presentaron fallas debido a un manejo inadecuado, lo que requirió reemplazos para continuar con las pruebas. Estos inconvenientes, aunque inesperados, proporcionaron una valiosa oportunidad para aprender sobre la importancia de un montaje preciso y un manejo adecuado de los componentes electrónicos.

El análisis de los resultados permitió confirmar las ventajas prácticas del amplificador de instrumentación en aplicaciones reales. Su capacidad para medir señales precisas en presencia de ruido y su estabilidad en condiciones variables lo posicionan como una herramienta esencial en el diseño de sistemas de medición avanzados. Los datos obtenidos en esta práctica no solo refuerzan el conocimiento teórico adquirido, sino que también ilustran cómo este dispositivo puede integrarse en una amplia gama de aplicaciones industriales y científicas.

1. OBJETIVO

Al término de la práctica, el alumno comprobará el uso del amplificador tipo puente y del amplificador de instrumentación, y además interpretará los resultados obtenidos de los circuitos realizados.

2. MATERIAL

- 4 TL071 (Amplificadores operacionales)
- 3 Resistencias de 1 k Ω
- 12 Resistencia de 10 k Ω

- 2 Termistor de $10\text{ k}\Omega$
- 2 Potenciómetro de $10\text{ k}\Omega$
- 1 Caja de cerillos o un encendedor

Nota. La simbología empleada en los circuitos eléctricos está acorde a la norma ANSI Y32.2

3. DESARROLLO MEDIANTE SIMULADOR

3.1 Amplificador Diferencial.

Armar el circuito de la Fig. 7.1 y ajustar el potenciómetro R2 hasta que el voltaje de salida (V_0) en la resistencia 5 sea cero.

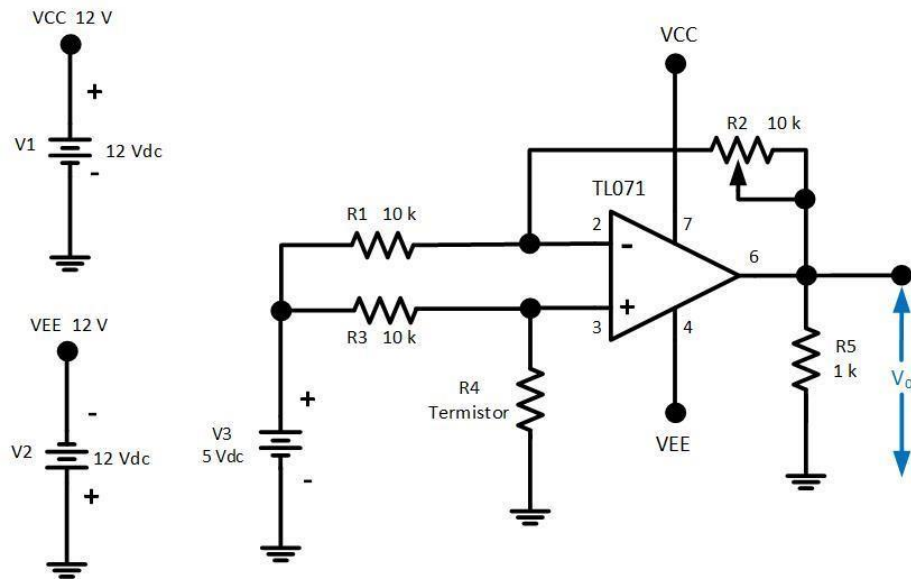


Fig. 7.1. Amplificador Diferencial.

Con el multímetro mida el voltaje V_0 en la resistencia R5, después toque el termistor con los dedos para hacer variar la temperatura que tiene, posteriormente aproxímele un cerillo encendido al termistor para aumentar la temperatura, anotar los valores del voltaje de salida (V_0) en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Resultados obtenidos del amplificador Diferencial.

Termistor	Voltaje a la salida (V_0) en la resistencia R5
Temperatura ambiente (inicial)	0.16v
Al tocar el termistor con los dedos	-1.1v
Al acércale un cerillo encendido al termistor	-4.7v

Posteriormente, deje enfriar bien el termistor y mida el voltaje V_0 mediante el canal 1 del osciloscopio, aproxime al termistor un cerillo y retírelo varias veces al mismo tiempo. En el osciloscopio colocar la escala de división de tiempo en 0.5 seg. Observe la señal en el osciloscopio y gráfiquela en la Fig. 7.2.

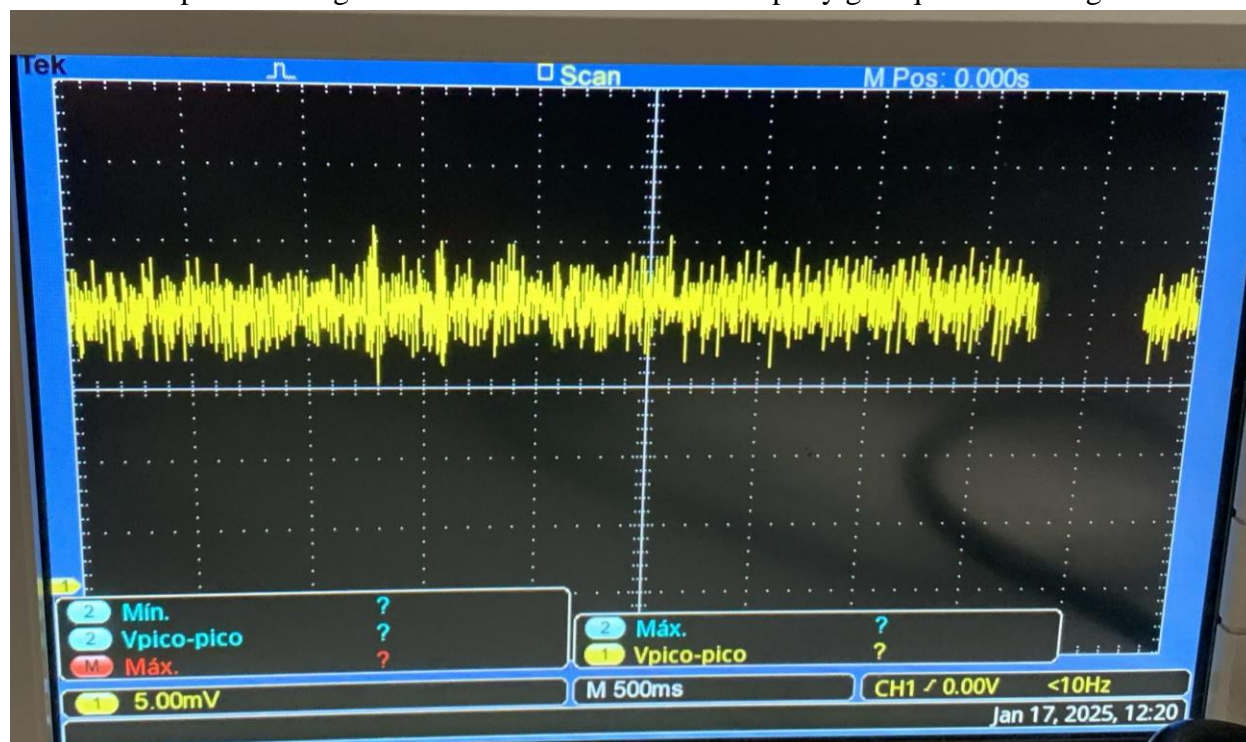


Fig. 7.2. Gráfica de la respuesta del Amplificador Diferencial.

3.2 Amplificador de Instrumentación.

Armar el circuito de la Fig. 7.3 y ajustar el potenciómetro R2 hasta que el voltaje de salida (V_0) en la resistencia 12 sea cero.

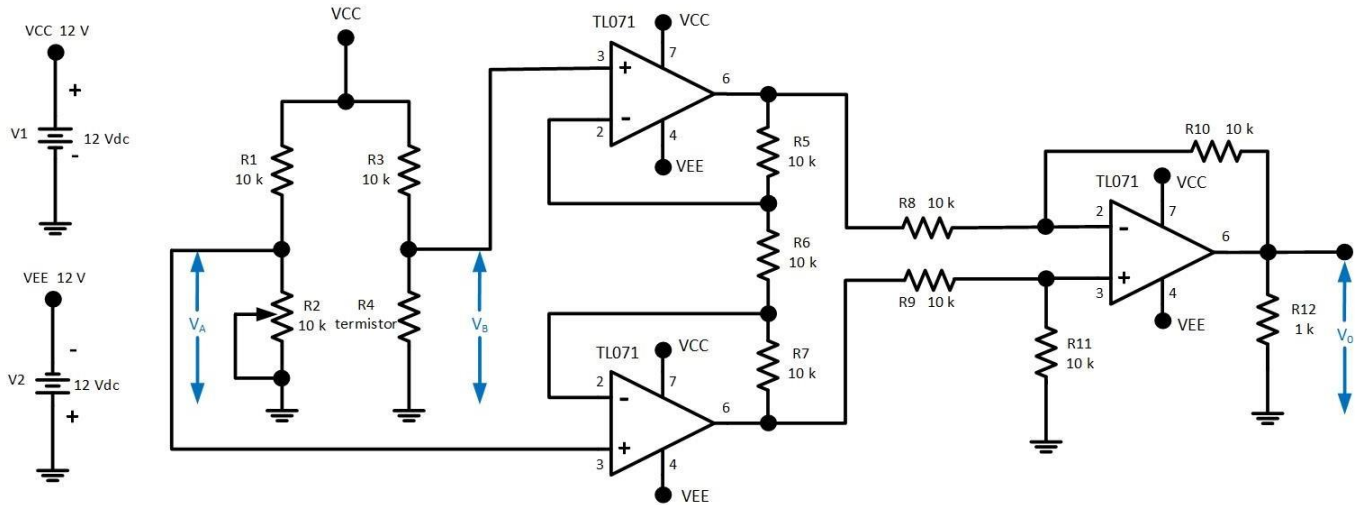


Fig. 7.3. Amplificador de Instrumentación.

Medir el voltaje A (V_A) en la resistencia R2, el voltaje B (V_B) en la resistencia R4 y el voltaje de salida (V_0) en la resistencia R12, todos los puntos de medición son con respecto a tierra, a la temperatura ambiente.

$$V_A = 6.013\text{v} \quad V_B = 5.996\text{v} \quad \text{y} \quad V_0 = 92.6\text{mv}$$

Después, toque el termistor con los dedos para hacer variar la temperatura que tiene el termistor y vuelva a medir el voltaje a la salida (V_0), posteriormente aproxímele un cerillo encendido al termistor para aumentar la temperatura y vuelva a registrar el voltaje de salida (V_0), anotar estos datos en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Resultados obtenidos del Amplificador de Instrumentación.

Termistor	Voltaje a la salida (V_0) en la resistencia R12
Temperatura ambiente (inicial)	17.4mv
Al tocar el termistor con los dedos	23mv
Al acércale un cerillo encendido al termistor	51.2mv

Posteriormente, deje enfriar bien el termistor y mida el voltaje V_0 mediante el canal 1 del osciloscopio, aproxímele al termistor un cerillo y retírelo varias veces al mismo tiempo. En el osciloscopio colocar la escala de división de tiempo en 0.5 seg. Observe la señal en el osciloscopio y gráfiquela en la Fig. 7.4.

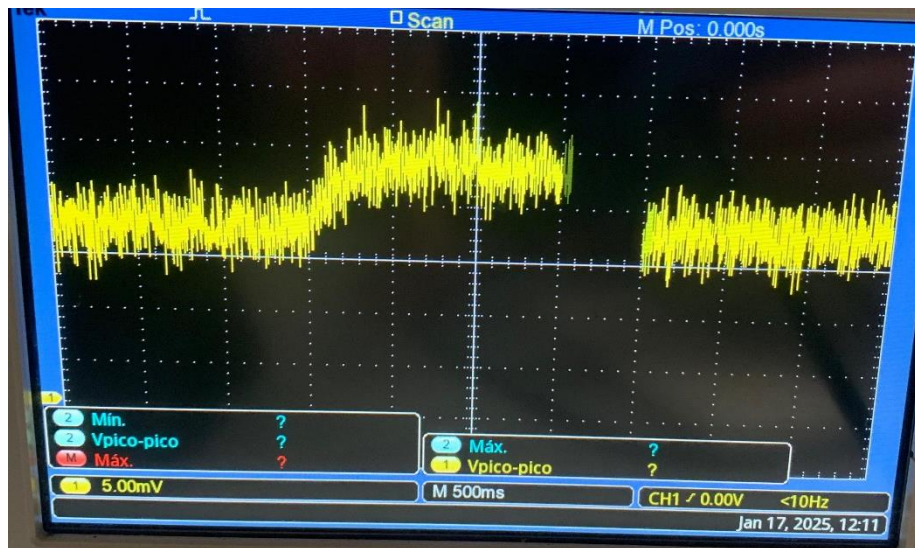
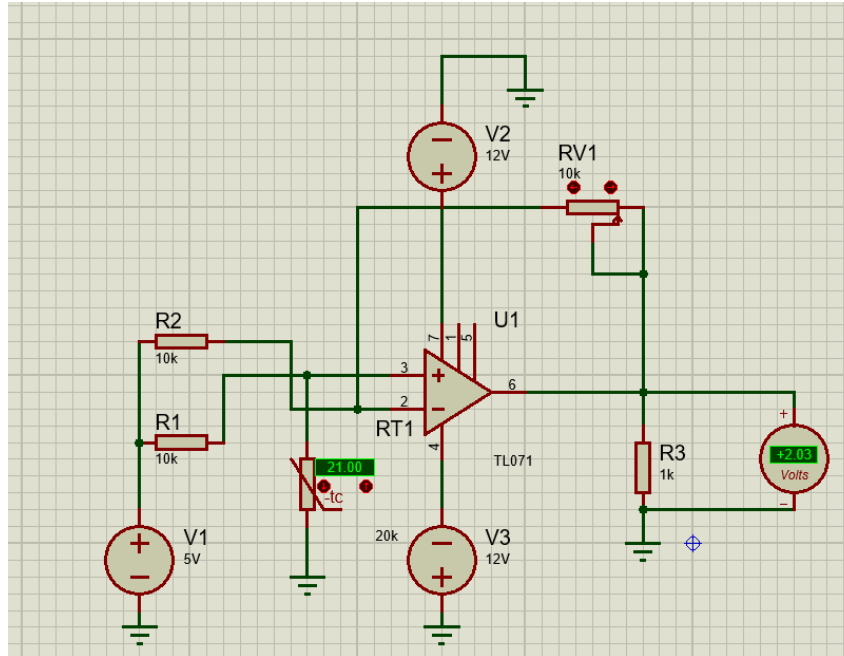


Fig. 7.4. Gráfica de la respuesta del Amplificador de Instrumentación.

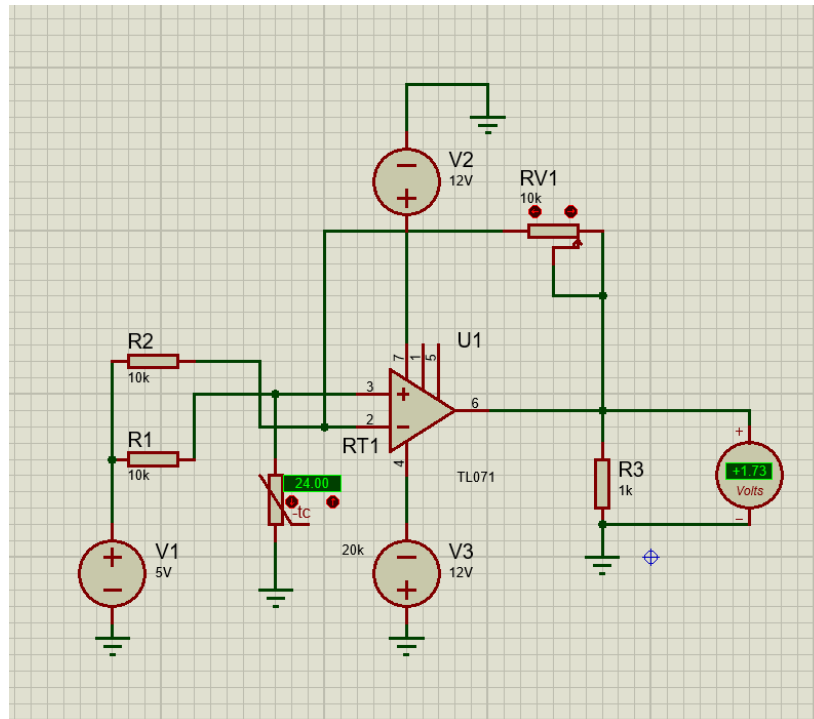
4. SIMULACIONES

3.1 AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

Temperatura ambiente o inicial:

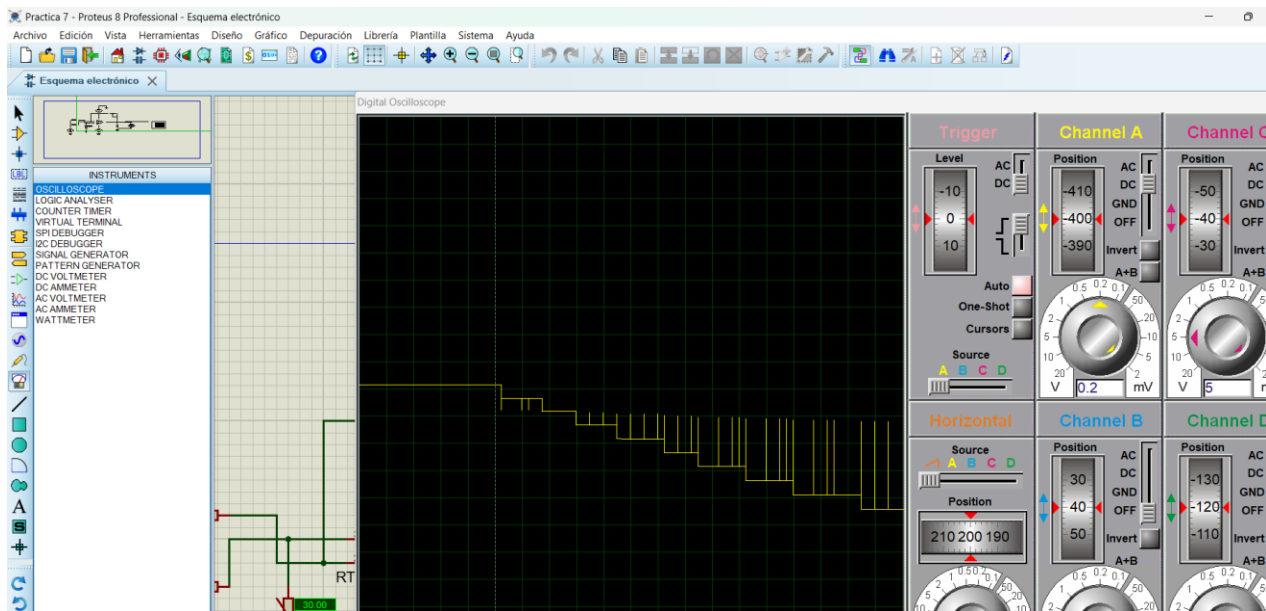
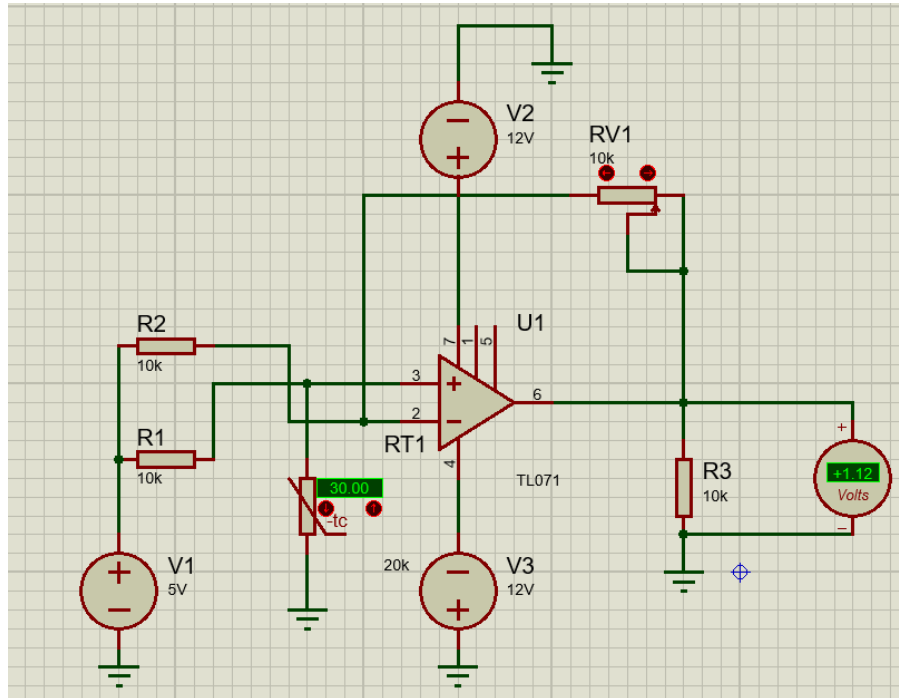


Al tocar termistor con los dedos aproximadamente:



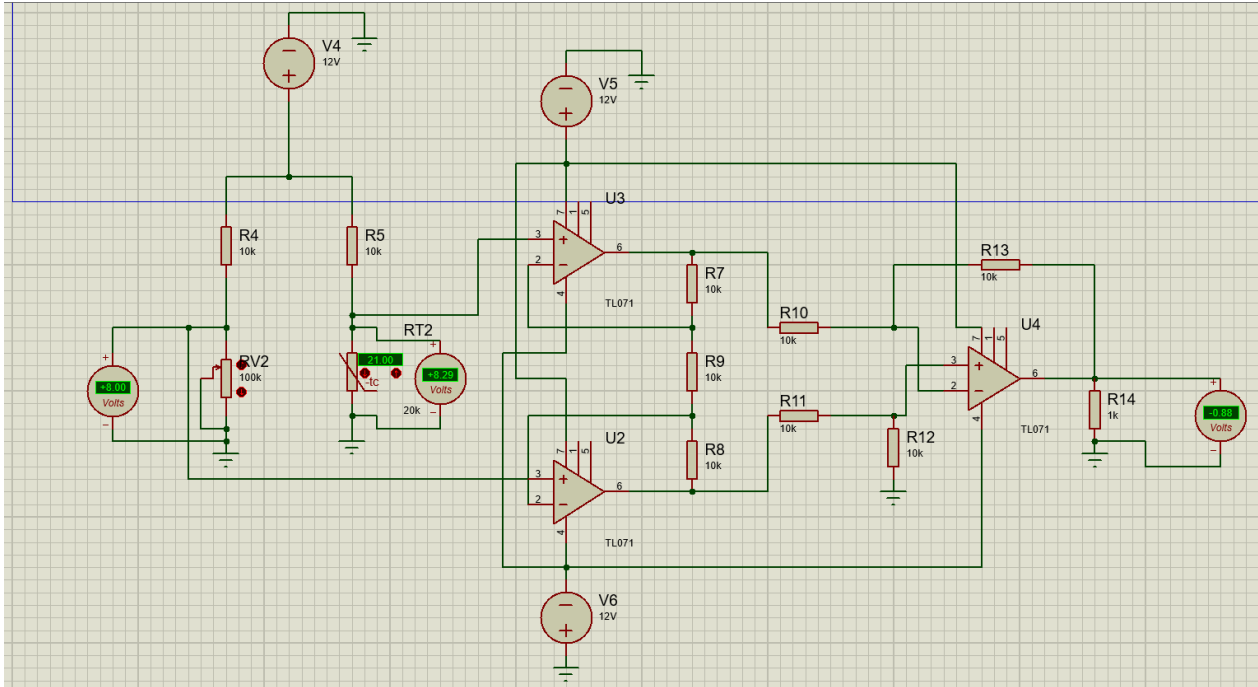
PRÁCTICA 7

Al acercarle un cerillo encendido al termistor:



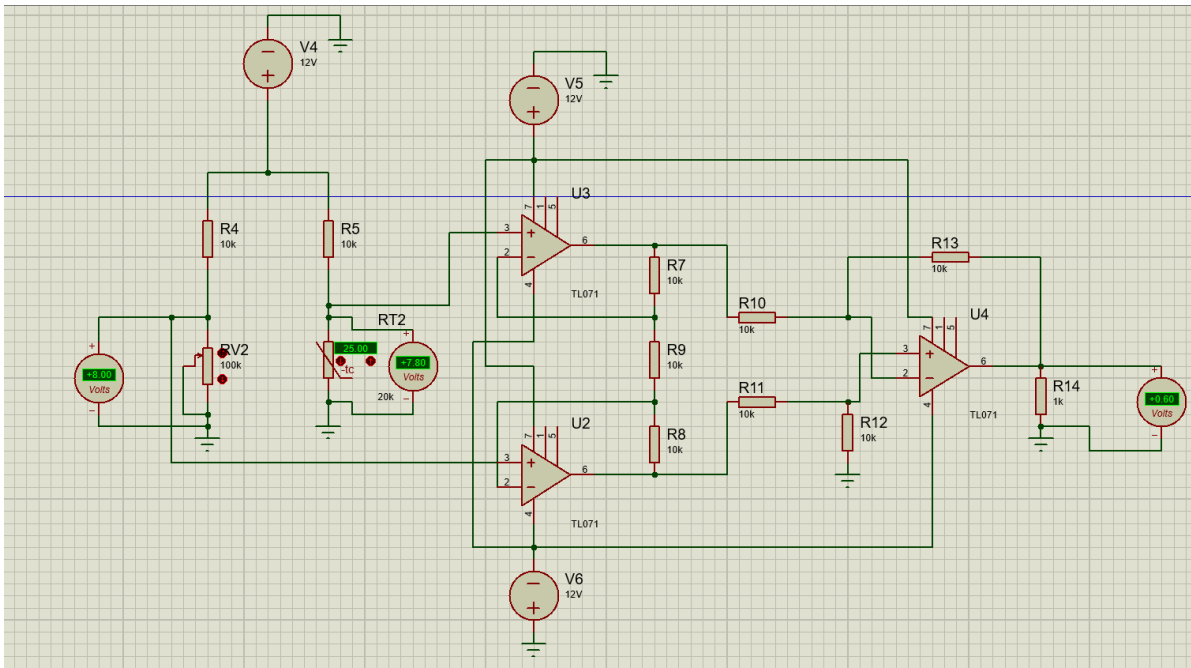
3.2 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION

Resistencia 2 ajustada para v_0 en cero volts:



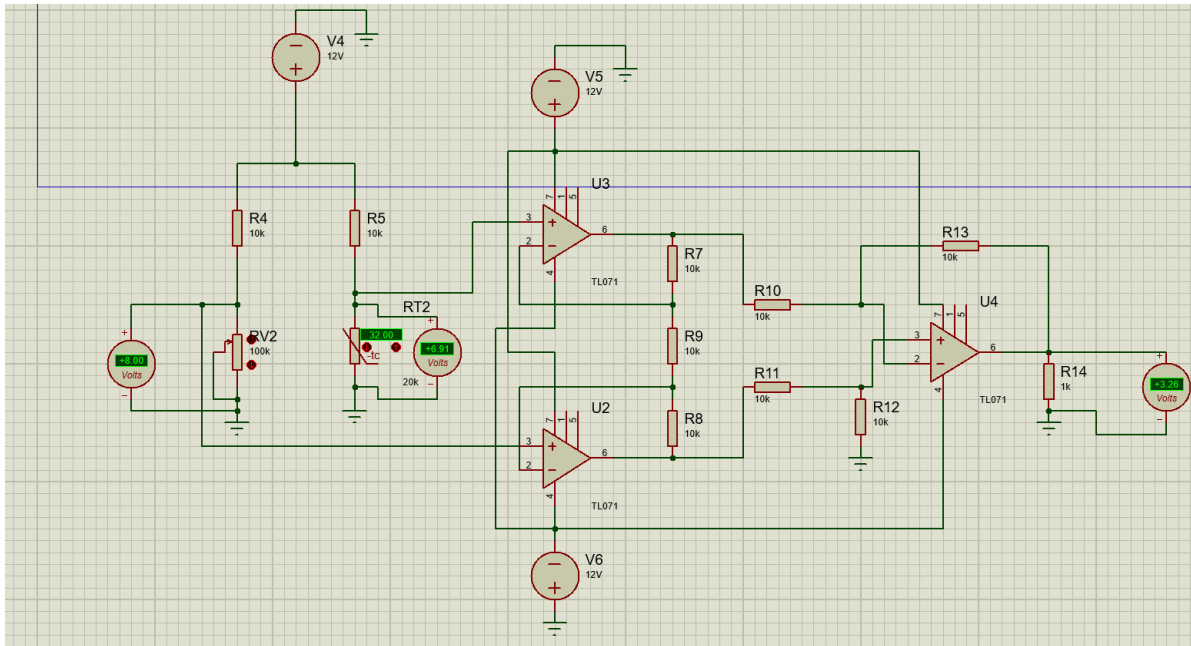
$$V_a = 8 \text{ V} \quad V_b = 8.29 \quad V_0 = -0.88$$

Al tocar termistor con los dedos aproximadamente:



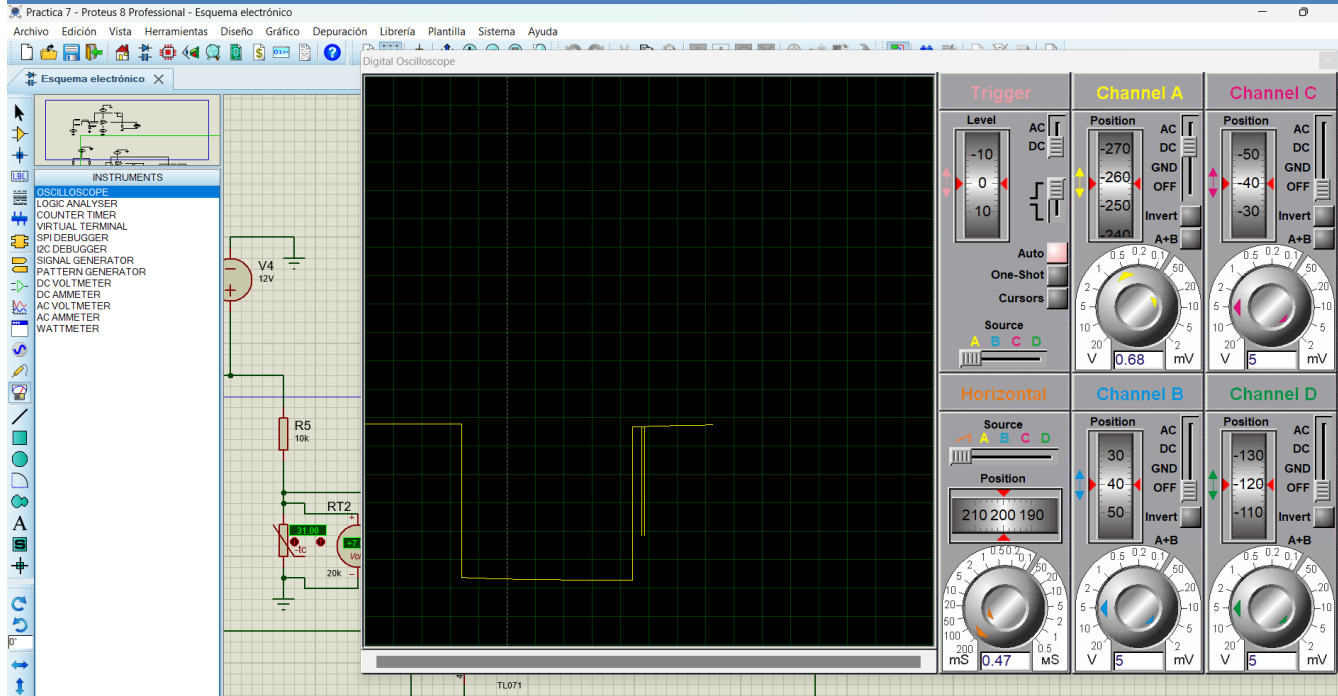
$$V_a = 8 \text{ V} \quad V_b = 7.80 \quad V_0 = -0.60$$

Al acercar un cerillo encendido al termistor:



$$V_a = 8 \text{ V} \quad V_b = 6.91 \quad V_0 = 3.26$$

PRÁCTICA 7



5. ANÁLISIS TEÓRICO.

Amplificador Diferencial

Datos

$$R_1 = 10K$$

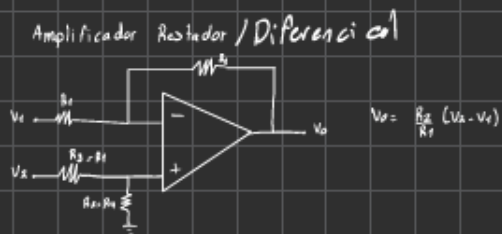
$$R_3 = 10K$$

$$R_4 = 10K$$

$$R_2 = 10K$$

$$V_{CC} = 12V$$

Formula:



Amplificador diferencial

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) = \frac{10K\Omega}{10K\Omega} (5V - 5V) = 0V$$

$$V_0 = \frac{V_2 R_4}{R_2 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - \frac{R_2}{R_1} V_1$$

Amplificador de instrumentación

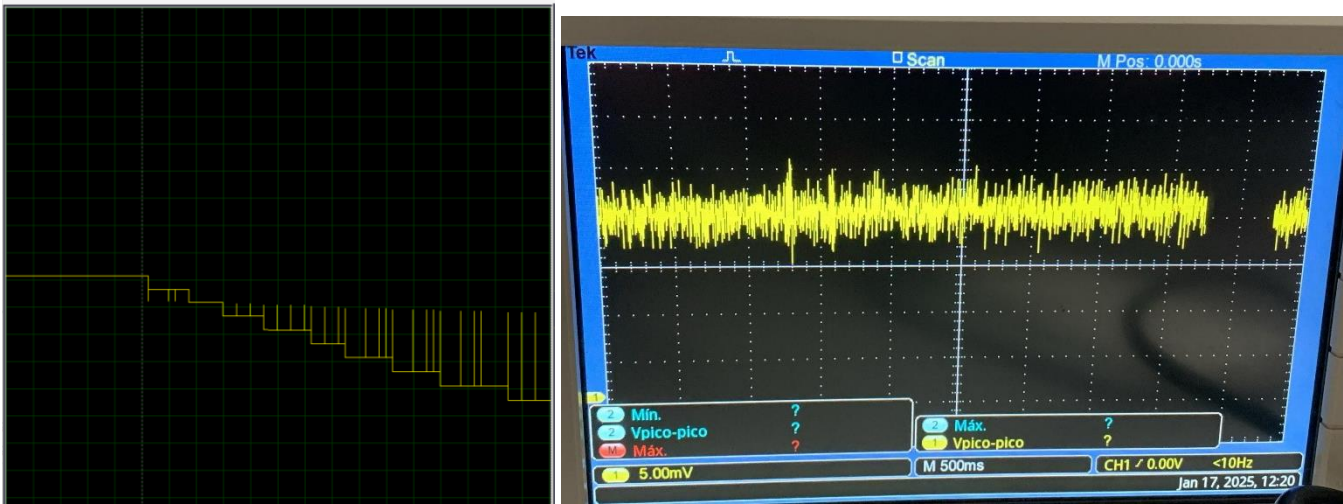
$$V_1 = \frac{V_{CC} R_1}{R_1 + R_2} = \frac{(12V)(10K\Omega)}{10K\Omega + 10K\Omega} = 6V$$

$$V_2 = \frac{V_{CC} R_3}{R_3 + R_4} = \frac{(12V)(10K\Omega)}{10K\Omega + 10K\Omega} = 6V$$

$$V_0 = \left(\frac{2R}{R_6} + 1 \right) (V_2 - V_1) = \left(\frac{2 \cdot 10K\Omega}{10K\Omega} + 1 \right) (6V - 6V) = 0V$$

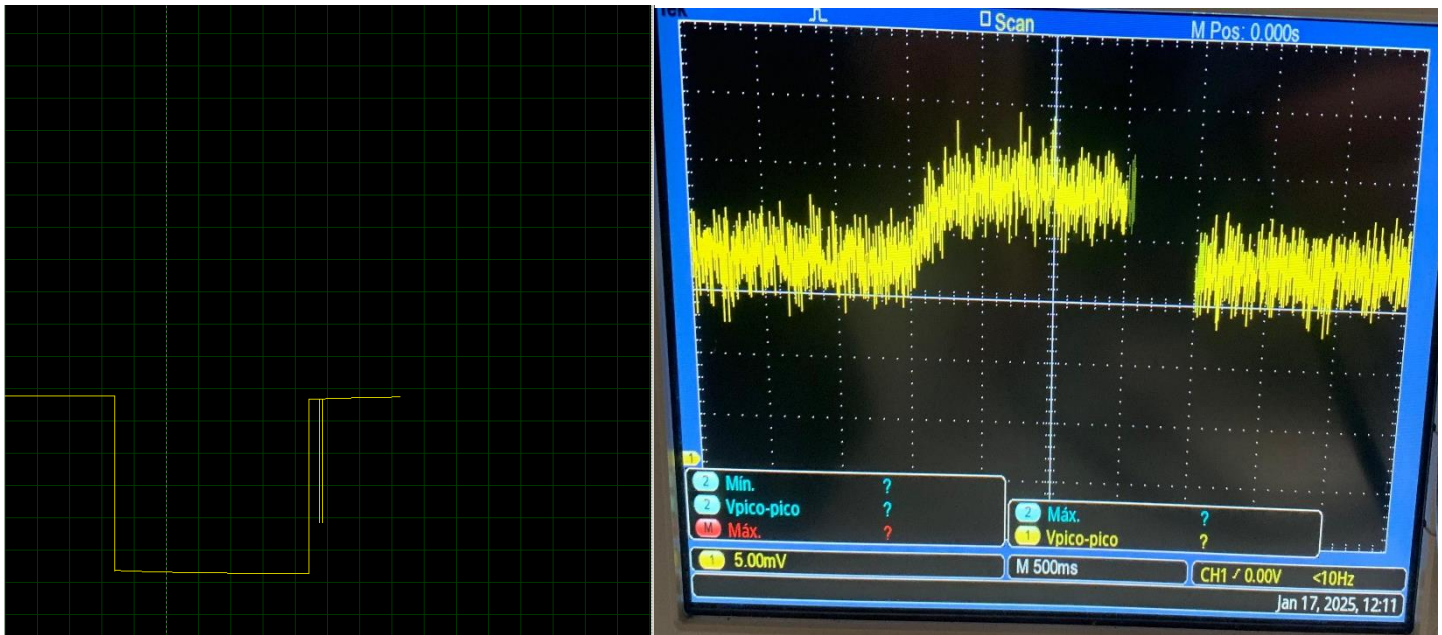
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

AMPLIFICADOR DIFERENCIAL



Podemos notar como en la gráfica del amplificador diferencial en osciloscopio hay un cambio ligeramente notorio y es que mientras en la simulación la señal cae y se levanta, el desarrollo experimental se llevó a cabo diferente ya que aquí subió la señal y posteriormente fue bajando, esto puede deberse a que la simulación no toma eventos tan reales como en la experimental, ya que la temperatura que emite la llama de un encendedor podría variar y hacer esta oscilación distinta. Pero lo que sí es bastante similar es a que tanto cae o sube la señal, ya que ambas señales se mantienen a la distancia similar alejada del origen de la señal.

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN



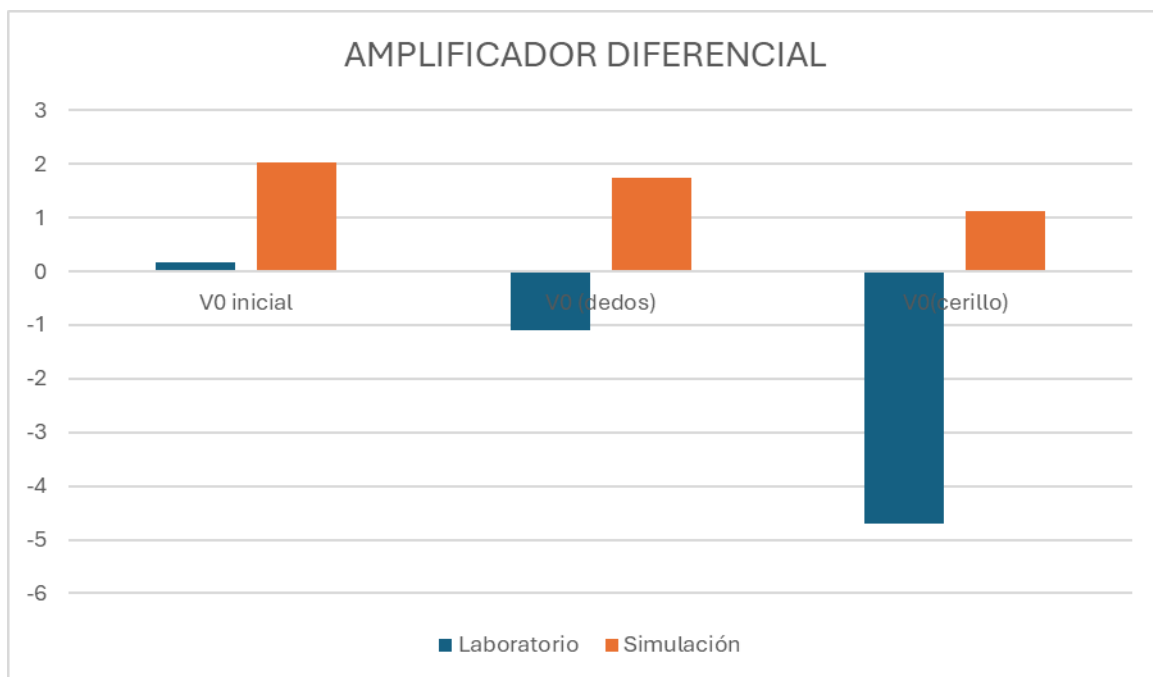
En este amplificador podemos notar que la dirección en que cambia la señal es la misma en ambos contextos, tanto simulado como experimental. Sin embargo, la forma de la señal cambia bastante y es que la señal en la parte experimental se ve con mucho ruido, mientras que en la simulación se ve muy limpia y hasta parece digital. Por esto mismo dedujimos que tiene que ver la llama del encendedor y la temperatura del ambiente y los puentes que se hicieron en el circuito lo que causó mucho ruido, ya que el día que se llevó a cabo esta práctica, ambientalmente hacía un poco de frío, por lo que al acercar el encendedor por un segundo aproximadamente y estarla acercando y quitando, fue cambiando muchísimo la forma de la señal dado a la temperatura ambiente que alteraba bastante la señal entre el frío ambiental y el calor discontinuo del encendedor. Mientras que, simulado, no se toma en cuenta la temperatura del exterior y el calor es continuo en la temperatura que capta el termistor.

Amplificador diferencial

Termistor	Simulado	Experimental
Temperatura ambiente (inicial)	2 V	0.16 v
Al tocar el termistor con los dedos	1.73 V	-1.1 V
Al acercarle un cerillo encendido al termistor	1.12 V	-4.7 V

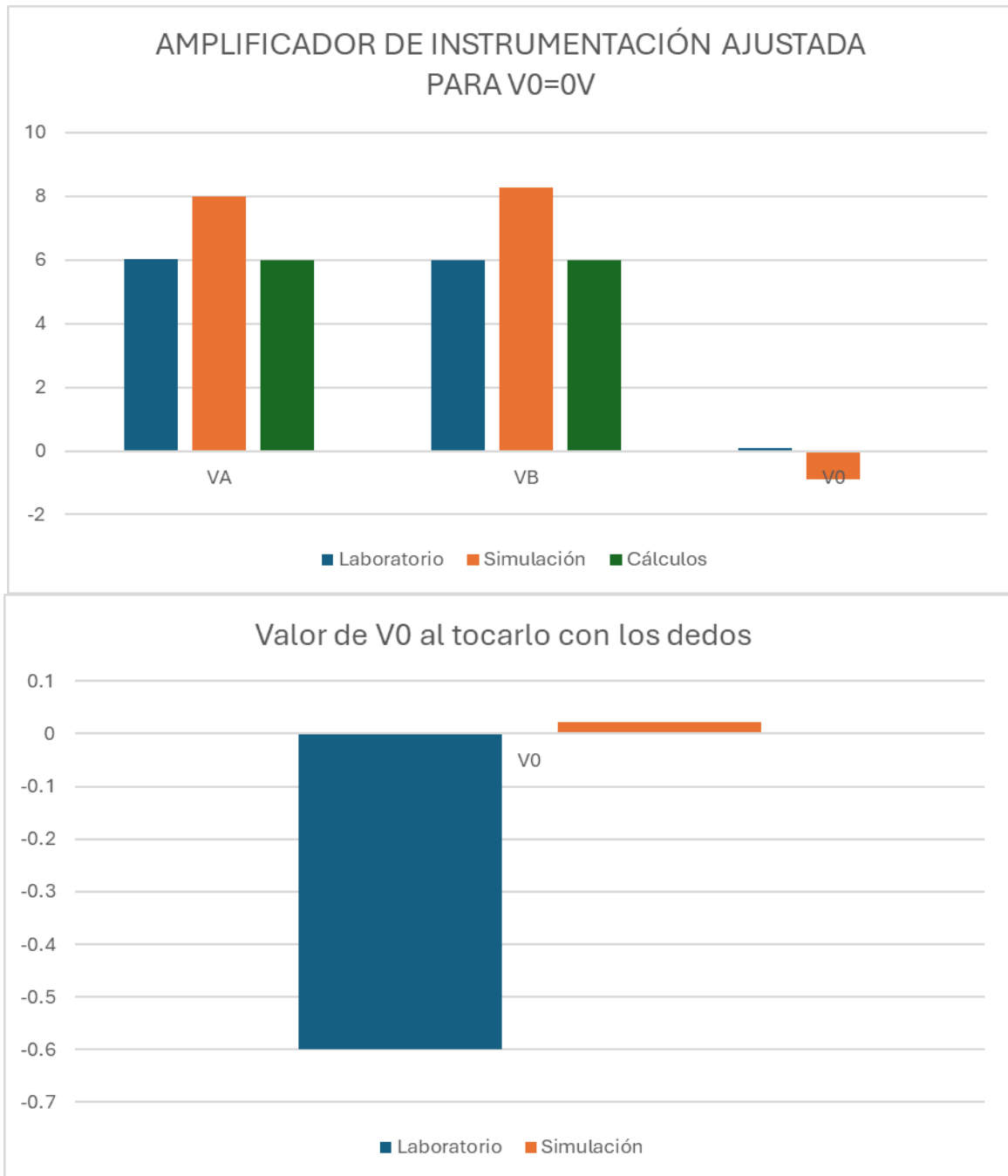
Amplificador de instrumentación

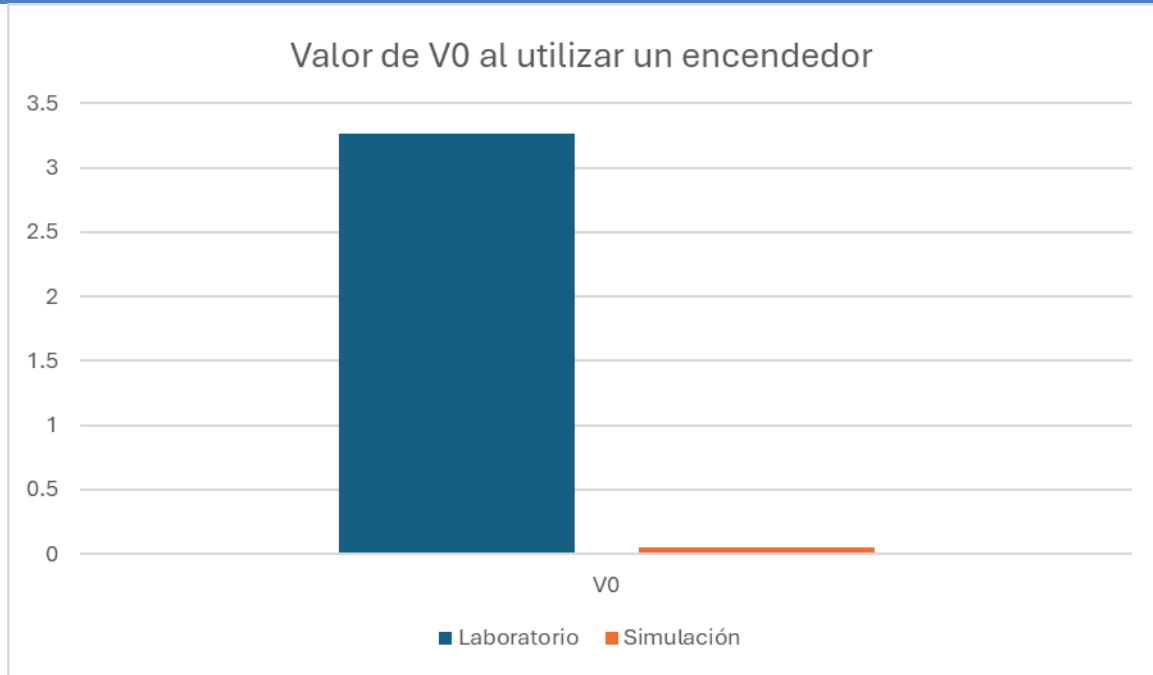
Termistor	Simulado	Experimental
Temperatura ambiente (inicial)	-0.88 V	17.4 mV
Al tocar el termistor con los dedos	-0.60 V	23 mV
Al acercarle un cerillo encendido al termistor	3.26 V	51.2 mV

AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

Podemos notar que el valor de V_0 del amplificador diferencial tiene una variación moderada entre las simulaciones y la práctica. Esto puede deberse a ciertos factores como la temperatura del exterior, las características del termoresistor y alguna variación en las propiedades del circuito las cuales las simulaciones no pueden considerar. Esto da a entender que el voltaje de salida será cada vez mas bajo conforme la temperatura a la que se vea expuesto vaya aumentando.

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN





En estas 3 gráficas podemos ver claramente la variación del voltaje en V_0 para los diferentes casos proporcionados en la práctica. Existe una diferencia notable entre los primeros dos, ya que parece que nuestro circuito da voltaje en el ámbito negativo para los primeros dos. Sin embargo, nuestro voltaje es muy acercado a cero a excepción del caso donde se usa un encendedor, haciendo que el voltaje se dispare en el ámbito experimental. Esto da a entender que el circuito tendrá una mayor salida de voltaje entre más alta sea la temperatura a la que se le expone.

7. CUESTIONARIO

1. ¿Por qué se le llama amplificador diferencial?

Se llama así porque amplifica la diferencia de voltaje entre dos señales de entrada mientras rechaza los voltajes comunes a ambas entradas.

2. ¿Por qué se le llama amplificador de Instrumentación?

Se llama así porque está diseñado para medir señales pequeñas en presencia de ruido, con alta precisión y estabilidad, ideal para aplicaciones en instrumentación médica e industrial.

3. ¿Qué diferencia existe entre el amplificador de instrumentación y el amplificador diferencial?

El amplificador de instrumentación es una versión mejorada del amplificador diferencial, con mayor ganancia controlable, alta impedancia de entrada, y mejor rechazo del modo común.

4. Menciona 3 ejemplos donde se usen los amplificadores de instrumentación

- Medición de señales biomédicas como ECG y EEG.
- Sensores industriales, como puentes de Wheatstone para medir fuerza o presión.

- Equipos de adquisición de datos para señales débiles y ruido reducido.

5. ¿Cómo se calcula la ganancia del amplificador de instrumentación?

$$G = \left(1 + \frac{2R_2}{R_g}\right)$$

6. **¿Cuál es la impedancia de entrada de un amplificador de instrumentación?**

La impedancia de entrada de un amplificador de instrumentación es **muy alta** (en el orden de $M\Omega$) para evitar cargar las señales medidas.

7. **¿En dónde se emplea el amplificador de instrumentación diferencial?**

Se emplea en mediciones precisas donde es importante rechazar señales comunes (ruido), como en sensores de presión, tensión, y sistemas médicos (ECG).

8. CONCLUSIONES INDIVIDUALES

Bernal Ramírez Brian Ricardo

En esta practica a pesar de que fue la mas corta de las demás, sentí que fue mas complicada que las demás, en el transcurso del desarrollo se presentaron complicaciones con los voltajes de salida que se tenían que medir, después de mucha prueba y error, aprendimos que los TL071 son un componente muy sensible y se tiene que manejar con extremo cuidado, también nos vino a favor el uso de fuente de voltajes con opción de “all on/off” lo cual nos reducía riesgo de quemar estos amplificadores.

En esta práctica fue muy interesante visualizar el cambio de onda en el osciloscopio al tocar el termistor con los dedos o con un encendedor, aparte de una mejor comprensión sobre su funcionamiento, pudimos observar su importancia en el ámbito de instrumentación, sin duda algún reforzo nuestro análisis y manejo en circuitos analógicos, como también un interés por saber mas aplicaciones de los mismo.

Escalona Zuñiga Juan Carlos

Esta práctica la sentí más complicada de lo normal, a pesar de que el circuito en su diagrama esquemático no se ve tan complejo, tuvimos ciertas complicaciones en la parte experimental ya que primero no nos daba ni variaba en nada el voltaje debido a que teníamos mal puenteado el VEE y las tierras debido a que la protoboard se dividía en dos secciones, posterior a que se puentearan de manera correcta, el nos percatamos que el primer TL071 estaba quemado, por lo que decidimos cambiarlo, sin embargo después de eso nos dimos cuenta que todos los TL071 estaban quemados, por tanto inservibles y sin un resultado correcto en los valores de la práctica. Sin embargo, se cambiaron los TL071 y logramos obtener ya un valor real y correcto para el voltaje de salida en los tres casos, a temperatura ambiente, tocando el termistor con los dedos y acercando un encendedor.

Rojas Peralta Maximiliano

Durante el desarrollo de nuestra práctica nos enfrentamos a diversos desafíos los cuales obstaculizaron en gran medida la realización de esta. Hubo complicaciones personales para el armado del circuito que tuvimos que resolver mediante un análisis detallado de la continuidad del circuito y el flujo de este. Sin embargo, una vez superados estos problemas nos topamos con la dificultad de que nuestro material se había dañado, por lo que no fué posible culminar con la práctica en el momento. Ya que pudimos reemplazar el material defectuoso por fin realizamos la práctica de forma satisfactoria.

De la misma nos hemos llevado una gran experiencia y un gran aprendizaje, utilizamos un termo resistor. Material que hasta la fecha no había utilizado. Gracias a esto y a los demás aprendizajes que se obtuvieron durante el desarrollo de la práctica será posible aplicar estos a proyectos futuros, tanto de otras materias como profesionales.

9. REFERENCIAS

- Eberlein, S., & Vázquez, O. (2013). Amplificadores de Instrumentación. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Escuela de Ingeniería Electrónica. Recuperado de https://www.fceia.unr.edu.ar/eca2/Files/Apuntes/AMPLIFICADORES%20DE%20INSTRUMENTACION%20_v-2013-1_.pdf
- Díaz de Santos, E. (2016). Análisis y diseño electrónico basados en el amplificador de instrumentación. Recuperado de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490523186.pdf>
- Scalahed. (n.d.). Electrónica analógica: Amplificador de instrumentación. Recuperado de <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r145r/w902w/U6liga1.htm>
- UNIT Electronics. (2024). AD620 Amplificador de Instrumentación. Recuperado de <https://uelectronics.com/producto/ad620-amplificador-de-instrumentacion/>