

# Índice

Li	ista de ilustraciones	2
Li	ista de tablas	4
l.	Introducción	5
II.	Marco teórico	7
Т	L071	7
III.	Objetivos	8
IV.	Material y equipo	8
Ε	quipo:	8
Ν	Material:	8
٧.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	9
Α	Amplificador Inversor	9
Α	Amplificador no Inversor	11
S	eguidor de Voltaje	14
Α	Amplificador Sumador	17
Α	Amplificador Sustractor	18
Ir	ntegrador	20
D	Perivador	21
VI.	Análisis teórico	25
VII.	Análisis simulado	28
Α	AMPLIFICADOR INVERSOR	28
Α	AMPLIFICADOR NO INVERSOR	30
S	EGUIDOR DE VOLTAJE	32
Α	AMPLIFICADOR SUMADOR	33
Α	AMPLIFICADOR SUSTRACTOR	34
Α	MPLIFICADOR INTEGRADOR	34
Α	AMPLIFICADOR DERIVADOR	36
VIII.	. Comparación de los resultados teóricos, prácticos y simulados	38
Α	AMPLIFICADOR INVERSOR	38
Α	AMPLIFICADOR NO INVERSOR	38
S	EGUIDOR DE VOLTAJE	39
Α	AMPLIFICADOR SUMADOR	40
Α	AMPLIFICADOR SUSTRACTOR	40
IX.	Cuestionario	42
Χ.	Conclusiones	43
G	García Quiroz Gustavo Ivan	43
	Ramírez Juárez Arturo Yamil	
S	antiago Gama Jorge Fabrizio	44
XI.		

Lista de ilustraciones Ilustración 1: diagrama esquemático del transistor 2N2222	iFrrorl Marc	ador no defini	do
Ilustración 2: diagrama esquemático del transistor BC547C			
Ilustración 3: diagrama esquemático del transistor BC557C			
Ilustración 4: diagrama esquemático del transistor TIP41			
Ilustración 5 Evidencia del Valor de la Beta de los transistores.			
Ilustración 6: circuito por divisor de voltaje			
Ilustración 7 Circuito por Divisor de Voltaje			
Ilustración 8 Análisis del transistor en corte y saturación			
Ilustración 9 Protoboard usada en Análisis del transistor en cor			
Marcador no definido.	te y saturaei		<b>.</b>
Ilustración 10 Medición en multímetro	iError! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 11 Voltaje Análisis del transistor en corte y saturaci		Marcador	no
definido.			
Ilustración 12 Circuitos Prácticos con LED	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 13 Circuitos Prácticos con motor	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 14Circuito Práctico LED	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 15 VA del Circuito Práctico LED	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 16 voltaje de los Circuitos Prácticos	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 17 Circuito Práctico LED	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 18 Circuito por Divisor de Voltaje con 2N2222	¡Error! Marc	ador no defini	do.
Ilustración 19 Análisis del transistor en corte y saturación con 5	:\/: Ennoni	Marcador	no
nustración 13 / mansis aci cransistor en corte y saturación con s	ovierror:	iviai caudi	110
definido.	ovjerror:	Marcaudi	110
·			
definido.	¡Error! Marc	ador no defini	do.
<b>definido.</b> Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V	¡Error! Marc	ador no defini	do.
definido. Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte	j <b>Error! Marc</b> 2 con 5Vj <b>Er</b> i	ador no defini ror! Marcador	do.
definido. Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.	j <b>Error! Marc</b> 2 con 5Vj <b>Er</b> i	ador no defini ror! Marcador	do. no
definido. Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte	jError! Marc 2 con 5VjEr e 2 0VjError!	ador no defini ror! Marcador Marcador	do. no no
definido. Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.	iError! Marc 2 con 5ViEr e 2 0ViError! iError! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini	do. no no do.
definido. Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc iError! Marc iError! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini ador no defini ador no defini	do. no no do. do.
definido.  Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. OV  Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc iError! Marc iError! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini	do. no no do. do. do.
definido.  Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V  Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	¡Error! Marc 2 con 5V¡Error! 2 2 0V¡Error! ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini	do. no do. do. do. do.
definido.  Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. OV  Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	¡Error! Marc 2 con 5V¡Error! 2 2 0V¡Error! ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini	do. no do. do. do. do.
definido.  Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. OV  Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini	do. no do. do. do. do. do.
definido.  Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. OV  Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	¡Error! Marc 2 con 5V¡Error! 2 2 0V¡Error! ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc ¡Error! Marc	ador no defini ror! Marcador Marcador ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini ador no defini	do. no do. do. do. do. do. do. do.
definido.  Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. OV  Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido.  Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc	ador no defini ror! Marcador  Marcador  ador no defini	do. no no do. do. do. do. do. do. do. do.
Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc	ador no defini ror! Marcador  Marcador  ador no defini	do. no do. do. do. do. do. do. do. do. do.
Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc iError! Marc	ador no defini ror! Marcador  Marcador  ador no defini	do. no no do. do. do. do. do. do. do. do. do. do
Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. OV Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViErr 2 con 5ViError! 2 2 0ViError! iError! Marc	ador no defini ror! Marcador  Marcador  ador no defini	do. no do. do. do. do. do. do. do. do. do. do
Ilustración 20 Análisis del transistor en corte y saturación. 0V Ilustración 21Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 22 Análisis del transistor en corte y saturación parte definido. Ilustración 23 Circuitos Prácticos con LED	iError! Marc 2 con 5ViErr 2 con 5ViError! iError! Marc	ador no defini ror! Marcador  Marcador  ador no defini	do. no no do. do. do. do. do. do. do. do. do. do

# Lista de tablas

Tabla 1: rangos máximos absolutos para el transistor 2N2222 .¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: rangos máximos absolutos para el transistor BC547C¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3: rangos máximos absolutos para el transistor BC557C¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4: rangos máximos absolutos para el transistor TIP41¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5: valores del valor de la beta de los transistoresiError! Marcador no definido.
Tabla 6: valores del circuito por divisor de voltajeiError! Marcador no definido.
Tabla 7: valores del análisis del transistor en corte y saturación.¡Error! Marcador no
definido.
Tabla 8: valores del análisis del transistor en corte y saturación resistencia 22 kΩ¡Error!
Marcador no definido.
Tabla 9 Análisis del transistor en corte y saturacióniError! Marcador no definido.
Tabla 10 Análisis del transistor en corte y saturacióniError! Marcador no definido.

## I. Introducción

En el vasto campo de la electrónica analógica, los amplificadores operacionales desempeñan un papel fundamental. Estos dispositivos, ampliamente utilizados en una amplia gama de aplicaciones, permiten amplificar y procesar señales eléctricas de manera precisa y controlada. Para comprender y explorar las capacidades de los amplificadores operacionales, es esencial familiarizarse con las configuraciones básicas que se pueden implementar con ellos.

Para llevar a cabo esta práctica, utilizaremos componentes ampliamente reconocidos y utilizados en la industria electrónica. Entre ellos, destacan los amplificadores operacionales LM741 y TL071. Estos dispositivos son ampliamente conocidos por su rendimiento confiable y versatilidad, lo que los convierte en elecciones ideales para experimentar con las configuraciones básicas.

Comenzaremos explorando la configuración del Amplificador Inversor, que nos permitirá comprender cómo se puede amplificar una señal de entrada al invertirla. A través de la construcción y el análisis de este circuito, podremos observar cómo la ganancia y la fase de la señal se ven afectadas.

Luego, pasaremos al Amplificador no Inversor, donde exploraremos cómo amplificar una señal de entrada sin invertirla. Este circuito nos brindará una visión clara de cómo se puede obtener una ganancia positiva y cómo la relación de resistencias influye en la magnitud del amplificador.

Continuaremos con el Seguidor de Voltaje, también conocido como buffer, que tiene la capacidad de proporcionar una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida. Este circuito resulta útil cuando se necesita evitar la carga de la fuente de señal y mantener la integridad de la señal original, abordaremos el Amplificador Sumador, una configuración que nos permitirá combinar múltiples señales de entrada en una sola señal de salida. Este circuito será especialmente valioso para aplicaciones donde se requiere realizar operaciones matemáticas simples, como sumas o promedios, de varias señales.

Durante el desarrollo de esta práctica, adquiriremos habilidades prácticas al construir físicamente cada uno de los circuitos mencionados y analizar su comportamiento. Además, profundizaremos en la teoría subyacente de cada configuración, comprendiendo los principios de funcionamiento y las limitaciones asociadas.

Al finalizar esta práctica, habremos adquirido un conocimiento valioso sobre las configuraciones básicas con amplificadores operacionales. Estas configuraciones son fundamentales para comprender el funcionamiento y las aplic

La práctica de electrónica "Configuraciones Básicas con Amplificadores Operacionales" es una actividad fundamental para adquirir conocimientos prácticos sobre el funcionamiento y aplicaciones de los amplificadores operacionales, que son componentes electrónicos esenciales en muchas áreas de la electrónica, como la ingeniería de audio, la comunicación, el control de procesos y la instrumentación.

El amplificador operacional TL071 es un componente ampliamente utilizado en la electrónica moderna. Este dispositivo es un circuito integrado que consta de un amplificador de alta ganancia y varios elementos de circuito externo que se pueden conectar para formar diferentes configuraciones.

A continuación, se explican algunas razones por las cuales el amplificador operacional TL071 sigue siendo relevante en la actualidad:

- Amplificación precisa y de alta calidad: El TL071 ofrece una amplificación de alta ganancia y baja distorsión, lo que lo convierte en una opción confiable para aplicaciones que requieren una amplificación precisa y de alta calidad. Es utilizado en sistemas de audio profesional, equipos de grabación de sonido y sistemas de amplificación de instrumentos musicales.
- 2. Estabilidad y respuesta de frecuencia amplia: El TL071 ha demostrado ser estable y capaz de manejar una amplia gama de frecuencias, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de comunicaciones, procesamiento de señales y sistemas de control.
- 3. Baja corriente de polarización y bajo ruido: El TL071 tiene una baja corriente de polarización, lo que significa que consume una cantidad mínima de corriente en condiciones normales de funcionamiento. Además, su diseño interno minimiza el ruido, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones que requieren una señal limpia y de alta fidelidad.
- 4. Flexibilidad en configuraciones de circuitos: El TL071 es un amplificador operacional de propósito general que se puede utilizar en una variedad de configuraciones de circuitos, como amplificadores inversores y no inversores, seguidores de voltaje, sumadores, sustractores, integradores y derivadores. Esta flexibilidad lo convierte en una opción versátil para diseñadores de circuitos electrónicos.
- 5. Disponibilidad y asequibilidad: El TL071 es un componente ampliamente disponible en el mercado a un precio asequible. Esto lo hace accesible tanto para profesionales como para aficionados a la electrónica, lo que contribuye a su continua popularidad.

En esta práctica, se estudian las configuraciones básicas del amplificador operacional, como el amplificador inversor, el amplificador no inversor y el seguidor de voltaje, que permiten amplificar señales de entrada con diferentes niveles de ganancia y polaridad. Además, se exploran configuraciones más complejas, como el sumador, el sustractor, el integrador y el derivador, que permiten realizar operaciones matemáticas más avanzadas.

Comprender estas configuraciones es fundamental para diseñar y construir circuitos electrónicos funcionales y efectivos. Los amplificadores operacionales pueden usarse para muchas aplicaciones diferentes, desde sistemas de amplificación de audio hasta sistemas de control de procesos. En la práctica de "Configuraciones Básicas con Amplificadores Operacionales", se aprenden los conceptos básicos de las configuraciones más utilizadas, lo que proporciona una base sólida para experimentar y construir sistemas más avanzados en el futuro.

#### II. Marco teórico

#### TL071

La familia de amplificadores operacionales de entrada JFET TL07xx está diseñada para ofrecer una selección más amplia que cualquier familia de amplificadores operacionales desarrollada anteriormente. Cada uno de estos amplificadores operacionales de entrada JFET

incorpora transistores bipolares y JFET de alto voltaje bien combinados en un circuito integrado monolítico.

Los dispositivos cuentan con altas velocidades de respuesta, baja polarización de entrada y corrientes de compensación, y bajo coeficiente de temperatura de voltaje de compensación. La baja distorsión armónica y el bajo nivel de ruido hacen que la serie TL07x sea ideal para aplicaciones de preamplificación de audio y alta fidelidad. Las opciones de ajuste de compensación y compensación externa están disponibles dentro de la familia TL07x.

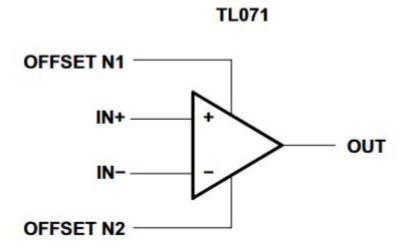


Ilustración 1: Símbolos lógicos para TL071

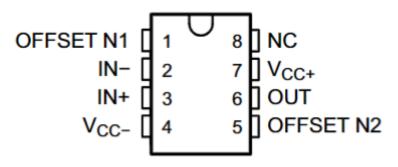


Ilustración 2: Configuración de pines para TL071

# III. Objetivos

- Familiarizarse con las configuraciones básicas de amplificadores operacionales y comprender su importancia en la electrónica analógica.
- Adquirir habilidades prácticas para construir físicamente los circuitos de Amplificador Inversor, Amplificador no Inversor, Seguidor de Voltaje, Amplificador Sumador y Amplificador Sustractor.
- Comprender el funcionamiento teórico de cada configuración y analizar su comportamiento en términos de ganancia, impedancia, polaridad y respuesta en frecuencia.
- Realizar mediciones y análisis de los circuitos implementados para evaluar su rendimiento y compararlos con los resultados esperados teóricamente.
- Explorar las aplicaciones prácticas de las configuraciones básicas de amplificadores operacionales y comprender su relevancia en el diseño de circuitos electrónicos.
- Comprobar el uso de comparadores simples y de histéresis.
- Realizar aplicaciones con comparadores simples y con histéresis.
- Interpretar los resultados obtenidos de los circuitos realizados.

# IV. Material y equipo

### Equipo:

- 1 Fuente de alimentación dual + 12V y – 12V
- 1 Multímetro digital.
- 1 Generador de Funciones 10Hz-1MHz.
- 1 Osciloscopio de propósito general.
- 3 Cables coaxial con terminal BNC-Caiman.
- 4 Cables CAIMAN CAIMAN.
- 3 Cables BANANA CAIMAN.

#### Material:

- 1 Tablilla de experimentación PROTOBOARD.
- 4 TL071 o LM741 (Amplificador Operacional)
- 2 Resistencias de  $560\Omega$  a  $\frac{1}{4}$  W.
- 6 Resistencias de  $1K\Omega \ a^{1/4} \ W$ .
- 2 Resistencias de  $2.2K\Omega \ a^{1/4} \ W$
- 4 Resistencias de  $10K\Omega \ a \ 1/4W$
- 2 Resistencias de  $15K\Omega$   $\alpha$   $\frac{1}{4}$  W
- 5 Resistencias de  $100 K\Omega a \frac{1}{4} W$ .
- 2 Resistencias de  $150K\Omega$   $a \frac{1}{4} W$
- 2 Resistencias de 220  $K\Omega$   $\alpha$   $\frac{1}{4}$  W
- 2 Resistencias de  $560K\Omega$   $a \frac{1}{4} W$
- 2 Resistencias de 4.7  $M\Omega$   $\alpha$   $\frac{1}{4}$  W
- 2 Capacitor de  $0.01 \mu F$
- 2 Capacitor de  $0.0022 \mu F$
- 2 Capacitor de 100 pF

#### V. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En esta práctica se empleará el amplificador operacional TL071 con ± 12V de alimentación en todos los circuitos.

#### Amplificador Inversor

Para comenzar, se trabajará con el Amplificador Inversor, que es un circuito que utiliza un amplificador operacional para generar una señal de salida que es inversa a la señal de entrada.

Para armar el circuito, se necesita el amplificador operacional TL071, dos fuentes de voltaje a 12V, una resistencia de 1K ohm y otra de 10K ohm, y un generador de señal. La ilustración 1 muestra el diagrama del circuito que se utilizará.

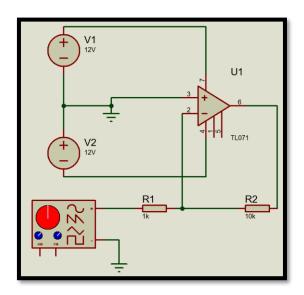


Ilustración 3 Amplificador inversor

Una vez armado el circuito, se introducirá una señal senoidal con 1 Vpp a una frecuencia de 1 kHz en la entrada del circuito (Vi). Luego, se utilizará un osciloscopio para observar la magnitud del voltaje pico a pico de entrada en el canal 1 y el voltaje de salida en el canal 2. Al comparar la fase, se puede notar la inversión de la señal de salida con respecto a la entrada.

Después, se determinará la ganancia del circuito y se graficarán las formas de onda obtenidas. La ganancia se puede calcular utilizando la fórmula G = -R2 / R1, donde R1 es la resistencia de entrada y R2 es la resistencia de retroalimentación. En este caso, R1 es la resistencia de 1K ohm y R2 es la resistencia de 10K ohm.

La práctica de Amplificador Inversor permite entender cómo funciona el amplificador operacional TL071 en un circuito básico y cómo se puede utilizar para generar una señal inversa a la señal de entrada. También se aprende a utilizar un osciloscopio para medir la magnitud de los voltajes y graficar las formas de onda obtenidas.

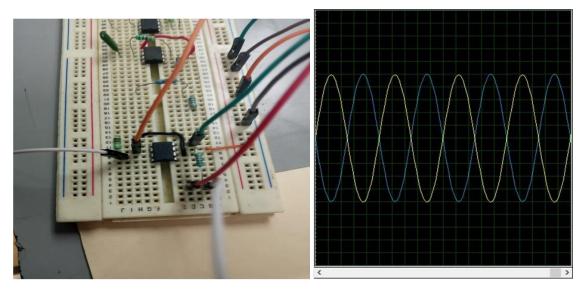


Ilustración 4 Circuito de Amplificador Inversor

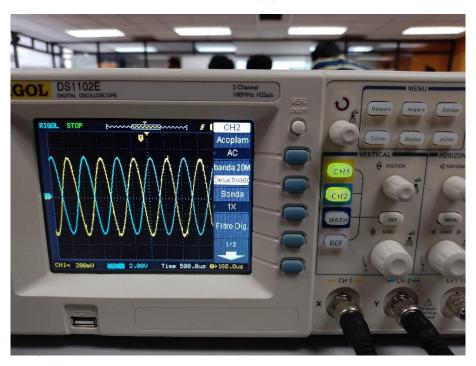
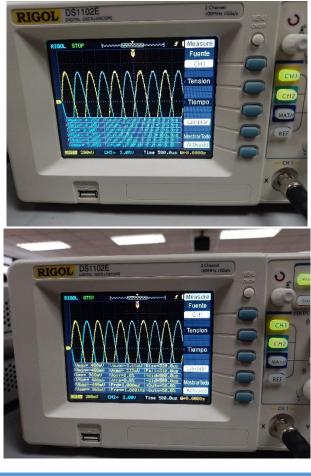


Ilustración 5 Osciloscopio del Amplificador Inversor

 $200 \, mV/div \, canal \, 1$   $2 \, V/div \, canal \, 2$   $500 \, \mu seg/div$ 



	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1 V	-10 V	10
Practico	0.98 V	-9.8 V	-10

Tabla 1 Tabla de valores Amplificador Inversor

#### Amplificador no Inversor

En esta sección, se trabajará con el Amplificador no Inversor, una configuración básica que utiliza un amplificador operacional para generar una señal de salida que es igual a la señal de entrada, pero amplificada.

Para armar el circuito, se utilizará el amplificador operacional TL071, dos fuentes de voltaje a 12V, una resistencia de 1K ohm y otra de 10K ohm, y un generador de señal. La ilustración 5 muestra el diagrama del circuito que se utilizará.

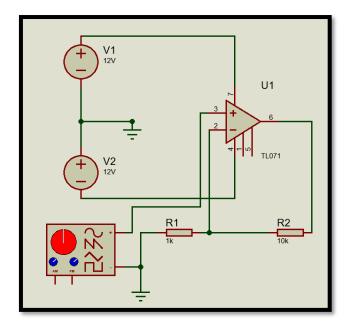


Ilustración 6 Amplificador no Inversor

Una vez armado el circuito, se introducirá una señal senoidal con 1 Vpp a una frecuencia de 1 kHz en la entrada del circuito (Vi). Luego, se utilizará un osciloscopio para medir el voltaje de entrada en el canal 1 y el voltaje de salida en el canal 2. Al comparar las fases, se puede notar que la señal de salida está en fase con la señal de entrada.

Para determinar la ganancia del amplificador, se utilizará la fórmula G = 1 + (R2 / R1), donde R1 es la resistencia de entrada y R2 es la resistencia de retroalimentación. En este caso, R1 es la resistencia de 1K ohm y R2 es la resistencia de 10K ohm.

Es importante destacar que la ganancia del Amplificador no Inversor es mayor que 1, lo que significa que la señal de salida está amplificada con relación a la señal de entrada.

Finalmente, se graficarán las formas de onda obtenidas. Al igual que en la sección anterior, se utilizará el osciloscopio para medir la magnitud de los voltajes y se graficarán las formas de onda obtenidas.

La práctica de Amplificador no Inversor permite entender cómo funciona el amplificador operacional TL071 en una configuración básica que amplifica la señal de entrada. También se aprende a utilizar un osciloscopio para medir la magnitud de los voltajes y graficar las formas de onda obtenidas.

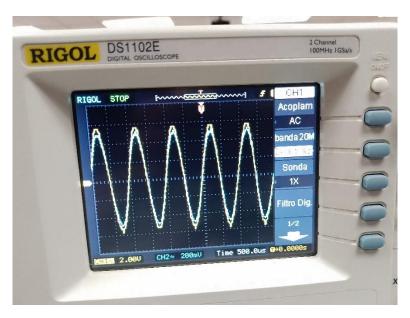


Ilustración 7 Osciloscopio del Amplificador no Inversor

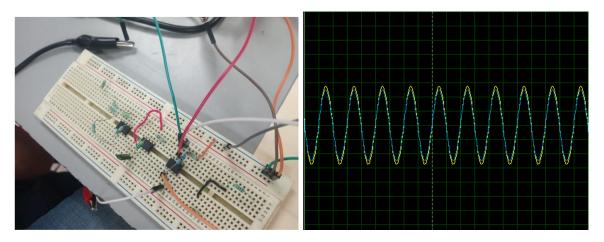


Ilustración 8 Amplificador no Inversor

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1	11	11
Practico	1.02	11.2	10.981

Tabla 2 Tabla de valores Amplificador no Inversor

200 mV/div canal 1
2 V/div canal 2
500 µseg/div

Para esta parte de la práctica, se debe aumentar la amplitud de la señal de entrada gradualmente hasta que se observe la saturación de la salida. Esto significa que la señal de salida alcanza su valor máximo y no puede seguir amplificándose.

Es importante tener en cuenta que la saturación puede ser positiva o negativa, dependiendo de la configuración del circuito. Por lo tanto, se deben anotar los valores positivos y negativos máximos de la señal de salida.

Al observar la saturación de la señal de salida, se puede entender cómo se comporta el amplificador operacional TL071 en condiciones de límite. Esto es útil para determinar el rango de operación del amplificador y evitar posibles daños al circuito.

	V sat (+)	V sat (-)
Teórico	11	-11
Practico	11.2	-10.8

Tabla 3 Tabla de valores Amplificador no Inversor  $(V_{sat})$ 

#### Seguidor de Voltaje.

En esta parte de la práctica, se realizará una comprobación del funcionamiento del seguidor de voltaje mediante mediciones de voltaje de entrada y salida. Para ello, se construirá el siguiente circuito, el cual contiene un amplificador operacional TL071, dos fuentes de voltaje a 12V y un generador de señal:

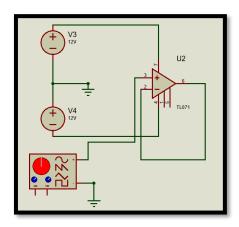


Ilustración 9 Seguidor de Voltaje.

Luego, se introducirá una señal senoidal con una amplitud de 5Vpp y una frecuencia de 1kHz en la entrada del circuito (Vi). Se observará la magnitud del voltaje de entrada en el canal 1 del osciloscopio y en el canal 2 se medirá la señal de salida. Es importante comparar la fase de ambas señales y dibujar las formas de ondas obtenidas.

Se debe prestar especial atención al comportamiento de la señal de salida, ya que el seguidor de voltaje se caracteriza por tener una ganancia de voltaje de 1 y seguir la misma forma de onda que la señal de entrada. Por lo tanto, la señal de salida debe ser una réplica exacta de la señal de entrada pero sin ninguna ganancia adicional.

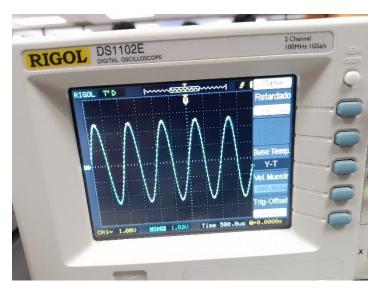


Ilustración 10 Osciloscopio del Seguidor de Voltaje.

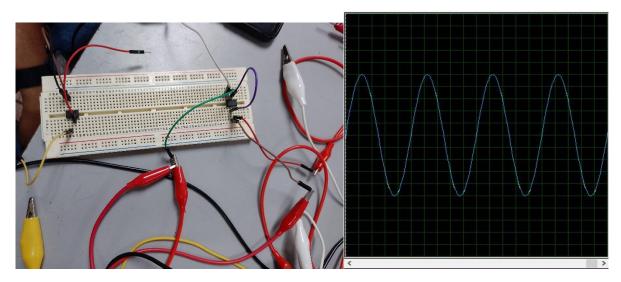


Ilustración 11 Protoboard de Seguidor de Voltaje.

Además, se puede realizar una prueba adicional para comprobar el comportamiento del seguidor de voltaje. Consiste en aplicar una señal senoidal de 5Vpp y una frecuencia de 1kHz y observar la gráfica de transferencia en el osciloscopio en modo X-Y. Luego, se dibujará la gráfica de transferencia obtenida.

En conclusión, se debe construir el circuito del seguidor de voltaje, introducir una señal senoidal en la entrada, observar la magnitud del voltaje de entrada y salida en el osciloscopio, comparar la fase y dibujar las formas de onda obtenidas. Además, se puede realizar una prueba adicional para comprobar el comportamiento del seguidor de voltaje mediante la gráfica de transferencia obtenida en el osciloscopio en modo X-Y.

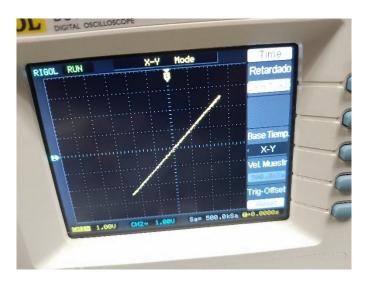


Ilustración 12 Seguidor de Voltaje modo x-y

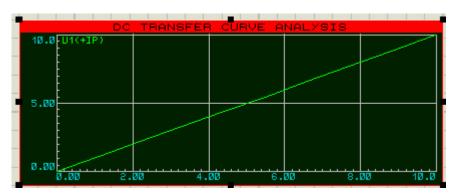


Ilustración 13 Seguidor de Voltaje.

	Entrada	Salida
Teórico	5V	5V
Practico	5.08 V	5.08 V

Tabla 4 Tabla de valores Seguidor de Voltaje.

1 V/div canal 1

1 V/div canal 2

 $500~\mu seg/div$ 

#### Amplificador Sumador.

El Amplificador Sumador es un circuito electrónico que permite sumar dos o más señales de entrada de manera lineal. Para construir este circuito se requiere un amplificador operacional, en este caso el lm741, así como varias resistencias y dos fuentes de voltaje de 12 volts.

Una vez construido el circuito, se debe proceder a medir los diferentes voltajes de entrada (V1 y V2) y el voltaje de salida (V0) utilizando un voltímetro. Para obtener los valores teóricos necesarios para llenar la tabla de resultados,.

En este circuito en particular, se utilizan una resistencia de 1K ohm, dos resistencias de 100K ohm, una resistencia de 560K ohm, una resistencia de 560 ohm y una resistencia de 15K ohm. Al introducir señales de entrada en el circuito, se pueden obtener diferentes valores de voltaje en cada punto, los cuales se deben medir y registrar en la tabla correspondiente.

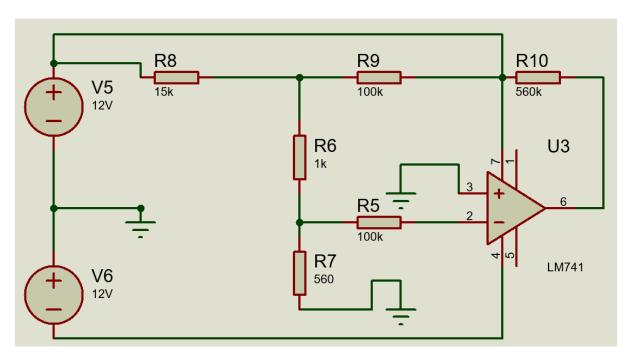


Ilustración 14 Amplificador Sumador.

En la práctica realizada, se construyó un circuito amplificador sumador utilizando un amplificador operacional LM741 y diversos componentes electrónicos como resistencias y fuentes de voltaje. El objetivo de la práctica fue medir los diferentes voltajes de entrada (V1 y V2) y el voltaje de salida (V0) utilizando un multímetro, y llenar una tabla con los resultados teóricos y experimentales obtenidos. Para realizar los cálculos teóricos, se utilizaron las fórmulas correspondientes al circuito sumador y se tomaron en cuenta las características de los componentes utilizados en la construcción del circuito. La práctica permitió al estudiante familiarizarse con el uso de amplificadores operacionales y la realización de mediciones eléctricas en circuitos electrónicos.

	V1	V2	V0
Teórico	1.1 V	0.4 V	8.4 V

**Practico** 1.11 ∨ 0.4 ∨ 8.31 ∨

Tabla 5 Tabla de valores Amplificador Sumador.

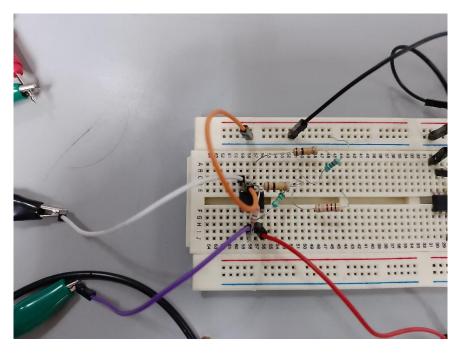


Ilustración 15 Protoboard del Amplificador Sumador.

#### Amplificador Sustractor.

Para el circuito de Amplificador Sustractor, se deben medir los voltajes de entrada (V1 y V2) y el voltaje de salida (V0) utilizando un voltímetro. Luego, se debe completar una tabla con los valores teóricos obtenidos a partir de los cálculos necesarios. El circuito está compuesto por un amplificador operacional LM741, dos fuentes de voltaje de 12 volts, dos resistencias de 1K ohm, dos resistencias de 150K, dos resistencias de 100K y una resistencia de 2.2K. El objetivo es obtener la diferencia entre los voltajes de entrada y la tabla teórica ayudará a

#### verificar el correcto funcionamiento del circuito.

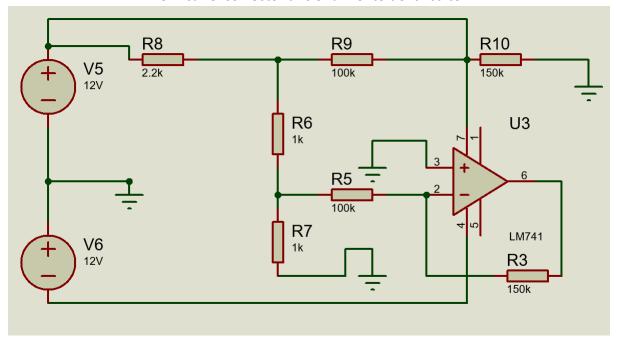


Ilustración 16 Amplificador Sustractor.

	V1	V2	V0
Teórico	2.85 V	5.71 V	4.29 V
Practico	2.85 V	5.68 V	4.32 V

Tabla 6 Tabla de valores Amplificador sustractor

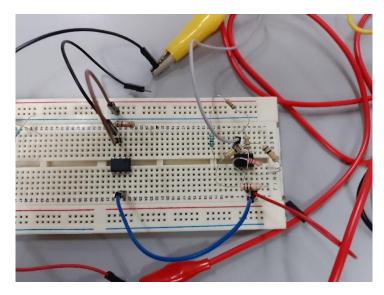


Ilustración 17 Protoboard del Amplificador Sustractor.

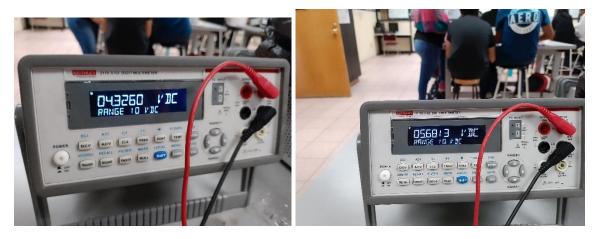


Ilustración 18 Valores medido del Amplificador Sustractor.

#### Integrador

Para realizar la práctica de Integrador, se debe construir el circuito indicado en la figura proporcionada. Luego, se debe introducir una señal cuadrada de 1Vpp a una frecuencia de 1KHz en el voltaje de entrada y medir la señal en el canal 1 y en el canal 2, colocando la señal de salida en este último. Es importante tomar nota de las formas de onda obtenidas tanto de la señal de entrada como de la de salida. El circuito está compuesto por un amplificador operacional tl071, dos fuentes de voltaje de 12V, una resistencia de 1K ohm, una resistencia de 10K y un generador de señal.

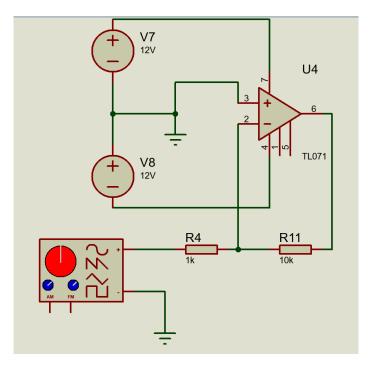


Ilustración 19 Integrador

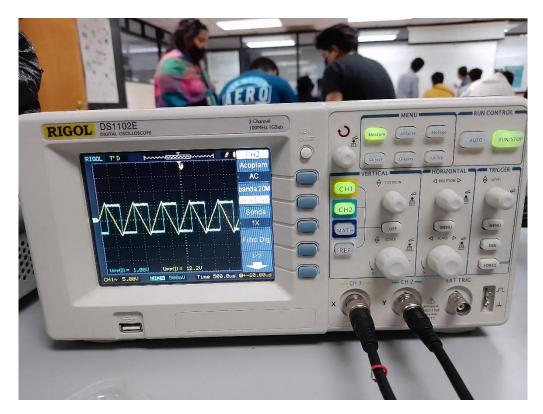


Ilustración 20 osciloscopio del Integrador

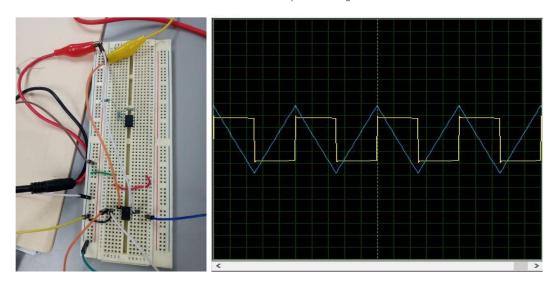


Ilustración 21 Protoboard del Integrador.

$$5\frac{V}{div}canal\ 1$$

$$500\ \frac{mV}{div}canal\ 2$$

$$500\ \mu \frac{seg}{div}$$

# Derivador

A continuación, se describe el procedimiento para la práctica del circuito Derivador:

Se construye el circuito de la figura proporcionada, el cual consta de dos fuentes de voltaje a 12V, una resistencia de 220K, dos capacitores de 0.50 pF y un generador de señal.

Se introduce una señal triangular con una amplitud de 1Vpp y una frecuencia de 1kHz en la entrada del circuito. Se mide el voltaje de entrada en el canal 1 del osciloscopio y el voltaje de salida en el canal 2, dibujando las formas de onda obtenidas tanto de la entrada como de la salida.

Es importante destacar que el objetivo de la práctica es comprobar el funcionamiento del circuito Derivador, el cual se utiliza para obtener la derivada de una señal de entrada. Al aplicar una señal triangular en la entrada, se espera que la señal de salida represente la derivada de la señal de entrada.

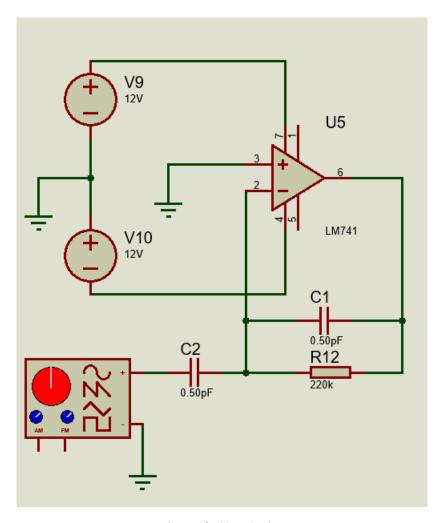


Ilustración 22 Derivador

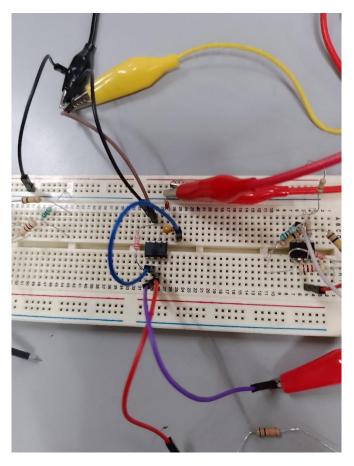


Ilustración 23 Protoboard del Derivador

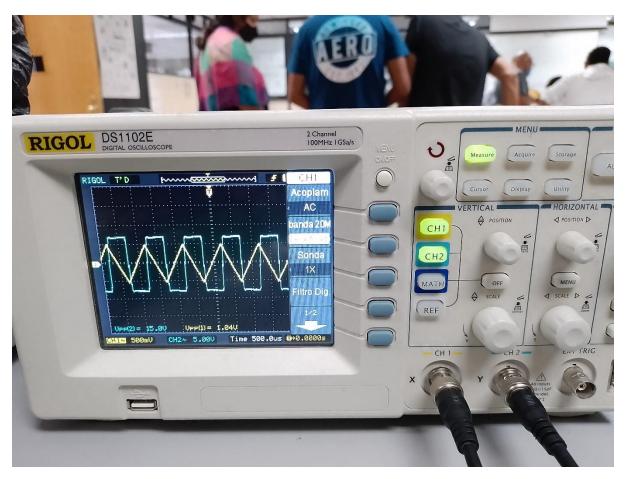


Ilustración 24 Osciloscopio del Derivador

$$500 \frac{mV}{div} canal \ 1$$
$$5 \frac{V}{div} canal \ 2$$

$$500\,\mu\frac{seg}{div}$$

#### VI. Análisis teórico.

Realizar el análisis teórico de todos los circuitos anteriores.

• Amplificador Inversor

Como datos de entrada tenemos que  $V_{pp}=1V$ Sabemos que  $V_i=V_p$  por lo tanto  $V_i=0.5~V$ 

Tenemos que el voltaje diferencial es 0, es decir,  $V_d=0$ 

Pero tenemos que  $V_d = V_y - V_x$ 

Esto implica que  $V_y - V_x = 0 \Rightarrow V_y = V_x$ 

Analizando el circuito, podemos ver que  $V_y = 0 V \Rightarrow V_x = 0V$ 

Como  $V_x = 0$ , en el nodo  $I_i = I_f$ 

Por divisor de voltaje tenemos que

$$I_i = \frac{v_i - v_x}{R_i} = \frac{v_i}{R_i}$$

$$I_f = \frac{V_x - V_o}{R_f} = \frac{-V_o}{R_f}$$

Por lo tanto

$$\frac{V_i}{R_i} = \frac{-V_o}{R_f}$$

De esta ecuación podemos tener lo siguiente

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_f}{R_i}$$

Podemos despejar Vo

$$V_o = \frac{-R_f V_i}{R_i} = \frac{-10k(0.5)}{1k} = -5V$$

Para la ganancia usamos la siguiente fórmula

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} = \frac{-10k}{1k} = -10$$

Podemos también calcular las corrientes

$$I_{l} = \frac{0.5}{1k} = 0.5 \, mA$$

$$I_{f} = \frac{-V_{o}}{R_{f}} = \frac{-5}{10k} = -0.5 \, mA$$

• Amplificador no inversor

Como datos de entrada tenemos que  $V_{pp} = 1V$ Sabemos que  $V_i = V_p$  por lo tanto  $V_i = 0.5 V$ 

Analizando el circuito vemos que  $V_l = V_y$ Por divisor de voltaje tenemos que

$$V_i = \frac{R_i V_o}{R_i + R_f}$$

Desejando Vo

$$V_o = \frac{V_i(R_i + R_f)}{R_i} = \frac{(0.5)(1k + 10k)}{1k} = 5.5 V$$

Para la ganancia tenemos

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5.5}{0.5} = 11$$

Podemos calcular las corrientes

$$I_{l} = \frac{0 - V_{x}}{R_{l}} = \frac{-V_{x}}{R_{l}} = \frac{-V_{l}}{R_{l}} = \frac{-0.5}{1k} = -0.5 \text{ mA}$$

$$I_{f} = \frac{V_{x} - V_{o}}{R_{f}} = \frac{V_{l} - V_{o}}{R_{f}} = \frac{0.5 - 5.5}{10k} = -0.5 \text{ mA}$$

• Amplificador sumador

$$V1 = \frac{(1K + 560)(12)}{15K + 1K + 560} = 1.1V$$

$$V2 = \frac{(560)(!2)}{15K + 1K + 560} = 0.40V$$

$$V0 = -(\frac{Rf}{Ri})(V1 + V2) = -(\frac{560k}{100k})(1.1V + 0.4V) = -8.4V$$

• Amplificador sustractor

Primero calculamos V1 y V2 mediante divisor de voltaje

$$V_1 = \frac{V_l(1K + 1K)}{1K + 1K + 2.2K}$$
$$V_1 = \frac{(12)(2000)}{4200} = 5.7 V$$

$$V_2 = \frac{V_i(1K)}{1K + 1K + 2.2K}$$
$$V_2 = \frac{(12)(1000)}{4200} = 2.9 V$$

Finalmente, obtenemos la salida con la ecuación:

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} (V_{(+)} - V_{(-)})$$

$$V_0 = \frac{150K}{100K} (5.7 - 2.9) = 4.2 V$$

Integrador

La expresión para esta configuración se muestra a continuación:

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int_0^T V_i(t) dt$$

Pero la entrada es un pulso, por lo que se reduce a:

$$V_o = -\frac{V_l}{RC}(t)|_0^T$$

Primero evaluamos de 0 a 500µs

$$V_0 = -\frac{0.5}{(10K)(0.0022x10^{-6})}(t)|_0^{500x10^{-6}} = -11.4V$$

Ahora de 500µs a 1ms

$$V_o = -\frac{(-0.5)}{(10K)(0.0022x10^{-6})}(t)|_{500x10^{-6}}^{1x10^{-3}} = 11.4 V$$

#### Derivador

La expresión para esta configuración se muestra a continuación:

$$V_o = -RC \frac{dV_i(t)}{dt}$$

La entrada es triangular, por lo que, por un periodo, la función de voltaje es una recta con pendiente positiva, y otra con pendiente negativa:

$$V_o = -RC\frac{d}{dt}(1000 * t)$$

La derivada queda así:

$$V_o = -RC(1000)$$

Primero evaluamos cuando la pendiente es negativa

$$V_0 = -(220K)(0.01x10^{-6})(-1000) = 2.2 V$$

Ahora cuando la pendiente es positiva

$$V_o = -(220K)(0.01x10^{-6})(1000) = -2.2 V$$

# VII. Análisis simulado

Realizar el análisis simulado de todos los circuitos anteriores.

#### **AMPLIFICADOR INVERSOR**

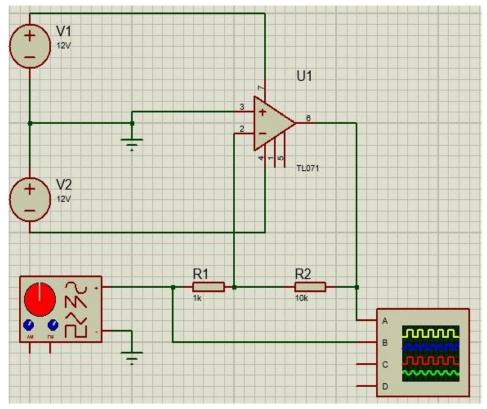


Ilustración 25 CIRCUITO DEL AMPLIFICADOR INVERSOR

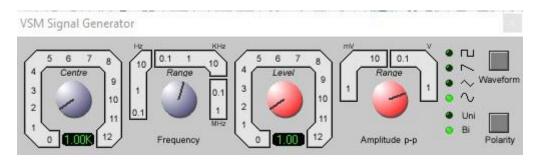


Ilustración 26 Valores del generador de señal

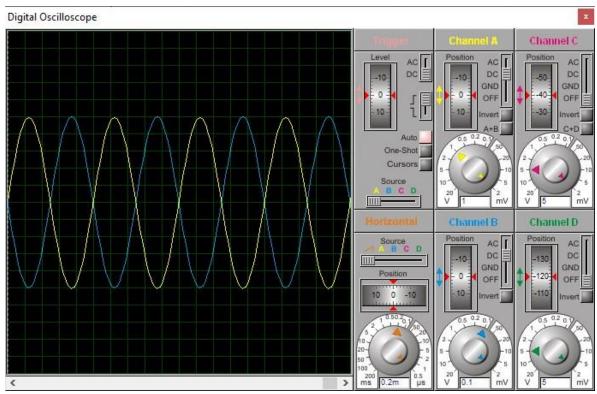


Ilustración 27 Osciloscopio AMPLIFICADOR INVERSOR

#### AMPLIFICADOR NO INVERSOR

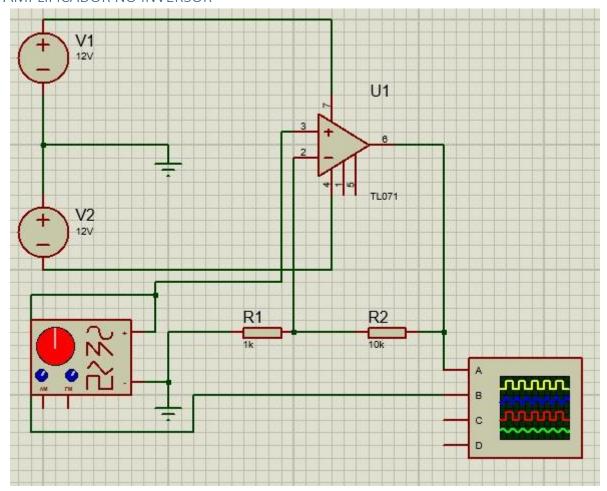


Ilustración 28 CIRCUITO DEL AMPLIFICADOR NO INVERSOR

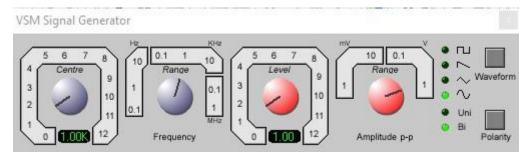


Ilustración 29 Valores del generador de señal

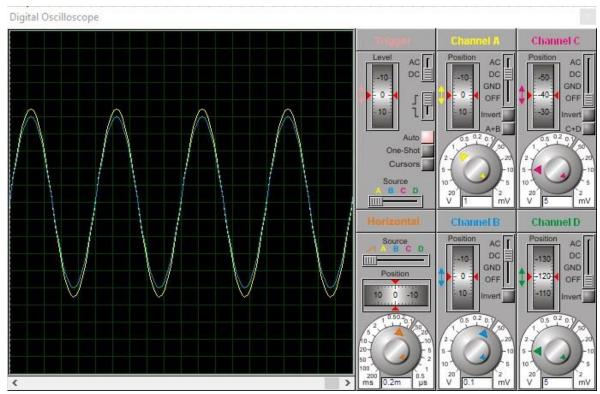


Ilustración 30 Osciloscopio AMPLIFICADOR NO INVERSOR

## SEGUIDOR DE VOLTAJE

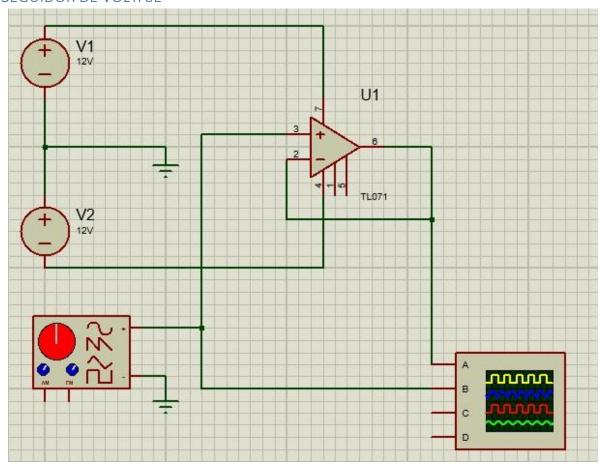


Ilustración 31 CIRCUITO DEL SEGUIDOR DE VOLTAJE

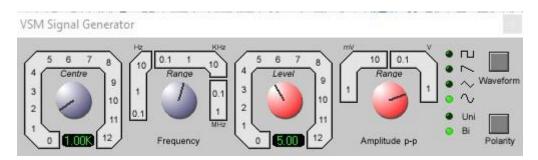


Ilustración 32 Valores del generador de señal

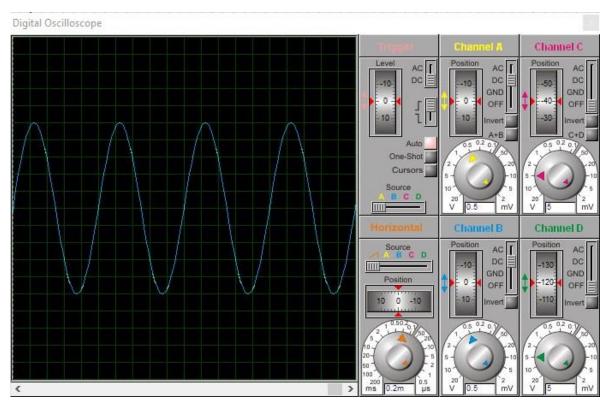


Ilustración 330osciloscopio de SEGUIDOR DE VOLTAJE

#### **AMPLIFICADOR SUMADOR**

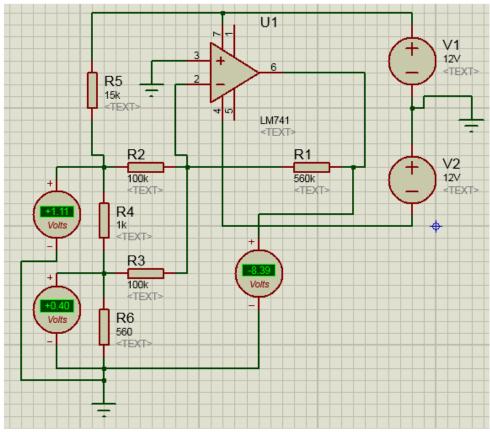


Ilustración 34 AMPLIFICADOR SUMADOR

# AMPLIFICADOR SUSTRACTOR

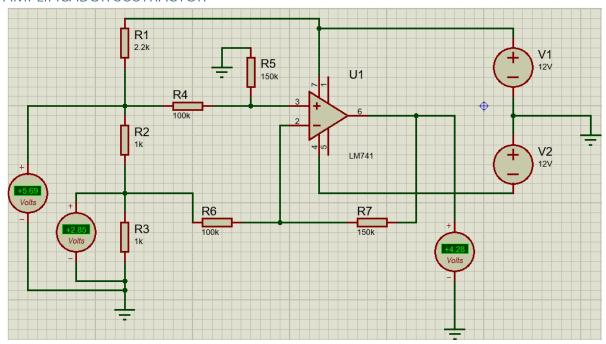


Ilustración 35 AMPLIFICADOR SUSTRACTOR

#### AMPLIFICADOR INTEGRADOR

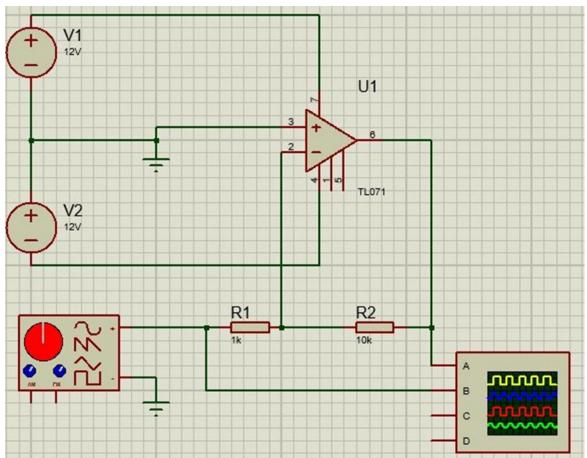


Ilustración 36 CIRCUITO DEL AMPLIFICADOR INTEGRADOR

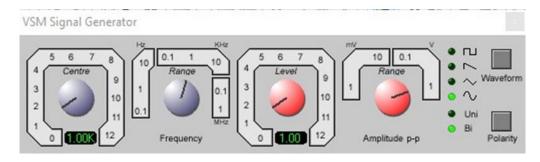


Ilustración 37 Valores del generador de señal

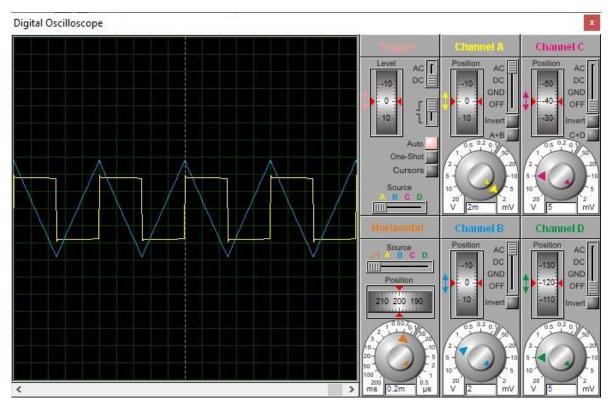


Ilustración 38 Osciloscopio del AMPLIFICADOR INTEGRADOR

# AMPLIFICADOR DERIVADOR

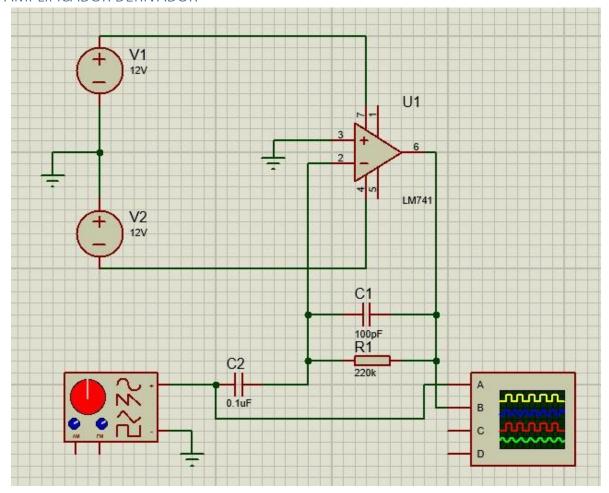


Ilustración 39 CIRCUITO DEL AMPLIFICADOR DERIVADOR

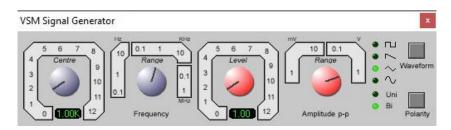


Ilustración 40 Valores del generador de señal

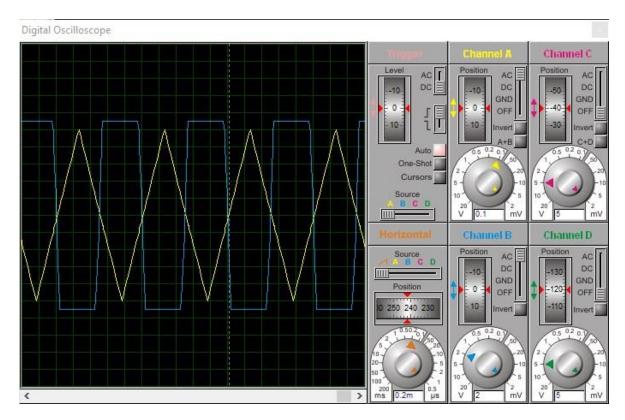


Ilustración 41 Osciloscopio del AMPLIFICADOR DERIVADOR

# VIII. Comparación de los resultados teóricos, prácticos y simulados.

Analizar todos los valores y dar una explicación de las variaciones o diferencias que existan en el valor obtenido tanto en lo teórico, simulado y práctico.

Realizar el análisis simulado de todos los circuitos anteriores.

#### **AMPLIFICADOR INVERSOR**

Tabla de Valores Amplificador Inversor

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1 V	-10 V	10
Practico	0.98 V	-9.8 V	-10
Simulado	1 V	-10 V	10

Tabla 7 Tabla de Valores Amplificador Inversor

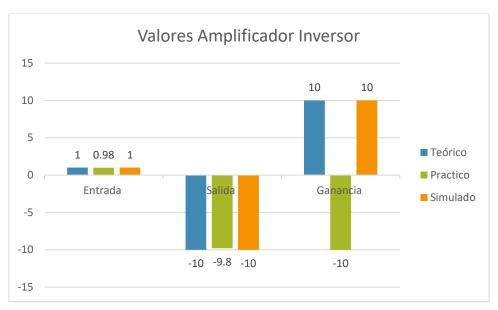


Ilustración 42 Valores Amplificador Inversor

#### AMPLIFICADOR NO INVERSOR

Tabla de Valores Amplificador no Inversor

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1 V	11 V	11
Practico	1.02 V	11.2 V	10.981
Simulado	1 V	11 V	11

Tabla 8 Tabla de Valores Amplificador no Inversor

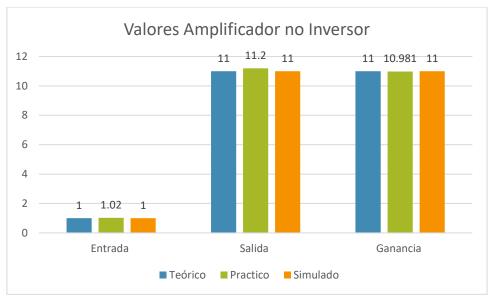


Ilustración 43 Valores Amplificador no Inversor

Tabla de Valores Amplificador no Inversor(V sat)

	V sat (+)	V sat (-)
Teórico	<b>11</b> V	-11 V
Practico	11.2 V	-10.8 V
Simulado	<b>11</b> V	-11 V

Tabla 9 Valores Amplificador no Inversor(V sat)

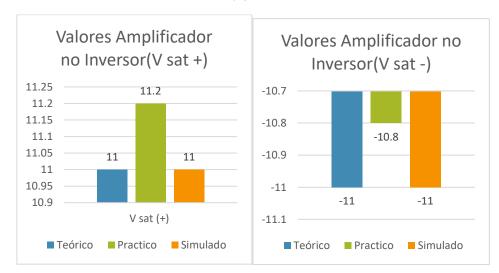


Ilustración 44 Valores Amplificador no Inversor(V sat)

#### SEGUIDOR DE VOLTAJE

Tabla de Valores Seguidor de Voltaje.

	Entrada	Salida
Teórico	5 V	5 V
Practico	5.08 V	5.08 V
Simulado	5 V	5 V

Tabla 10 Tabla de Valores Seguidor de Voltaje.

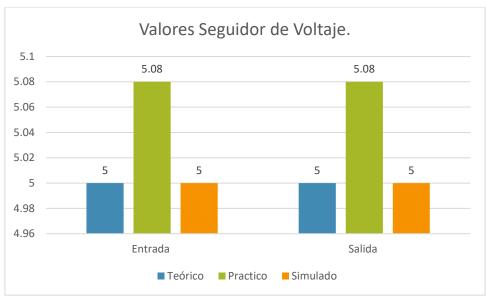


Ilustración 45 Valores Seguidor de Voltaje.

#### **AMPLIFICADOR SUMADOR**

Tabla de Valores Amplificador Sumador.

	V1	V2	V0
Teórico	1.1 V	0.4 V	8.4 V
Practico	1.11 V	0.4 V	8.31 V
Simulado	1.1 V	0.4 V	8.4 V

Tabla 11 Tabla de Valores Amplificador Sumador

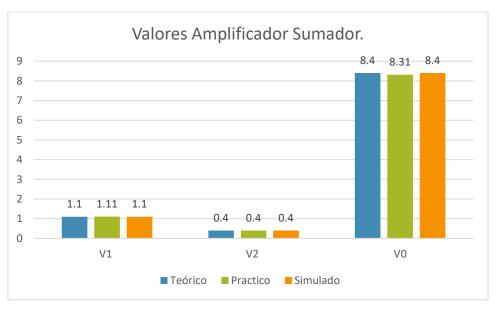


Ilustración 46 Valores Amplificador Sumador

#### AMPLIFICADOR SUSTRACTOR

Tabla de Valores Amplificador Sustractor

	V1	V2	V0
Teórico	2.85 V	5.71 V	4.29 V

Practico	2.85 V	5.68 V	4.32 V
Simulado	2.85 V	5.71 V	4.29 V

Tabla 12 Tabla de Valores Amplificador Sustractor

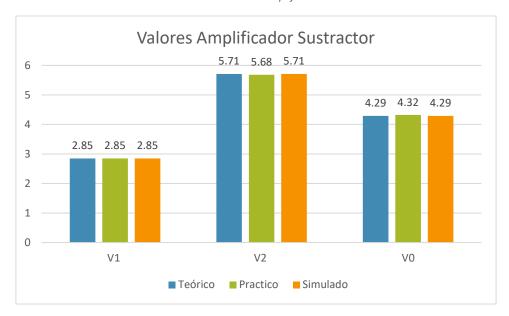


Ilustración 47 Valores Amplificador Sustractor

#### IX. Cuestionario

• ¿Qué representa el signo negativo en los circuitos: inversor, sumador, derivador e integrador?

Representa el desfasamiento entre las tensiones de entrada y de salida, esto se hace para evitar que el amplificador entre en saturación y reduzca la ganancia general del mismo.

• Explica porque existe una diferencia entre el voltaje de salida teórico y práctico de los circuitos sumador y restador.

Porque el teórico sólo se aproxima al práctico ya que en el divisor de voltaje existe una ligera caída de tensión provocada por la resistencia de 100k ohms, dicha caída solo se puede notar al momento de armar el circuito y medirlo.

• ¿Qué función tiene el circuito seguidor de voltaje?

Actúa como un buffer. Tiene la función de acoplar las tensiones de entrada y salida; por ejemplo, cuando un circuito tiene una impedancia muy alta de entrada y se requiere que se extraiga muy poca corriente de este.

• ¿Cuál es la finalidad de agregarle una resistencia en paralelo al capacitor en el integrador y un capacitor en paralelo a la resistencia del derivador?

En el circuito integrador, si la señal de entrada es de corriente directa, se satura y ya no se integra, por tanto, para controlarlo, se agrega la resistencia en paralelo al capacitor para limitar la ganancia en corriente directa del integrador.

En el caso del derivador, sabemos que éste es proporcional a la frecuencia de la señal de entrada. Si hubiese ruido a la entrada, habría una frecuencia más alta comparado con la señal a derivar; esto causaría que pequeños valores de ruido aparezcan a la salida mucho más grandes. Para controlar esto, se coloca en la entrada una resistencia en serie con el capacitor y un capacitor en paralelo con la resistencia de retroalimentación. Esto reduce la tendencia a oscilar del circuito

#### X. Conclusiones

#### García Quiroz Gustavo Ivan

En conclusión, los amplificadores son dispositivos electrónicos que permiten aumentar la amplitud de una señal eléctrica. Entre los diferentes tipos de amplificadores que se pueden utilizar, se encuentran el amplificador inversor, el no inversor, el seguidor de voltaje, el sumador, el sustractor, el integrador y el derivador.

El amplificador inversor tiene una ganancia negativa y su voltaje de salida es opuesto al voltaje de entrada. Por otro lado, el amplificador no inversor tiene una ganancia positiva y su voltaje de salida es igual al voltaje de entrada.

El seguidor de voltaje, también conocido como amplificador de buffer, tiene una ganancia cercana a 1 y se utiliza para evitar que una señal de entrada afecte negativamente a la carga.

El amplificador sumador permite sumar dos o más señales de entrada y obtener una señal de salida amplificada que es la suma de las señales de entrada.

El amplificador sustractor permite restar dos señales de entrada y obtener una señal de salida amplificada que es la diferencia entre las señales de entrada.

El amplificador integrador es un circuito que permite obtener la integral de una señal de entrada, lo que significa que su voltaje de salida es proporcional a la integral de la señal de entrada.

Finalmente, el amplificador derivador es un circuito que permite obtener la derivada de una señal de entrada, lo que significa que su voltaje de salida es proporcional a la derivada de la señal de entrada.

#### Ramírez Juárez Arturo Yamil

La realización de esta práctica es de gran importancia para adquirir conocimientos prácticos sobre el funcionamiento y las aplicaciones de los amplificadores operacionales. Estas configuraciones básicas, junto con otras más complejas, permiten amplificar señales de entrada, realizar operaciones matemáticas avanzadas y diseñar circuitos electrónicos funcionales y efectivos.

En particular, el amplificador operacional TL071 desempeña un papel destacado en esta práctica y en la electrónica en general. Este componente ampliamente utilizado ofrece una amplificación precisa y de alta calidad, una respuesta de frecuencia amplia, baja corriente de polarización y bajo ruido. Gracias a su versatilidad en diferentes configuraciones de circuitos, se convierte en una opción flexible para una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de audio profesional hasta sistemas de control de procesos.

El TL071 continúa siendo relevante en la actualidad debido a su disponibilidad en el mercado a un precio asequible, lo que lo hace accesible tanto para profesionales como para aficionados a la electrónica. Su uso continuo en la electrónica moderna demuestra su confiabilidad y eficacia en diversas áreas, lo que lo convierte en un componente esencial en el diseño y la construcción de sistemas electrónicos.

#### Santiago Gama Jorge Fabrizio

En conclusión, la práctica sobre configuraciones básicas con amplificadores operacionales ha sido una experiencia enriquecedora que nos ha permitido explorar y comprender las diferentes aplicaciones de estos versátiles dispositivos en la electrónica analógica. A través de la construcción y análisis de los circuitos del Amplificador Inversor, Amplificador no Inversor, Seguidor de Voltaje, Amplificador Sumador y Amplificador Sustractor, hemos podido apreciar las características y el comportamiento de cada configuración, así como su utilidad en diversas situaciones.

Uno de los aspectos destacados de esta práctica ha sido el aprendizaje de la importancia de la ganancia y la fase en los amplificadores operacionales. En el Amplificador Inversor, por ejemplo, pudimos observar cómo la señal de salida es inversa a la señal de entrada, y la ganancia está determinada por la relación de resistencias. Por otro lado, en el Amplificador no Inversor, la señal de salida es en fase con la señal de entrada, y la ganancia está determinada por la relación de resistencias y la ganancia de lazo abierto del amplificador operacional.

El Seguidor de Voltaje, también conocido como buffer, nos permitió comprender la importancia de la alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida de esta configuración. Esto resulta útil en situaciones donde se requiere evitar la carga de la fuente de señal y mantener una señal limpia y fiel a la original.

La configuración del Amplificador Sumador fue especialmente interesante, ya que nos permitió combinar varias señales de entrada en una única señal de salida. Esto es útil en aplicaciones donde se necesitan realizar operaciones matemáticas simples, como sumas o promedios, de múltiples señales, por otra parte, el Amplificador Sustractor, por su parte, nos permitió realizar operaciones de resta entre dos señales de entrada, siendo especialmente útil en aplicaciones de cancelación de ruido o eliminación de componentes no deseados.

Durante el desarrollo de la práctica, también pudimos apreciar la importancia de considerar las limitaciones de los amplificadores operacionales, como la saturación, la distorsión y la respuesta en frecuencia. Estas limitaciones pueden afectar la calidad y precisión de la señal amplificada, por lo que es importante tenerlas en cuenta al diseñar y utilizar estos circuitos.

Esta práctica sobre configuraciones básicas con amplificadores operacionales nos ha permitido adquirir conocimientos fundamentales sobre el funcionamiento y las aplicaciones de estos dispositivos. Hemos explorado las configuraciones más comunes y comprendido cómo cada una de ellas puede ser utilizada de manera efectiva en diferentes situaciones. Además, hemos adquirido habilidades prácticas al construir y analizar físicamente los circuitos, lo que nos ha brindado una comprensión más completa y concreta de los conceptos teóricos.

Estas configuraciones básicas con amplificadores operacionales sientan las bases para un estudio más profundo de la electrónica analógica y son la puerta de entrada a aplicaciones más avanzadas y complejas. Es importante seguir explorando y experimentando con diferentes configuraciones y circuitos para ampliar nuestros conocimientos y desarrollar habilidades prácticas en el campo de la electrónica.

# XI. Bibliografía

- García-Arias, P. (2015). Transistores BJT. 30/04/2023, de ResearchGate Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/312467827 Transistores BJT
- Anónimo. (s/f). Tema 6. Transistores. 30/04/2023, de Universidad Rey Juan Carlos Sitio web: https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/Tema6\_IEE\_Transistor es completo.pdf
- LeDuc, J. (2017). Conceptos básicos de transistores PNP y NPN. 28/11/2020, de Digi-Key Sitio web:https://www.digikey.com.mx/es/articles/transistor-basics
- Boylestad, Robert L.. (1991). Análisis Introductorio de circuitos. México: trillas.
- Pablo Andres Salinas Rojas. (2008). Manual de uso de programa de diseño de circuitos y simulación PROTEUS. 01/05/2023, de SENA Sitio web: http://www.tecnica1lomas.com.ar/tutoriales/manual- proteus.pdf
- Lawrence P. Huelsman. (1998). Teoría de Circuitos. México: Prentice Hall.
- Sanchis, E.. (2008). El Transistor Bipolar. 01/05/2023, de Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Sitio web: https://www.uv.es/~esanchis/cef/pdf/Temas/A\_T2.pd