

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA I
INFORME No. 2

**FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE
CORRIENTE DIRECTA**

Estudiante:
Caballero Burgoa, Carlos Eduardo.

Carrera:
Ing. Electromecánica.

Docente:
Ing. Alberto Arispe Santander.

Grupo: 1B.
Fecha de entrega: 5 de Noviembre del 2024.

Índice general

1.	Introducción	2
2.	Objetivos	2
3.	Transformador	2
3.1.	Simulación	3
3.2.	Laboratorio	3
4.	Rectificador	4
4.1.	Media onda	4
4.1.1.	Simulación	5
4.1.2.	Laboratorio	6
4.2.	Onda completa con derivación central	6
4.2.1.	Simulación	6
4.2.2.	Laboratorio	6
4.3.	Onda completa de puente	7
4.3.1.	Simulación	8
4.3.2.	Laboratorio	9
5.	Filtro	9
5.1.	Media onda	9
5.1.1.	Simulación	9
5.1.2.	Laboratorio	10
5.2.	Onda completa con derivación central	10
5.2.1.	Simulación	11
5.2.2.	Laboratorio	12
5.3.	Onda completa de puente	12
5.3.1.	Simulación	12
5.3.2.	Laboratorio	12
6.	Regulador de voltaje	12
6.1.	Diodo Zener	14
6.1.1.	Calculo de la resistencia limitadora	14
6.1.2.	Simulación	15
6.1.3.	Laboratorio	15
6.2.	Regulador L78XX	16
6.2.1.	Simulación	17
6.2.2.	Laboratorio	18
6.3.	Regulador L79XX	18
6.3.1.	Simulación	18
6.3.2.	Laboratorio	19
6.4.	Combinación de reguladores L78XX y L79XX	19

6.4.1.	Simulación	20
6.4.2.	Laboratorio	21
6.5.	Regulación variable con L78XX	21
6.5.1.	Simulación	21
6.5.2.	Laboratorio	23
7.	Conclusiones y Recomendaciones	23

1. Introducción

Todos los dispositivos electrónicos activos requieren una fuente de corriente directa (CD) constante que provenga de una batería o una fuente de alimentación. La **fuente de alimentación de CD** convierte el voltaje de corriente alterna (CA) estándar de 220[V] a 50[Hz] disponible en las tomas de corriente de pared en un voltaje de CD constante.

En la **figura 1** se muestra un diagrama de bloques básico de una fuente de alimentación completa.



Figura 1: Fuente de alimentación completa.

En general, el voltaje de linea de entrada de CA se reduce a un voltaje de CA más bajo con un **transformador**. Este cambia voltajes de CA con base en la relación de vueltas entre el primario y el secundario. Si éste tiene más vueltas que el primario, el voltaje de salida a través del secundario será más alto y la corriente será más pequeña. Si el secundario tiene menos vueltas que el primario, el voltaje de salida a través del secundario será más bajo y la corriente será más alta.

El **rectificador** puede ser de media onda o de onda completa, este convierte el voltaje de entrada de CA en un voltaje de CD pulsante.

El **filtro** elimina los rizos de voltaje en el rectificador y produce un voltaje de CD relativamente uniforme.

El **regulador** es un circuito que mantiene un voltaje de CD constante frente a las variaciones de voltaje de linea de entrada o de la carga. Los reguladores varían desde un dispositivo de un solo semiconductor hasta circuitos integrados mas complejos.

La **carga** es un circuito o dispositivo conectado a la salida de la fuente de alimentación y opera con el voltaje y la corriente de la fuente de alimentación [1].

2. Objetivos

- Verificar el comportamiento de los transformadores con derivación central.
- Verificar el comportamiento de los rectificadores de media onda y onda completa.
- Verificar el comportamiento de los rectificadores con filtro.
- Verificar el comportamiento de los reguladores de voltaje.

3. Transformador

A menudo se utiliza un transformador para acoplar el voltaje de entrada de ca proveniente de la fuente al rectificador. El acoplamiento por transformador ofrece dos ventajas:

- Permite que la fuente de voltaje se reduzca como sea necesario.
- La fuente de ca se aísla eléctricamente del rectificador, con lo que se evita el peligro de choques eléctricos en el circuito del secundario [1].

Se utilizará un transformador de 220[V] a 12[V] con derivación central de 1[A], con los voltajes descritos en la **figura 2**.

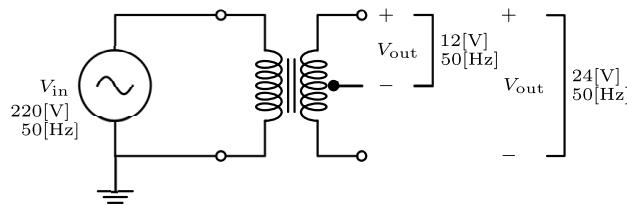


Figura 2: Voltajes de entrada y salida del transformador.

3.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación del transformador, este puede verse en la **figura 3**.

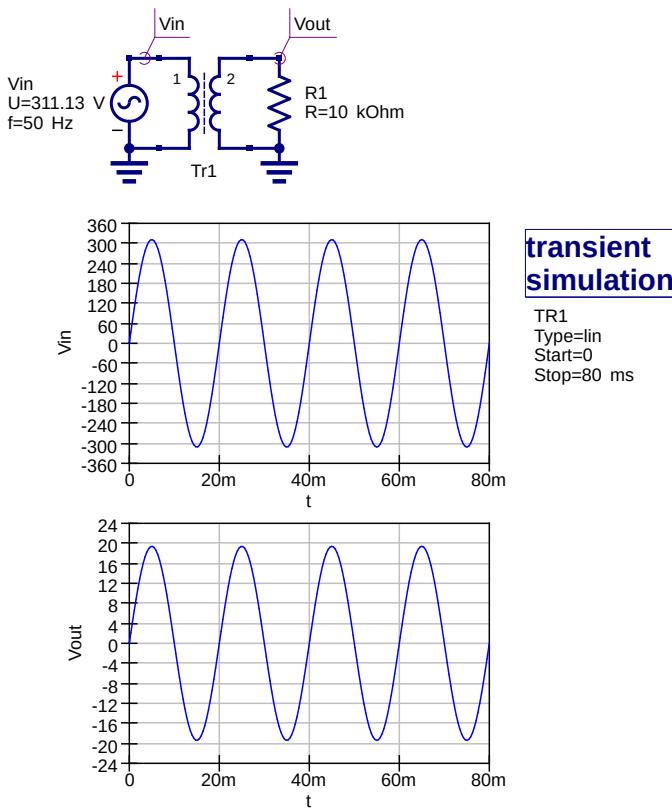


Figura 3: Simulación del transformador de 220[V] a 12[V].

3.2. Laboratorio

Para los experimentos se utilizó el transformador mostrado en la **figura 4**.

El transformador puede usarse para disponer de una salida de 12[V] o una de 24[V], según se utilicen dos de sus tres terminales, como puede verse en la **figura 5** y la **figura 6** respectivamente.

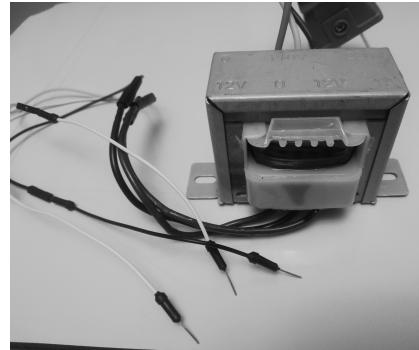


Figura 4: Transformador con derivación central.

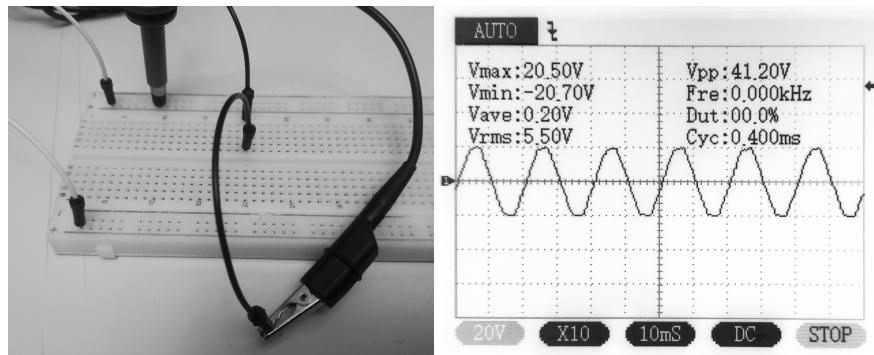


Figura 5: Señal de salida del transformador a 12[V].

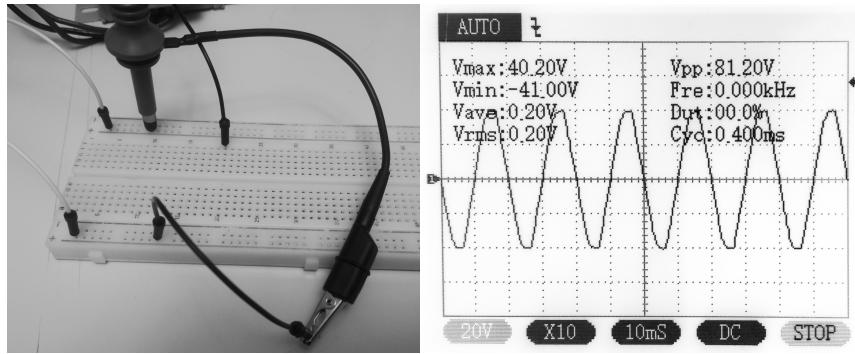


Figura 6: Señal de salida del transformador a 24[V].

4. Rectificador

La rectificación es el proceso de convertir una forma de onda de corriente alterna en una forma de onda de corriente continua (en este caso, variable) que tiene una sola polaridad.

4.1. Media onda

Considerando el circuito de la **figura 7**, se aprecia un bucle en serie que consiste en una fuente de onda sinusoidal conectada a un transformador; desde el transformador se conecta un diodo **1N4007** y una resistencia de $10[\text{k}\Omega]$ que cumple la función de carga.

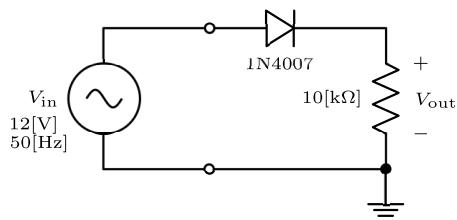


Figura 7: Rectificador de media onda.

Para los valores positivos del voltaje de entrada, el diodo estará polarizado directamente, por tanto la señal de entrada caerá a través de la resistencia de carga; mientras que con los valores negativos del voltaje de entrada, hará que el diodo este polarizado inversamente y por tanto no circulará corriente a través de la carga.

4.1.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación del rectificador de media onda, este puede verse en la **figura 8**.

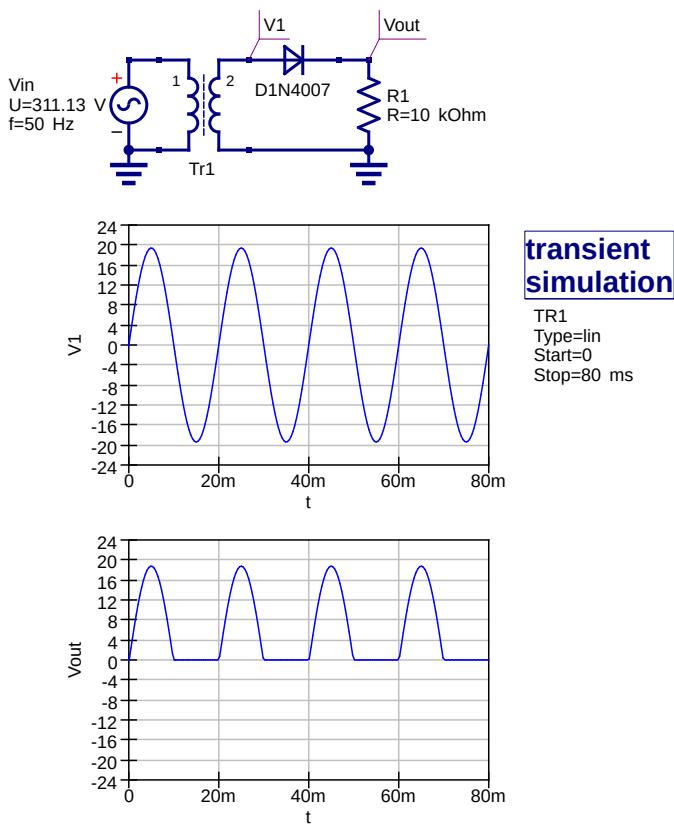


Figura 8: Simulación del rectificador de media onda.

4.1.2. Laboratorio

Se presenta el rectificador de media onda armado en laboratorio y su medición de voltaje de salida en la carga, en la **figura 9**.

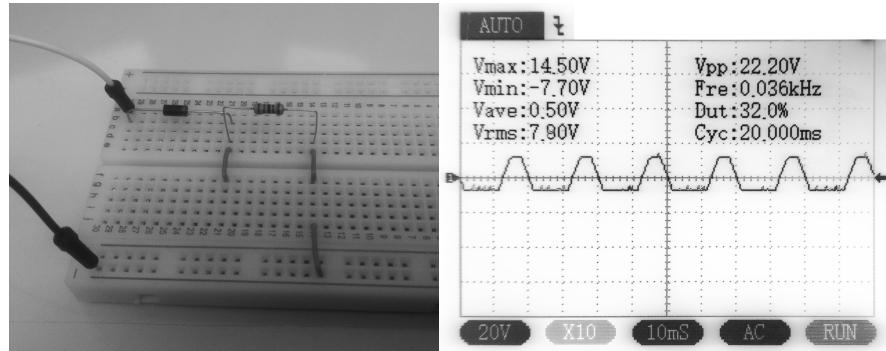


Figura 9: Rectificador de media onda.

4.2. Onda completa con derivación central

Este rectificador utiliza dos diodos 1N4007 conectados a un transformador con derivación central y una resistencia de $10[\text{k}\Omega]$ que cumple la función de carga, como se muestra en la **figura 10**, los voltajes entre las terminales del transformador son iguales en magnitud, pero con diferentes fases.

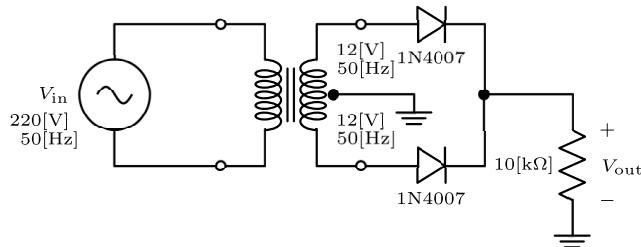


Figura 10: Rectificador de onda completa con transformador de derivación central.

La polarización directa e inversa son alternadas en cada diodo del circuito por lo que se obtienen solo los valores positivos de cada extremo del transformador.

4.2.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*. versión 23.3.1 para la simulación del rectificador de onda completa, este puede verse en la **figura 11**.

4.2.2. Laboratorio

Se presenta el rectificador de onda completa con el transformador de derivación central armado en laboratorio y su medición de voltaje de salida en la carga, en la **figura 12**.

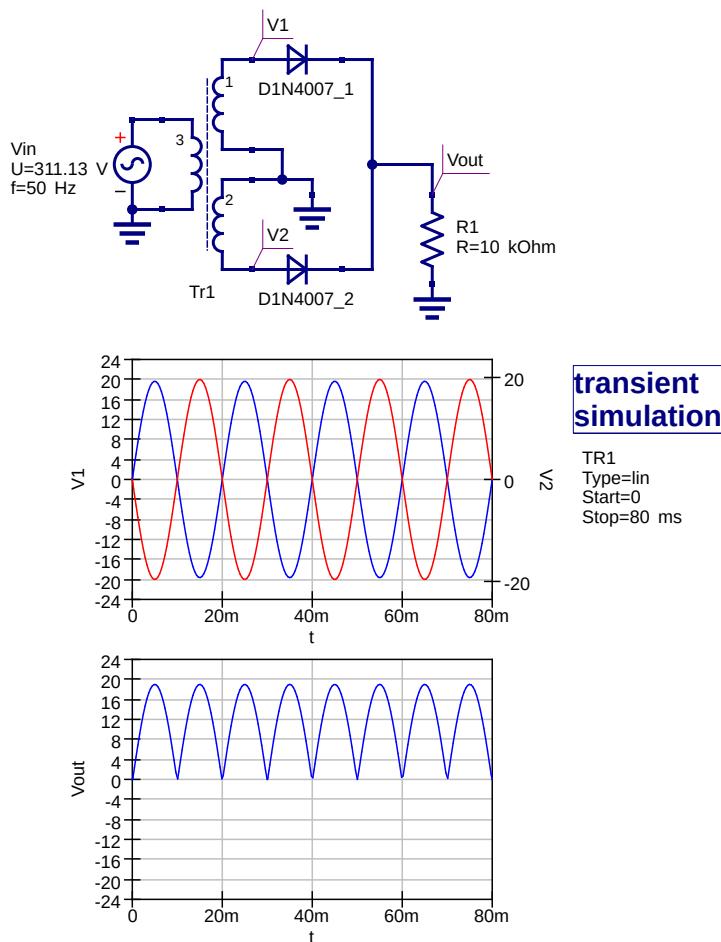


Figura 11: Simulación del rectificador de onda completa con derivación central.

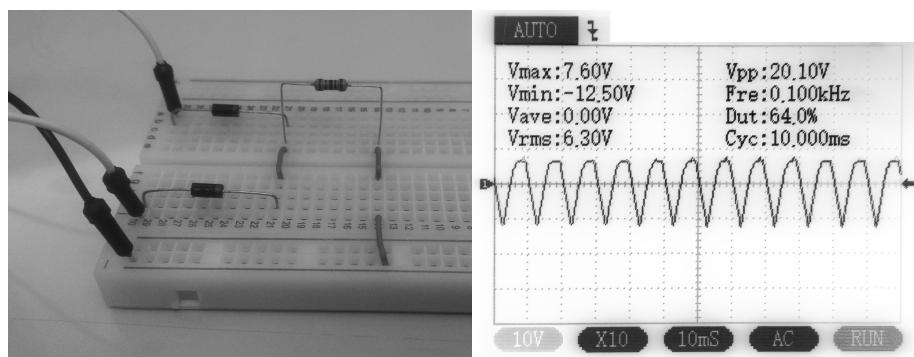


Figura 12: Rectificador de onda completa con derivación central.

4.3. Onda completa de puente

Este rectificador utiliza cuatro diodos **1N4007** conectados como un puente y conectados a una resistencia de $10[\text{k}\Omega]$, como se muestra en la **figura 13**.

Los valores positivos del voltaje de entrada polariza directamente a dos diodos y polariza inversamente a los dos diodos restantes, mientras que los valores negativos del voltaje hace el

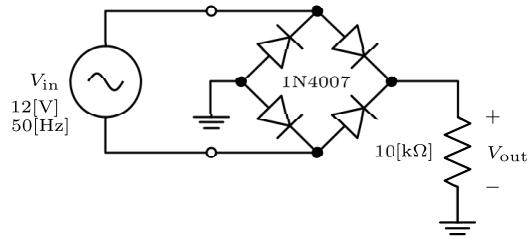


Figura 13: Rectificador de onda completa con puente.

camino contrario por los diodos del circuito, lo que genera la señal de onda completa con el doble de la frecuencia del voltaje de entrada.

4.3.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación del rectificador de onda completa, este puede verse en la **figura 14**.

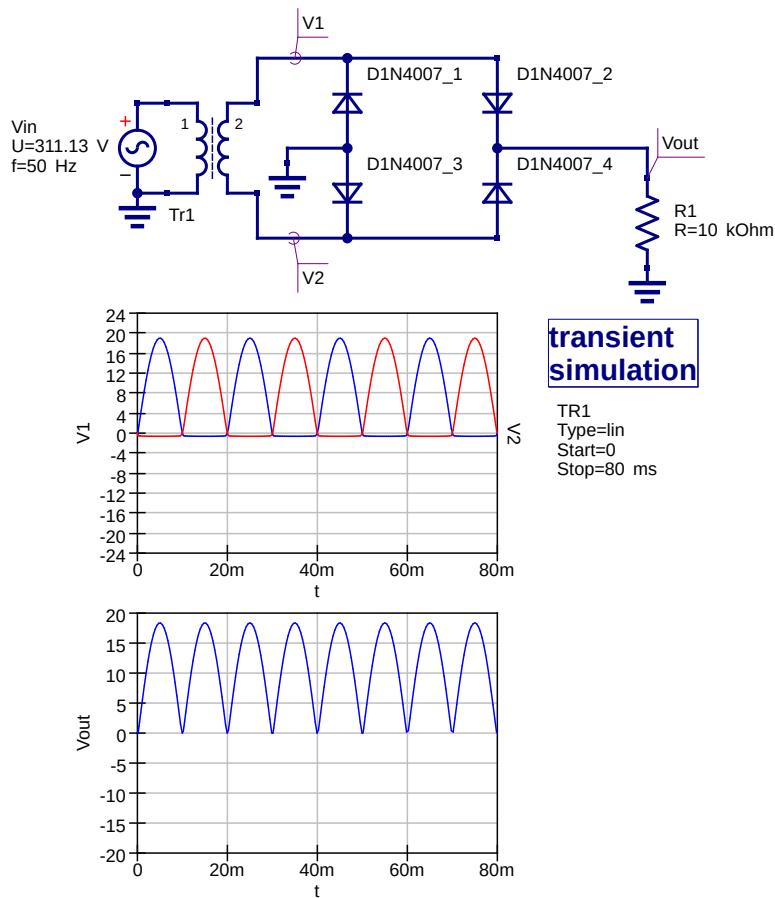


Figura 14: Simulación del rectificador de onda completa con puente.

4.3.2. Laboratorio

Se presenta el rectificador de onda completa con puente armado en laboratorio y su medición de voltaje de salida en la carga, en la **figura 15**.

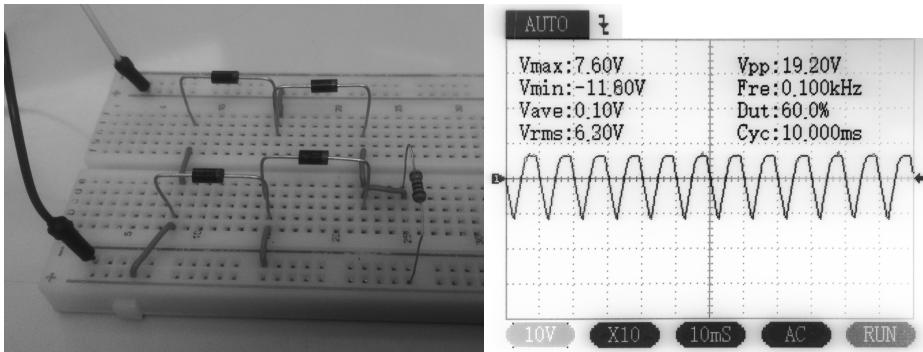


Figura 15: Rectificador de onda completa con puente.

5. Filtro

Una vez rectificada la señal el siguiente paso es suavizar y nivelar la corriente directa pulsante. El método más sencillo para lograr esto es agregar un condensador en paralelo a la carga. El condensador se cargará durante la fase de conducción, almacenando así energía. Cuando el diodo se apaga, el condensador comenzará a descargarse, transfiriendo así su energía almacenada a la carga.

5.1. Media onda

El circuito con filtro de $470[\mu\text{F}]$ pueden verse en la **figura 16** para el rectificador de media onda.

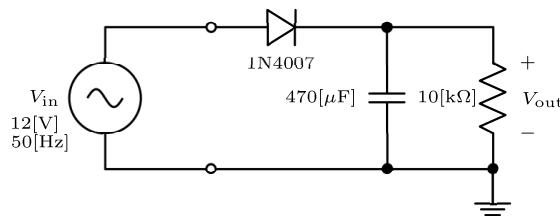


Figura 16: Rectificador de media onda con filtro.

5.1.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación del rectificador de media onda con filtro, este puede verse en la **figura 17**.

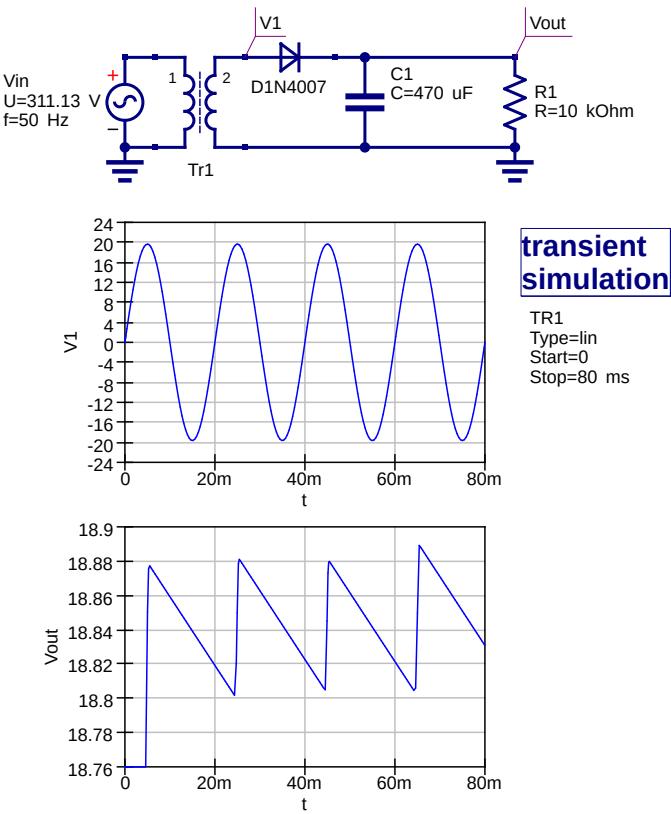


Figura 17: Simulación del rectificador de media onda con filtro.

5.1.2. Laboratorio

Se presenta el rectificador de media onda con filtro armado en laboratorio y su medición de voltaje de salida en la carga, en la **figura 18**.

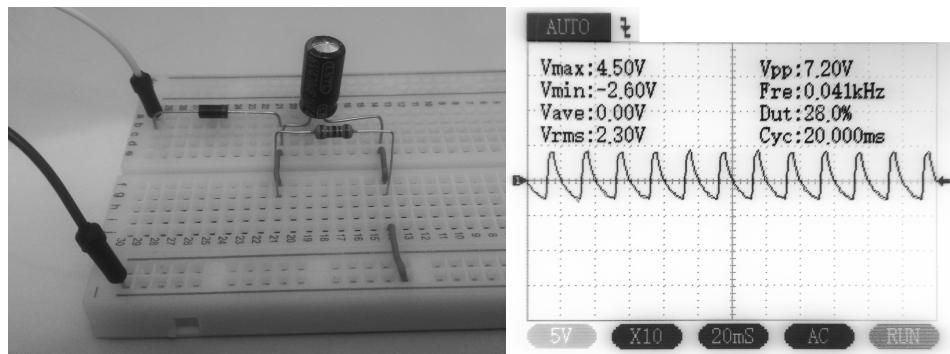


Figura 18: Rectificador de media onda con filtro.

5.2. Onda completa con derivación central

El circuito con filtro de $470[\mu\text{F}]$ pueden verse en la **figura 19** para el rectificador de onda completa con derivación central.

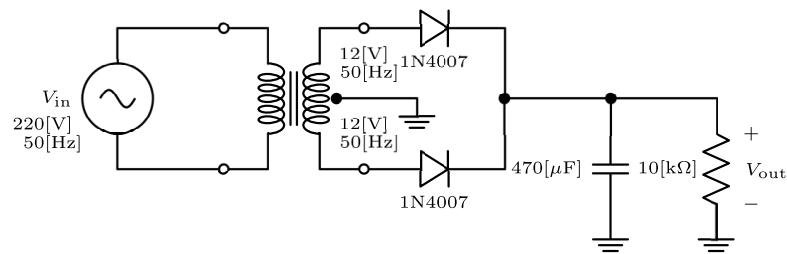


Figura 19: Rectificador de onda completa con transformador de derivación central y filtro.

5.2.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación del rectificador de onda completa con transformador de derivación central con filtro, este puede verse en la **figura 20**.

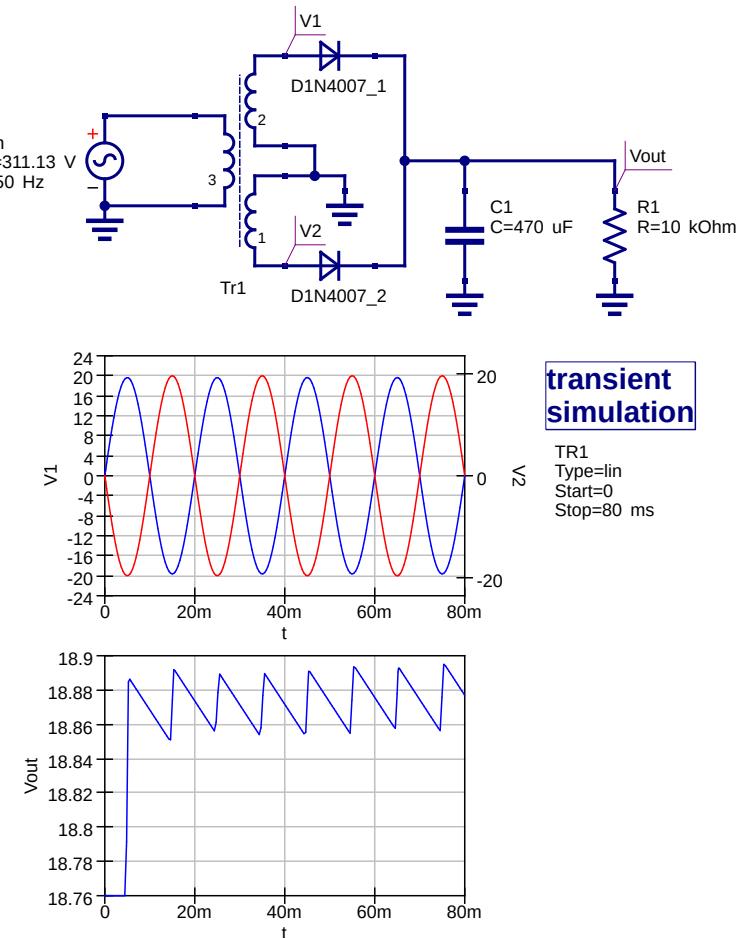


Figura 20: Simulación del rectificador de onda completa con derivación central y filtro.

5.2.2. Laboratorio

Se presenta el rectificador de onda completa con el transformador de derivación central y filtro armado en laboratorio y su medición de voltaje de salida en la carga, en la **figura 21**.

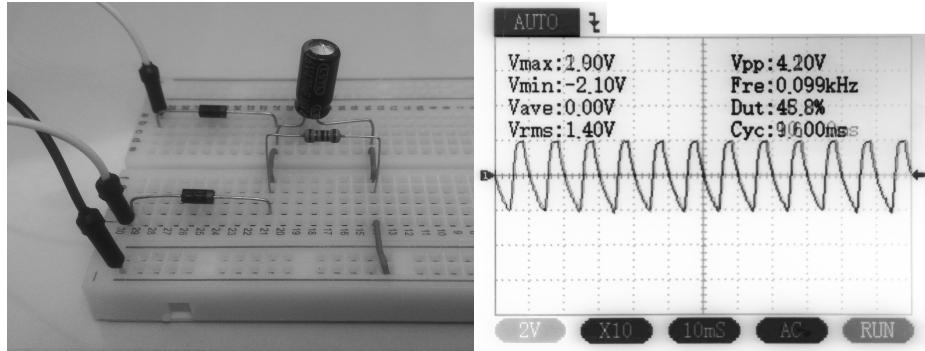


Figura 21: Rectificador de onda completa con derivación central y filtro.

5.3. Onda completa de puente

El circuito con filtro de $470[\mu\text{F}]$ pueden verse en la **figura 22** para el rectificador de onda completa de puente.

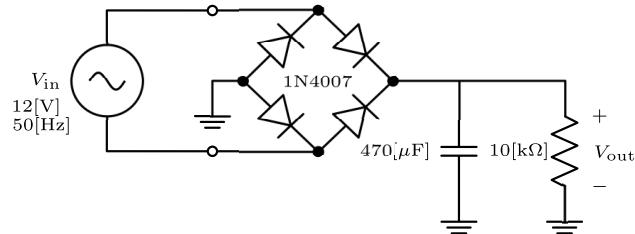


Figura 22: Rectificador de onda completa con puente y filtro.

5.3.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación del rectificador de onda completa con filtro, este puede verse en la **figura 23**.

5.3.2. Laboratorio

Se presenta el rectificador de onda completa con puente y filtro armado en laboratorio y su medición de voltaje de salida en la carga, en la **figura 24**.

6. Regulador de voltaje

Mientras los filtros pueden reducir la fluctuación de las fuentes de alimentación, el método más efectivo es una combinación de un filtro de entrada con capacitor utilizado con un regulador de voltaje. Se conecta un regulador de voltaje a la salida de un rectificador filtrado y mantiene

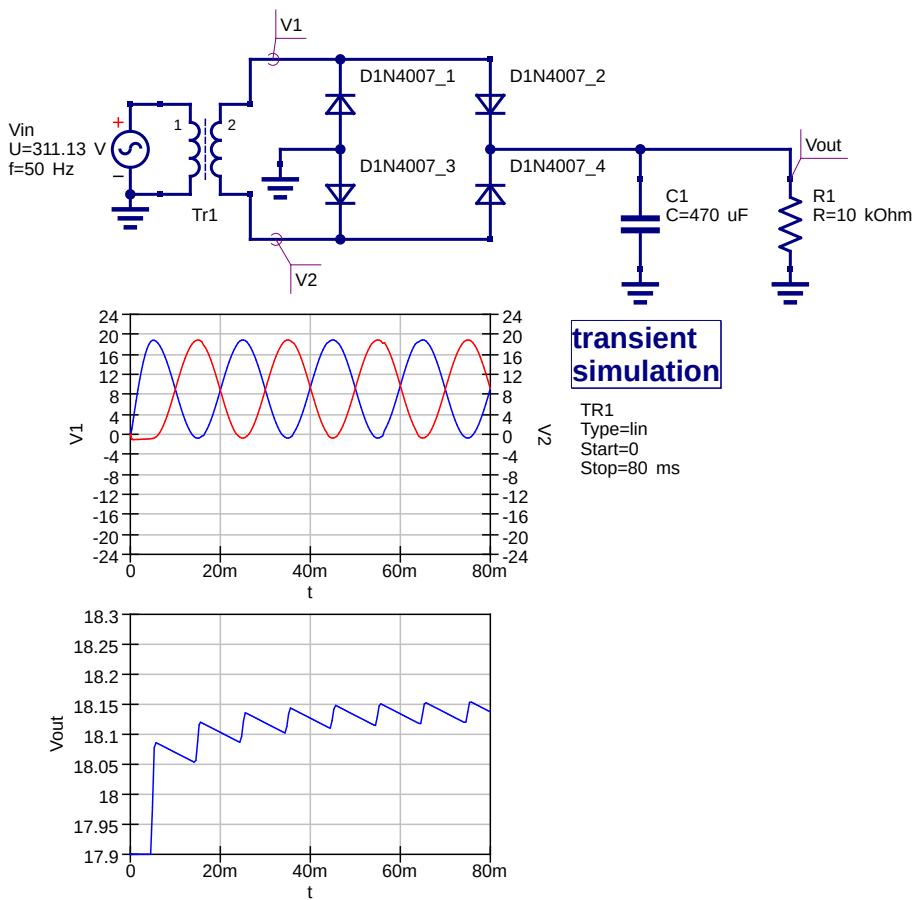


Figura 23: Simulación del rectificador de onda completa con puente y filtro.

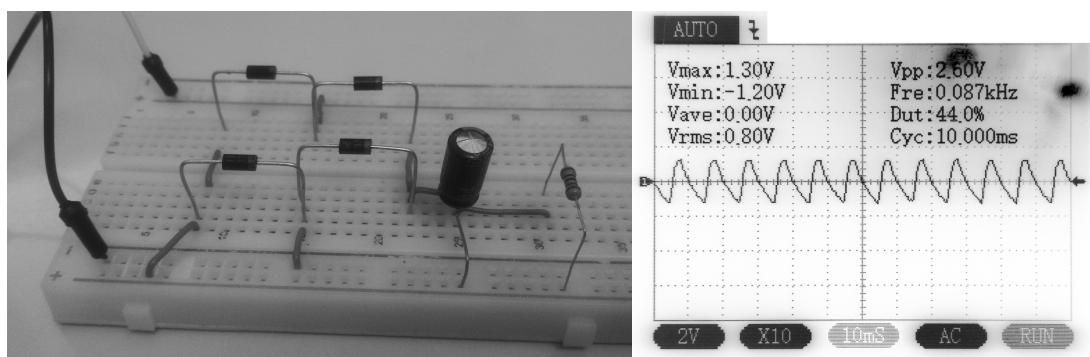


Figura 24: Rectificador de onda completa con puente y filtro.

un voltaje de salida constante. El filtro de entrada con capacitor reduce el rizo de entrada al regulador a un nivel aceptable. La combinación de un capacitor grande y un regulador de voltaje ayudan a producir una excelente fuente de alimentación.

6.1. Diodo Zener

Cuando se polariza hacia atrás con un potencial suficientemente grande, el comportamiento normal del diodo inverso (de un interruptor abierto) cambia abruptamente para mantener un voltaje fijo; **el potencial Zener**. La corriente a través del diodo comienza a aumentar drásticamente una vez que se alcanza este potencial. Si se coloca un diodo Zener a través de la salida del rectificador filtrado, el *Zener* intentará limitar el voltaje de salida al potencial *Zener*.

Para evitar el consumo excesivo y posiblemente destructivo de corriente por el diodo *Zener*, la diferencia de voltaje entre el voltaje del condensador y el potencial *Zener* se reduce a través de una resistencia limitadora de corriente en serie. Esta resistencia limitadora establecerá la cantidad máxima de corriente de salida. Esta corriente se divide entonces entre el diodo *Zener* y la carga.

Bajo condiciones de carga ligera, la mayor parte de esta corriente fluirá a través del diodo *Zener*. Bajo condiciones de carga pesada, la mayor parte de la corriente será extraída por la carga con poco flujo a través del diodo *Zener*. Si la demanda de corriente de carga es demasiado pesada, no hay corriente disponible para el diodo *Zener* y deja de conducir. La regulación se pierde y la resistencia limitadora forma un divisor de voltaje con la carga [2].

6.1.1. Calculo de la resistencia limitadora

Considerando el voltaje de entrada:

$$V_i = 18 \operatorname{sen}(100\pi t)[V]$$

Se utilizará un diodo *Zener* **1N4742A** con los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} V_z &= 12[V] \\ P_z &= 0.5[W] \end{aligned}$$

Se halla el intervalo aceptable de corriente:

$$\begin{aligned} I_{\max} &= \frac{P_z}{V_z} \\ &= \frac{0.5}{12} \\ &= 41.67[\text{mA}] \\ I_{\min} &= 0.1 I_{\max} \\ &= 0.1 \cdot 41.67[\text{mA}] \\ &= 4.167[\text{mA}] \end{aligned}$$

Por tanto, los intervalos aceptables para la resistencia limitadora son:

$$\begin{aligned} R_{\max} &= \frac{V_p - V_z}{I_{\max}} \\ &= \frac{18 - 12}{0.04167} \\ &= 144[\Omega] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &= \frac{V_p - V_z}{I_{\min}} \\
 &= \frac{18 - 12}{0.004167} \\
 &= 1440[\Omega]
 \end{aligned}$$

El valor normalizado para la resistencia limitadora utilizado es $1[k\Omega]$.

El circuito con filtro y con diodo Zener puede verse en la **figura 25**.

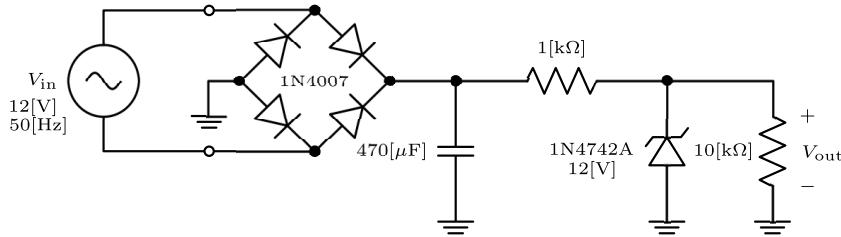


Figura 25: Regulación de voltaje con diodo Zener.

6.1.2. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación de la regulación de voltaje con el diodo Zener, este puede verse en la **figura 26**.

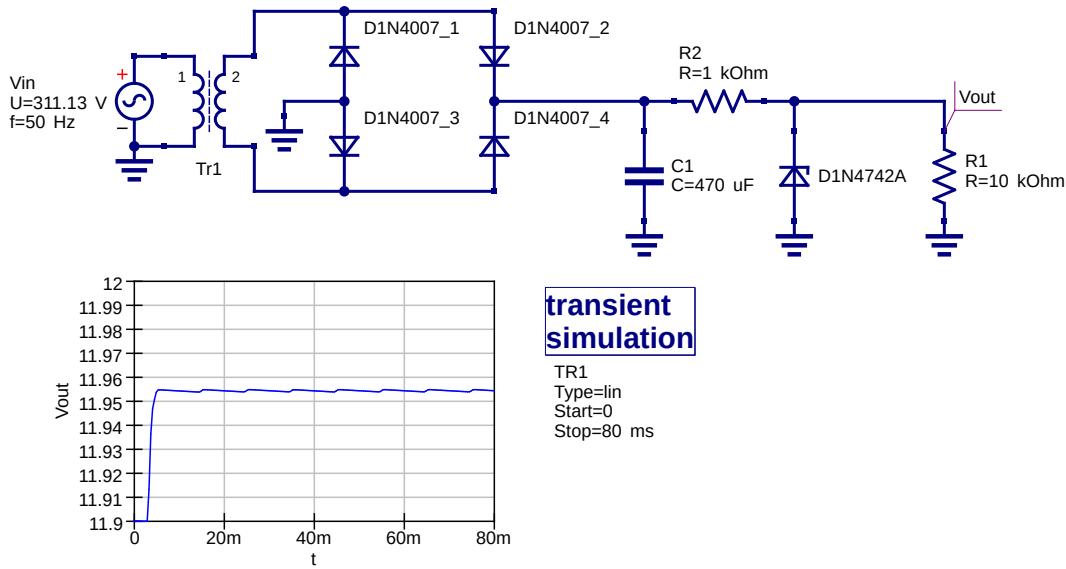


Figura 26: Simulación con el diodo Zener 1N4742A.

6.1.3. Laboratorio

Se presenta el regulador con diodo Zener **1N4742A** armado en laboratorio, su señal de voltaje de salida en oscilloscopio, así como el voltaje de la carga y las corrientes en la resistencia limitadora de $1[k\Omega]$, diodo Zener y resistencia de carga de $10[k\Omega]$ en la **figura 27**.

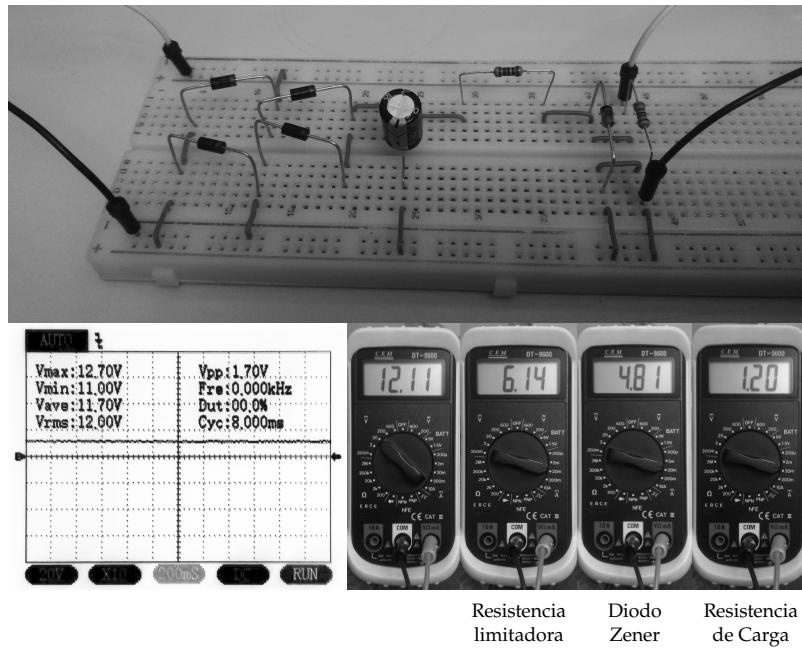


Figura 27: Regulador con diodo Zener 1N4742A.

6.2. Regulador L78XX

La mayoría de los reguladores son circuitos integrados y tienen tres terminales: una de entrada, una de salida y una de referencia (o ajuste). Primero se filtra la entrada al regulador con un capacitor para reducir el rizo a $< 10\%$. Típicamente, los reguladores de voltaje proporcionan una salida constante con un alto rechazo a los rizos.

Los reguladores de tres terminales diseñados para voltajes de salida fijos requieren sólo capacitores externos para completar la parte de regulación de la fuente de alimentación. El filtrado se realiza por un capacitor de gran valor entre el voltaje de entrada y tierra. Un capacitor de salida está conectado de la salida a tierra para mejorar la respuesta transitoria [1].

En la figura 28 se muestra un circuito regulador L7809CV que fija el voltaje a +9[V] filtrado por un capacitor de $470[\mu F]$ en la entrada y un capacitor de $10[\mu F]$ para la salida.

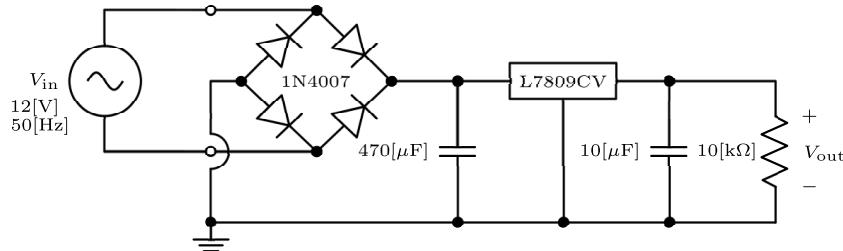


Figura 28: Regulación de voltaje con L7809CV.

6.2.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación de la regulación de voltaje con el circuito integrado **L7809CV** este puede verse en la **figura 29**.

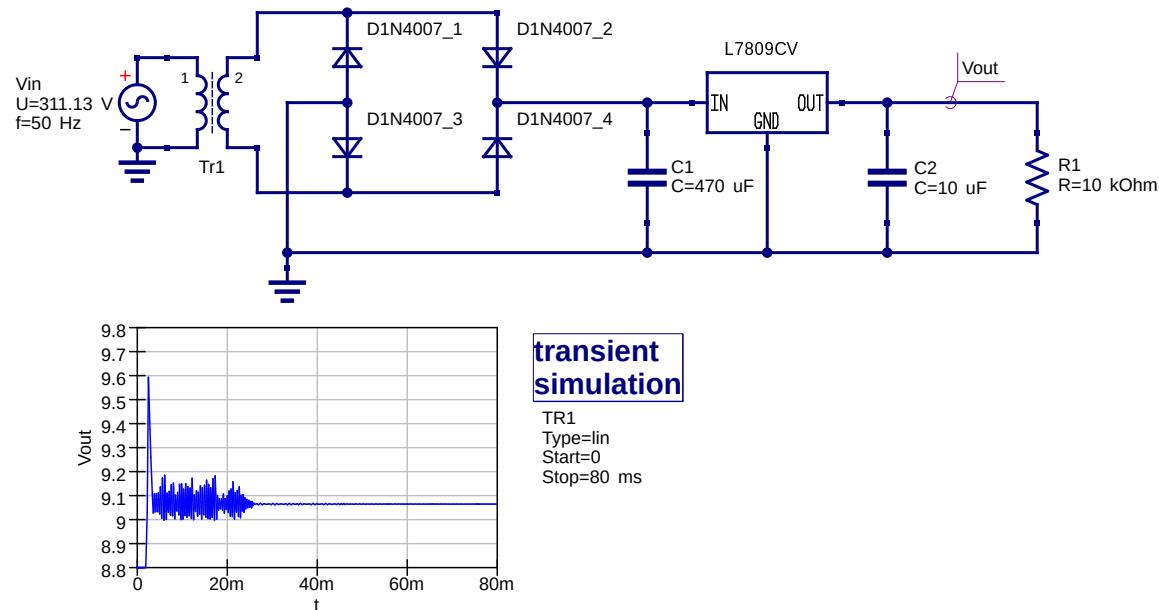


Figura 29: Simulación del regulador **L7809CV**.

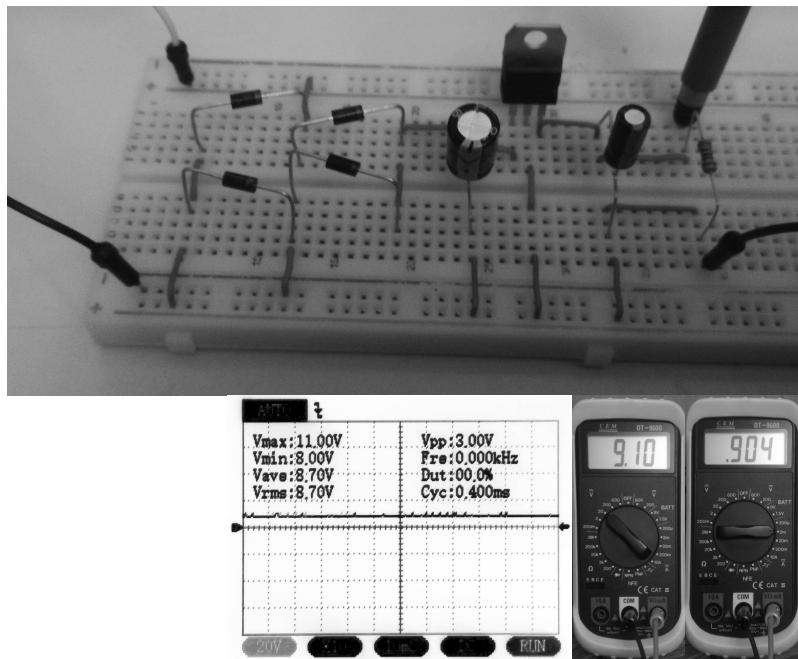


Figura 30: Regulador **L7809CV**, salida del osciloscopio y medición de voltaje y corriente.

6.2.2. Laboratorio

Se presenta el regulador **L7809CV** armado en laboratorio, su señal de voltaje de salida en oscilloscopio, así como su voltaje y corriente en un multímetro para una resistencia de carga de $10[\text{k}\Omega]$ en la **figura 30**.

6.3. Regulador L79XX

Además de los reguladores anteriormente mencionados, también existen reguladores de tipo negativo que proveen una salida de voltaje inverso.

En la **figura 31** se muestra un circuito regulador **L7909CV** que fija el voltaje a $-9[\text{V}]$ filtrado por un capacitor de $470[\mu\text{F}]$ en la entrada y un capacitor de $10[\mu\text{F}]$ para la salida.

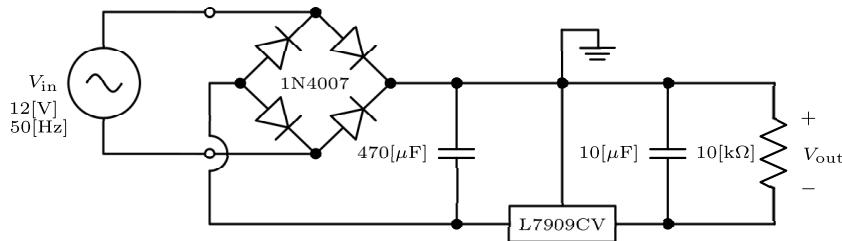


Figura 31: Regulación de voltaje con **L7909CV**.

6.3.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación de la regulación de voltaje con el circuito integrado **L7909CV** este puede verse en la **figura 32**.

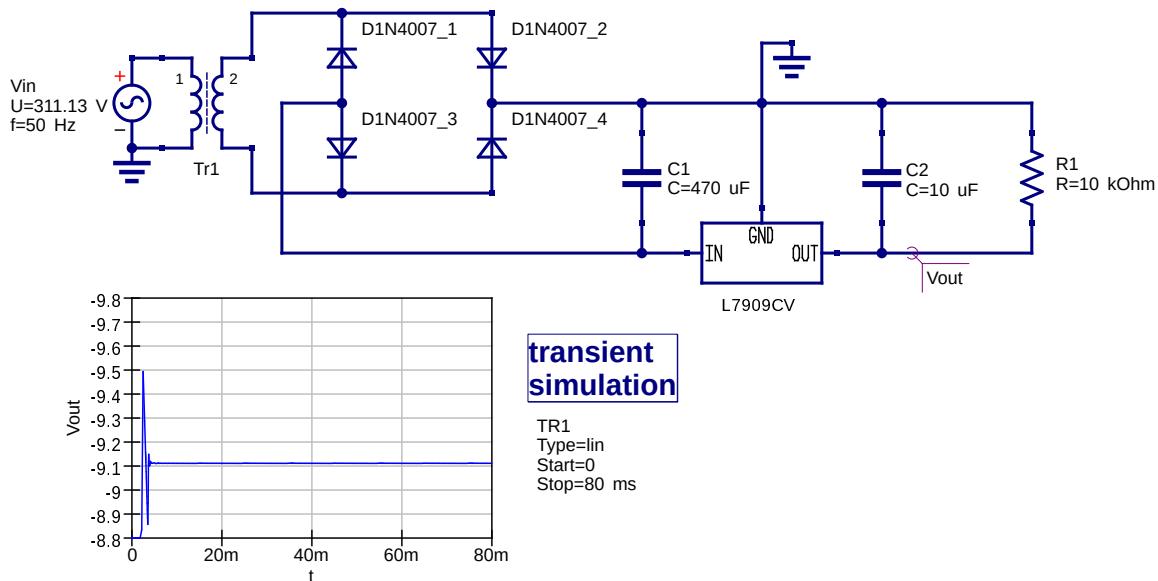


Figura 32: Simulación del regulador **L7909CV**.

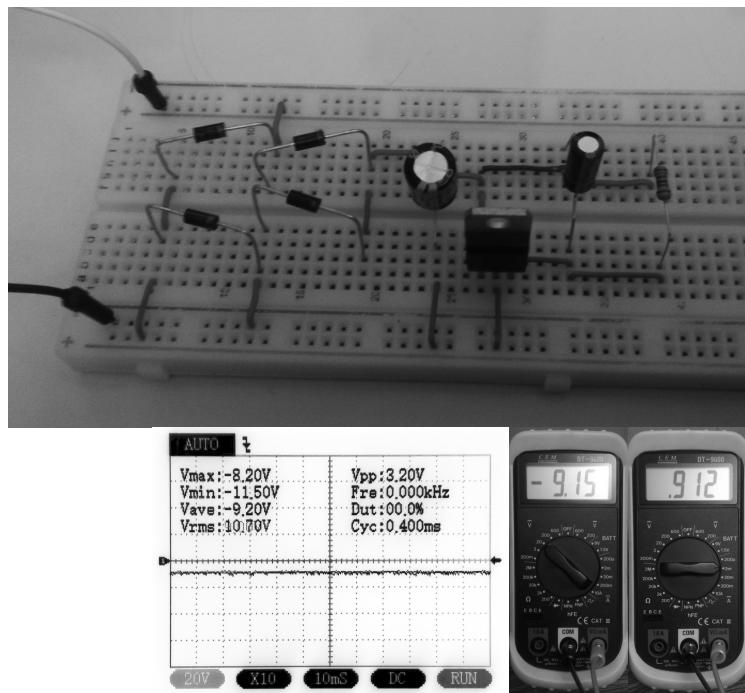


Figura 33: Regulador L7909CV, salida del osciloscopio y medición de voltaje y corriente.

6.3.2. Laboratorio

Se presenta el regulador **L7909CV** armado en laboratorio, su señal de voltaje de salida en osciloscopio, así como su voltaje y corriente en un multímetro para una resistencia de carga de $10[\text{k}\Omega]$ en la **figura 33**.

6.4. Combinación de reguladores L78XX y L79XX

Es posible combinar ambos reguladores positivo y negativo para incrementar la salida de voltaje, como se muestra en la **figura 37**.

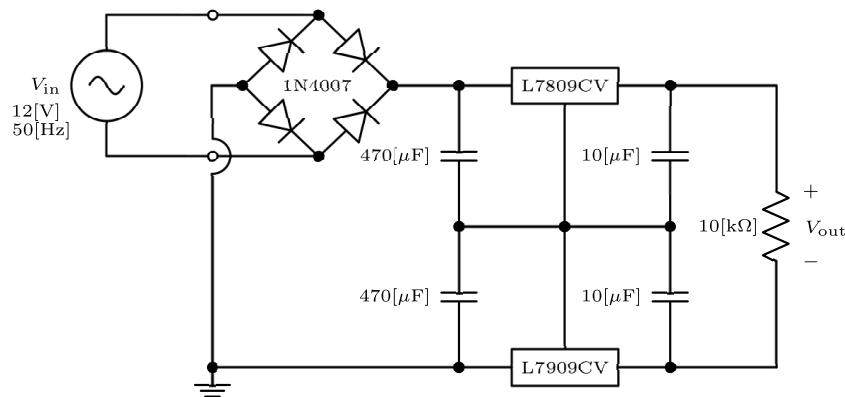


Figura 34: Regulación de voltaje con dos circuitos integrados.

6.4.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación de la regulación de voltaje por medio de dos rectificadores, este puede verse en la **figura 35**.

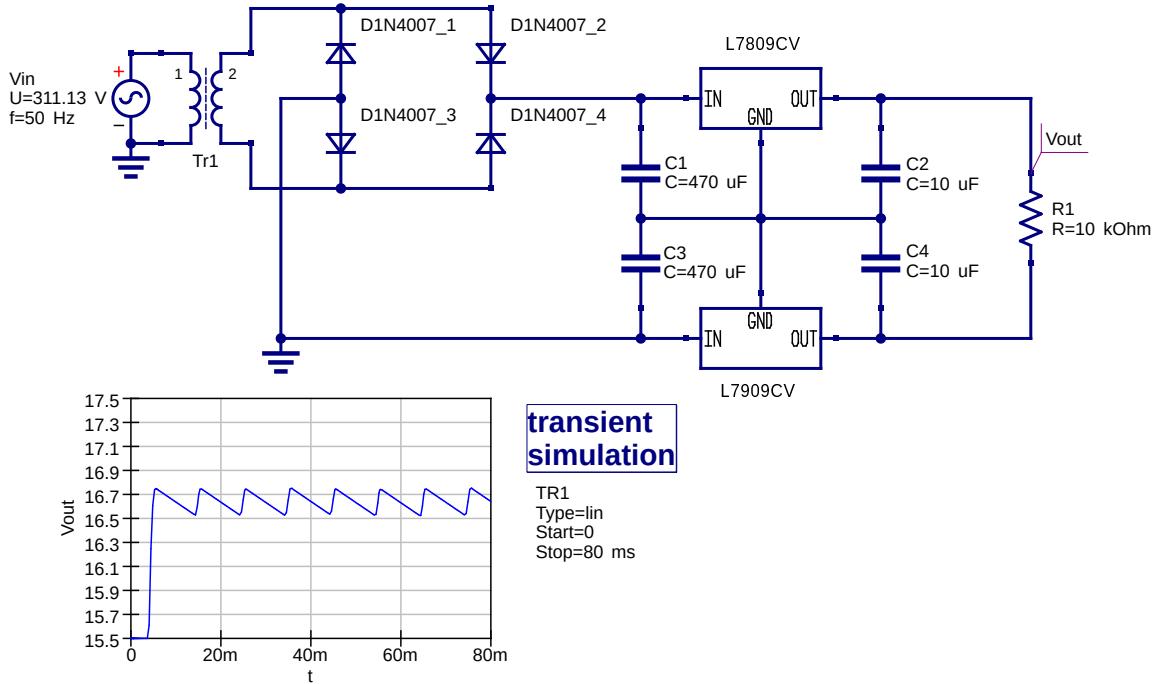


Figura 35: Simulación del regulador combinado.

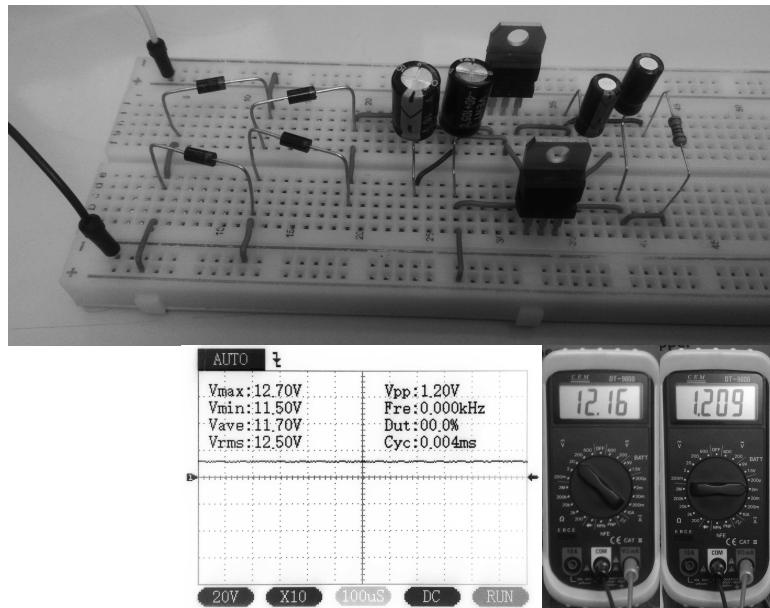


Figura 36: Regulador combinado, salida del osciloscopio y medición de voltaje y corriente.

6.4.2. Laboratorio

Se presenta el regulador con dos circuitos integrados armado en laboratorio, su señal de voltaje de salida en osciloscopio, así como su voltaje y corriente en un multímetro para una resistencia de carga de $10[\text{k}\Omega]$ en la **figura 36**.

6.5. Regulación variable con L78XX

En un regulador con circuito integrado puede hacerse una variación en el pin de tierra para variar el voltaje de salida, conectando dos resistencias auxiliares.

En la **figura 37** se muestra el circuito regulador de voltaje variable con un circuito integrado **L7809CV** que fija el voltaje a $9[\text{V}]$ y con la ayuda de un potenciómetro de $1[\text{k}\Omega]$.

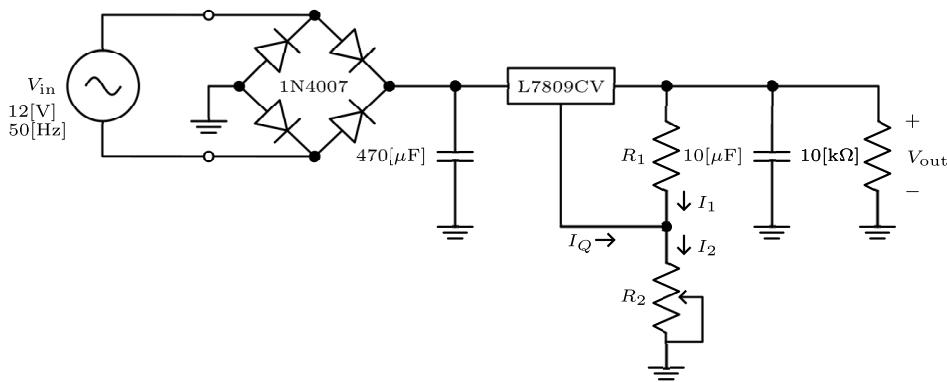


Figura 37: Regulación de voltaje variable con **L7809CV**.

Según la ley de mallas de *Kirchhoff* a la salida del regulador se tiene:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{reg}} + I_2 R_2$$

Según la ley de nodos de *Kirchhoff* a la salida del regulador se tiene:

$$I_2 = \left(\frac{V_{\text{reg}}}{R_1} + I_Q \right)$$

Por tanto:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{reg}} + R_2 \left(\frac{V_{\text{reg}}}{R_1} + I_Q \right)$$

La variación del voltaje de salida varia desde $9[\text{V}]$ para un valor de $0[\Omega]$ en la resistencia variable, hasta el máximo que provee el rectificador para el valor de $1[\text{k}\Omega]$.

6.5.1. Simulación

Se utilizó el software *Quite Universal Circuit Simulator*, versión 23.3.1 para la simulación de la regulación de voltaje variable con el circuito integrado **L7809CV**, un potenciómetro de $1[\text{k}\Omega]$, una resistencia fija $R_1 = 9[\text{k}\Omega]$ y una resistencia de carga de $R_{\text{out}} = 10[\text{k}\Omega]$. este puede verse en la **figura 38**.

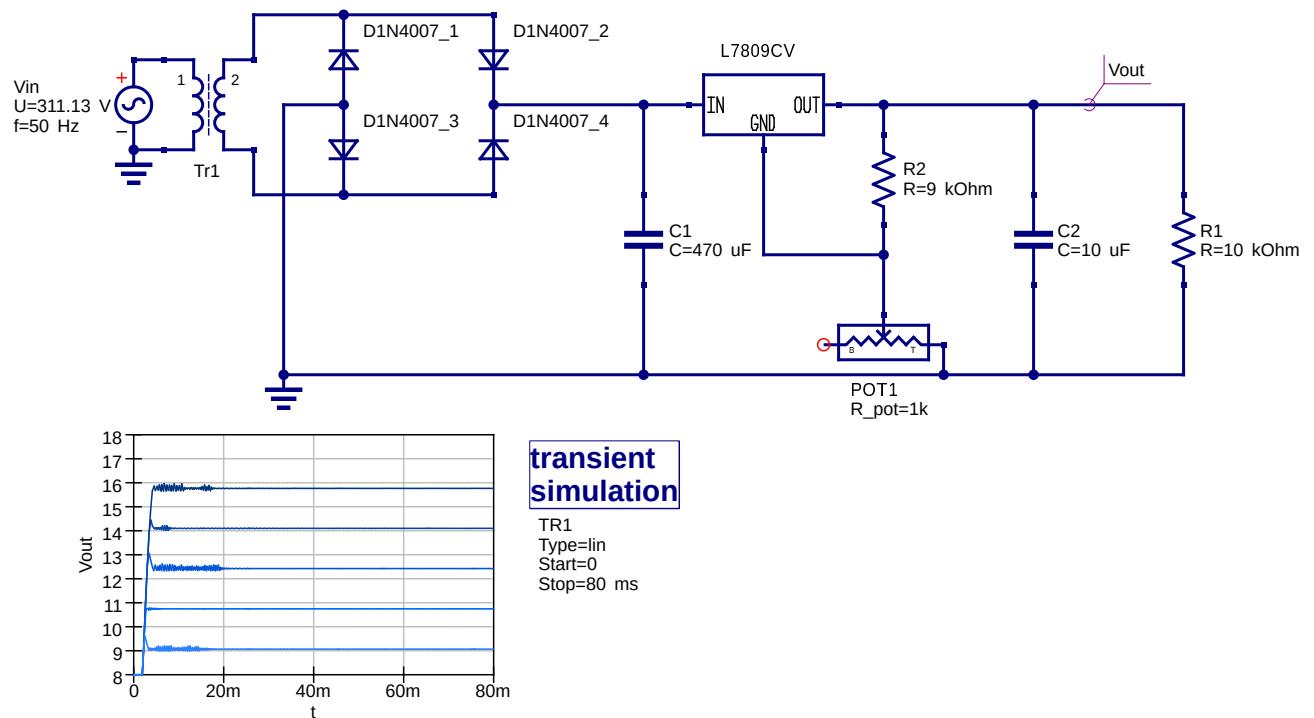


Figura 38: Simulación del regulador variable con L7809CV.

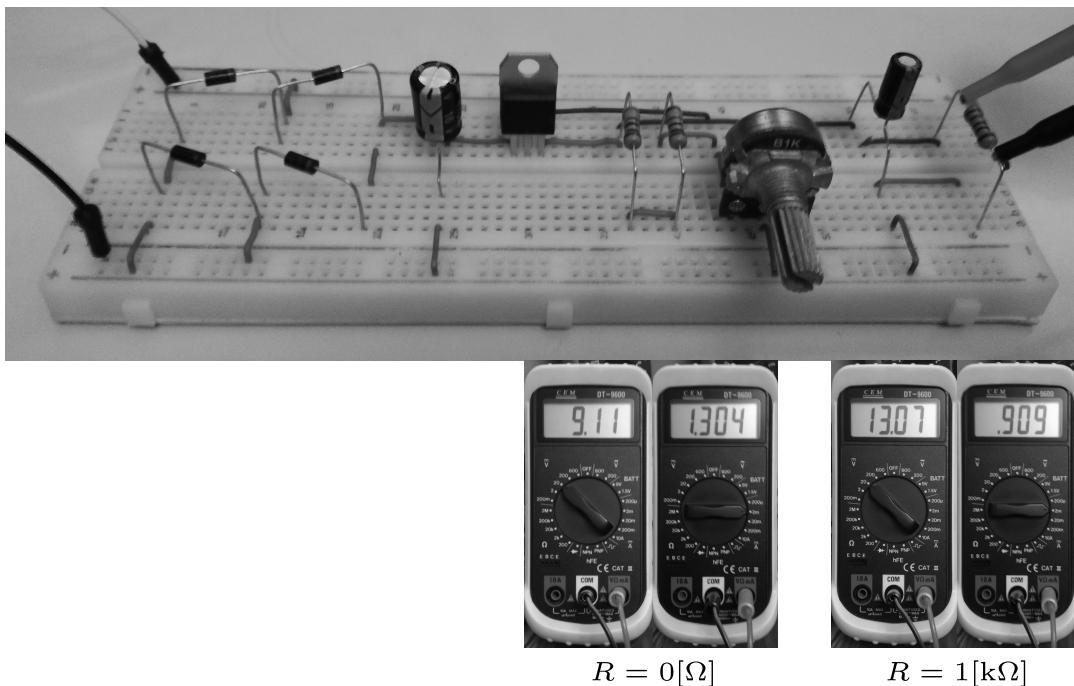


Figura 39: Regulación variable con L7809CV
y medición de corriente y voltaje.

6.5.2. Laboratorio

Se presenta el regulador **L7809CV** armado en laboratorio, así como su voltaje y corriente en un multímetro para los valores de resistencia variable de $0[\Omega]$ y $1[k\Omega]$, este puede verse en la **figura 39**.

7. Conclusiones y Recomendaciones

Se comprobó el funcionamiento de los transformadores con derivación central, y lo importante del uso de un fusible en los experimentos.

Se verificaron los comportamientos de los rectificadores tanto de media onda, de onda completa con un transformador con derivación central y de onda completa con puente.

Se verificaron los comportamientos de los filtros a la salida del rectificador y como estos son importantes para la eliminación de rizos.

Se comprobaron los diferentes tipos de regulación de voltaje que pueden ser utilizados para una fuente de alimentación de corriente directa.

A su vez, de los componentes electrónicos de los diferentes circuitos armados es crucial hacer una revisión de sus hojas de datos, para evitar que el diseño exceda sus valores recomendados de funcionamiento.

Bibliografía

- [1] Thomas L. Floyd (208).
Dispositivos electrónicos. 8va Edición.
Pearson Education
- [2] James M. Fiore (2017).
Dispositivos semiconductores. Teoría y aplicación.
Mohawk Valley Community College
Extraído el 12 de Octubre del 2024, de:
[https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Libro%3A_Dispositivos_semiconductores_-_Teor%C3%ADa_y_Aplicaci%C3%B3n_\(Fiore\)/03%3A_Aplicaciones_de_diodos/3.2%3A_Rectificaci%C3%B3n](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Libro%3A_Dispositivos_semiconductores_-_Teor%C3%ADa_y_Aplicaci%C3%B3n_(Fiore)/03%3A_Aplicaciones_de_diodos/3.2%3A_Rectificaci%C3%B3n)