

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
CÁTEDRA DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA I

TRABAJO PRÁCTICO N.º 1

“Fuentes de tensión reguladas y no reguladas”

Grupo N°3

Alumnos:

Gallone, Francesco

Alfíci, Facundo Ezequiel

Gomez, Dolores Pilar

Profesor:

Joel Saliba

Agosto 2024

ÍNDICE

Consigna.....	3
Desarrollo y Cálculos.....	4
Diagramas circuitales y mediciones en simulador.....	9
Materiales.....	15
Comparaciones.....	16
Gráficos Topológicos.....	21
.....	22
.....	22
Conclusiones.....	22
Bibliografía y datasheets.....	24

Consigna

1. Diseñar e implementar un rectificador de onda completa con filtro capacitivo utilizando el procedimiento de Schade. Seleccionar el transformador, los diodos de rectificación y el capacitor de filtrado, justificando la elección de cada uno. La corriente media por diodo debe ser mayor o igual a 300 [mA].
2. Diseñar e implementar los siguientes tipos de reguladores para colocarlos a continuación del circuito anterior. La tensión de salida de estos reguladores debe ser igual o mayor a 5[V].
 - Regulador tipo paralelo con diodo Zener.
 - Regulador con Zener y seguidor de emisor.
 - Regulador lineal de tres terminales tipo 78xx o LM317. Puede ser de tensión fija o variable.

Nota: se debe tener en cuenta que el punto de partida del procedimiento de Schade es la relación entre la resistencia de carga y la fuente. Dicha relación puede variar entre cada tipo de regulador, modificando el desempeño del circuito 1. Para determinar el valor de la resistencia de carga en cada tipo de regulador, revisar el documento [1].

Desarrollo y Cálculos

Un rectificador convierte la tensión alterna suministrada por la red en una tensión continua.

Existen 3 tipos de configuraciones:

-Rectificador de media onda:

Utiliza solo uno de los ciclos de la corriente alterna (generalmente el ciclo positivo). Se coloca un diodo en serie con la carga. Durante el ciclo positivo, el diodo conduce y permite que la corriente pase a la carga. Durante el ciclo negativo, el diodo no conduce, bloqueando el flujo de corriente.

Desventaja: Desaprovecha el ciclo negativo de la señal de CA, lo que reduce su eficiencia y entrega una salida con un rizado bastante grande.

-Rectificador de onda completa con punto medio:

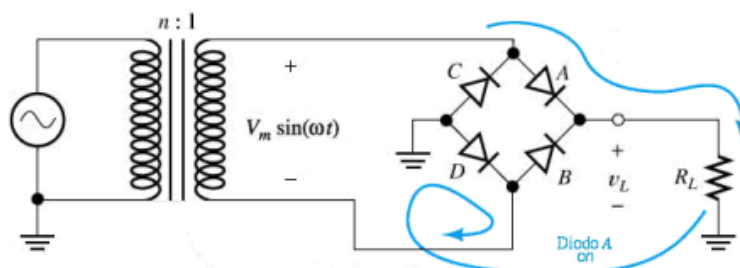
Se usa un transformador con derivación central en el secundario, junto con dos diodos. Cada mitad del transformador se encarga de conducir durante un ciclo diferente: Durante el **ciclo positivo**, un diodo conduce y permite que la corriente fluya a través de la carga. Durante el **ciclo negativo**, el otro diodo conduce, invirtiendo la polaridad de la corriente en la carga, asegurando que la corriente fluya siempre en la misma dirección.

Desventaja: Aunque utiliza ambos ciclos de la señal de CA, requiere un transformador con derivación central, lo que lo hace más voluminoso, costoso y menos eficiente.

-Rectificador de onda completa en puente:

En el presente trabajo práctico, se utilizó el rectificador de onda completa en puente. Utiliza cuatro diodos en un puente sin un transformador con derivación central. Durante el **ciclo positivo**, un par de diodos permite que la corriente fluya en una dirección a través de la carga, y durante el **ciclo negativo**, el otro par de diodos invierte la corriente para que fluya en la misma dirección a través de la carga.

Ventaja: Es más eficiente en términos de componentes ya que no requiere un transformador especial. Aprovecha ambos ciclos de la señal de CA y genera un rizado más fácil de filtrar por la disposición del puente.



	Media onda	Onda completa
Tensión media de salida	$V_{OMO} = \frac{V_{OMAX}}{\Pi}$	$V_{OOC} = 2 \frac{V_{OMAX}}{\Pi}$
Tensión eficaz	$V_{OefMO} = \frac{V_{OMAX}}{2}$	$V_{OefOC} = \frac{V_{OMAX}}{\sqrt{2}}$
Factor de ripple	$r_{MO} = \sqrt{\frac{\Pi^2}{4} - 1} = 1,21$ (más alterna que continua)	$r_{OC} = \sqrt{\frac{\Pi^2}{8} - 1} = 0,48$

Se observa lo siguiente:

- El doble de tensión media en onda completa que en media onda
- Un 41 % más de tensión eficaz
- Una mejora en el factor de ripple de 1,21 a 0,48

Para comenzar con el desarrollo del informe, se plantean los cálculos realizados respecto al **rectificador de onda completa con filtro capacitivo**.

Como inicio, se buscó un transformador de 220 a 24V, que tiene una corriente de 3A. Siendo su valor pico de tensión de 33,94V.

Tomando en cuenta la caída de tensión generada por los diodos en sus respectivos ciclos de trabajo, tenemos que

$$V_p - 1,4V = 33,94V - 1,4V = 32,54V$$

Sabiendo esto, se plantean las ecuaciones para el cálculo de los valores de resistencia y capacitor.[1]

$$R_c = \frac{V_o}{I_o} = \frac{32,54V}{0,6A} = 54,24\Omega$$

$$R_s = 54,24\Omega * 0,1 = 5,42\Omega$$

Luego, se supone que el ripple requerido debe ser menor al 5%, por ello, según las curvas de Schade

$$w * R_c * C = 12 \rightarrow C = \frac{12}{w * R_c} = \frac{12}{2 * \pi * 50Hz * 54,24\Omega} = 704\mu F$$

Siendo este el cálculo del capacitor necesario, pero suponiendo una tolerancia del 20% y buscando entre valores comerciales llegamos a la conclusión de que el capacitor necesario puede ser de 1000uF. Podríamos pensar que sería mejor tener un capacitor con la **mayor capacidad** posible ya tenemos una salida más cercana a una corriente

continúa con menor fluctuación pero esto también aumenta los picos de corriente estresando los componentes provocando mayor calentamiento y fallas si no están preparados, teniendo en esta relación un compromiso o “*trade-off*”. Algo importante a tomar en cuenta es que, al tener este capacitor, los valores de $w \cdot R_c \cdot C$ van a cambiar de la siguiente manera

$$w \cdot R_c \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 1000\mu\text{F} = 17,03$$

Y para el caso peor, este valor puede variar un 20%, teniendo así

$$17,03 \cdot 0,8 = 13,63$$

Posterior a esto, se sigue con los cálculos de la tensión eficaz. La curva de Schade nos da una relación E_{dc}/E_t que es teórica:

$$\frac{E_{dc}}{E_{tmax}} \% = 74\% \rightarrow E_{tmax} = \frac{E_{dc}}{0,74} = 43,83\text{V}$$

$$E_t'_{max} = 43,83\text{V} + 2 \cdot 0,7 = 45,23\text{V}$$

Sin embargo, como la tensión en el transformador es :

$$V_p = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 24\text{V} \cdot \sqrt{2} = 33,94\text{V}$$

Vemos que el pico máximo que puede verse en la salida no debería superar estos 34 V aproximadamente. El cálculo teórico nos da una tensión pico de **43.83 V**, pero eso no es posible debido a la limitación del transformador.

Para solucionar este problema, calculo la tensión continua E_{dc} basada en la tensión correspondiente del transformador:

$$E_{dc} = V_p \cdot 0,74 = 33,94\text{V} \cdot 0,74 = 25,12\text{V}$$

$$E_t'_{max} = 25,12\text{V} + 2 \cdot 0,7 = 26,52\text{V}$$

Por lo tanto, el valor real basado en 24 V rms, debería ser **33.94 V pico** como máximo, y la salida continua real será de **25.12 V** si tomamos en cuenta el 74% de la curva de Schade.

Teniendo este valor, definimos que la máxima tensión repetitiva de los semiconductores será de 27 V (Redondeando para arriba por seguridad), pues $E_t'_{max} = V_{rrm}$.

$$\frac{R_s}{n \cdot R_c} \% = \frac{5,42\Omega}{2 \cdot 54,24\Omega} = 5\%$$

$$\frac{I_{efD}}{I_{oD}} = f(n * w * R_c * C) \rightarrow I_{oD} = \frac{I_{dc}}{2} = \frac{0,6A}{2} = 0,3A$$

Viendo la 3era curva de Schade, se ven los otros valores respecto del capacitor

$$\frac{I_{efd}}{I_{oD}} = 2,4 \rightarrow I_{efd} = 2,4 * I_{oD} = 2,4 * 0,3A = 0,72A$$

$$I_{efcap} = \sqrt{2 * I_{efd}^2 - I_{cc}^2} = 0,82$$

La corriente pico repetitiva viene dada por la 4ta curva de Schade

$$\frac{I_{pkd}}{I_{oD}} = 6,5 \rightarrow I_{pkd} = 6,5 * I_{oD} = 6,5 * 0,3A = 1,95A$$

Para verificar la corriente inicial de encendido (I_{on}) viene dada por

$$I_{on} = \frac{E_{tmax}}{R_s} = \frac{26,52V}{5,42\Omega} = 4,89A$$

Y para los últimos pasos, se verá la regulación y el valor de ripple del rectificador

$$R\% = \frac{V_{dc \text{ min carga}} - V_{dc \text{ plena carga}}}{V_{dc \text{ min carga}}} * 100$$

$$V_{dc \text{ mínima carga}} = E_{t \text{ max}} = 26,52V$$

$$R\% = \frac{26,52-24}{26,52} * 100 = 9,50\%$$

$$Ripple = r = \frac{E_{efca}}{E_{dc}} \rightarrow E_{efca} = r * E_{dc} = 0,05 * 24V = 1,2V$$

$$E_{ripp} = \sqrt{3} * E_{efca} = \sqrt{3} * 1,2V = 2,07V$$

Criterio a la hora de elección de reguladores

Para la correcta elección de un regulador debemos saber el entorno de operación en el que va a estar , precisión , estabilidad , coste y complejidad.

¿Cuál es mejor?

Teniendo en cuenta los 3 tipos y sus características

LM7824:

Se usa si se necesita alta precisión, estabilidad, y una corriente de salida considerable.

Zener en paralelo:

Uso para aplicaciones de bajo costo y baja corriente, donde la precisión no es crítica y el diseño es sencillo.

Zener con seguidor de emisor:

Se usa cuando se necesita mejorar la corriente de salida sobre un Zener paralelo, pero sin la necesidad de la precisión de un LM7824.

Por lo que si no tenemos límites en presupuestos y necesitamos calidad en el proyecto siempre trataremos de utilizar el integrado LM7824.

Ahora, se expondrán los cálculos de los **reguladores de tensión en serie y en paralelo**, comenzando con los cálculos del circuito en **paralelo**. [2]

Se tiene como valores iniciales:

- $V_{smin}=24V \approx 24V$
- $V_{smax}=40V$

Estos valores son obtenidos gracias a analizar la salida de nuestro circuito rectificador en la etapa de simulación, siendo 24V el valor nominal del transformador y 40V un valor de protección, tomado como máximo en la carga de salida del circuito rectificador.

Para estos valores, se buscó un diodo Zener que pueda resistir cualquiera de estos extremos, encontrando así el diodo Zener 1N5346B, cuyos valores de datasheet en cuestión son los siguientes:

- $V_z=9,1V$
- $R_z=2 \Omega$
- $I_{zmin}=45mA$
- $I_{zmax}=520mA$
- $I_{zT}=150mA$

Con esto, según el criterio de diseño, se calcula la Corriente máxima de carga.

$$I_{zmin} = \frac{I_{Lmax}}{3} \rightarrow I_{Lmax} = 3 * I_{zmin} = 3 * 45mA = 135mA$$

Luego, se calcularán los valores de R_S y R_L respectivamente.

$$R_S = \frac{V_{smin}-V_z}{I_{zmin}+I_{Lmax}} = \frac{24V-9,1V}{45mA+135mA} = 191,67\Omega$$

$$R_{Lmin} = \frac{V_z}{I_{Lmax}} = \frac{9,1V}{135mA} = 67,4\Omega$$

También se recurre al cálculo de la corriente total, que está dada por la siguiente ecuación

$$I_T = I_{zmin} + I_{Lmax} = 45mA + 135mA = 180mA$$

Como corrección, hubo una fórmula en una etapa donde no debía estar. La fórmula era referida al ripple de salida del rectificador, lo cual ya se calculó en su apartado correspondiente.

Pasando a los cálculos del circuito regulador **en serie**, se parte de los valores iniciales de entrada del circuito. [2]

- $V_{smin}=24V$
- $V_{smax}=40V$
- $V_z=9,1V$

Nuevamente, los valores que se tomaron inicialmente como máximo y mínimo, dependen de los valores nominales del transformador y los obtenidos en simulación, siendo 24V el valor de tensión nominal del transformador y 40V un valor de protección, tomado como máximo en la carga.

Se buscó opciones de transistores que puedan cumplir con lo solicitado, optando por el transistor BD139, mientras que el diodo Zener a utilizar será el mismo que en el circuito en paralelo, que es el 1N5346B.

Valores de datasheet del transistor que serán de utilidad:

- $h_{femin}=25$
- $I_{cmax}=1,5A$
- $I_{bmax}=0,5A$
- $P_{qmax}=12,5W$

Primero, se calculará el valor de salida del regulador

$$V_{out} = V_z - 0,7V = 9,1V - 0,7V = 8,4V$$

Y utilizando el siguiente criterio, se llega al valor de la corriente máxima de carga

$$I_{zmin} = \frac{I_{Lmax}}{3} \rightarrow I_{Lmax} = 45mA * 3 = 135mA$$

Siguiendo el método, se calculan los valores de R_L y R_s .

$$R_{Lmax} = \frac{V_{out}}{I_{Lmax}} = \frac{8,4V}{135mA} = 62,22\Omega$$

$$R_s = \frac{V_{smin}-V_z}{I_{zmin}+I_{bmax}} = \frac{V_{smin}-V_z}{I_{zmin}+\frac{I_{Lmax}}{h_{fe}}} = \frac{24V-9,1V}{45mA+\frac{135mA}{25}} = 296\Omega$$

Finalmente, se calcula la potencia que deberá disipar en transistor y cuál es el valor que se debe evitar.

$$P_Q = (V_{smax} - V_L) * I_c = (20V - 8,4V) * 135mA = 4,26W$$

$$(V_{smax} - V_L) * I_c < P_{Qmax} \rightarrow (40V - 8,4V) * 135mA < 12,5W \rightarrow 4,26 < 12,5W$$

Diagramas circuitales y mediciones en simulador

Primeramente, se expondrá el diagrama del circuito rectificador de onda completa con filtro capacitivo con su correspondiente salida rectificada, comparando la señal de salida del transformador (Canal A) y la tensión de la carga del sistema (Canal B). (Figura 1 y 2). Como la R_c es la que simula la carga no se tiene en cuenta ya que a la hora de colocar los reguladores estos son esa carga, tampoco se colocó en físico para ahorrar costes en

resistencias ya que está Rc necesitaba una gran disipación de potencia y se debía poner una que disipe esta gran potencia o colocar varias resistencias en paralelo para tener la misma potencia.

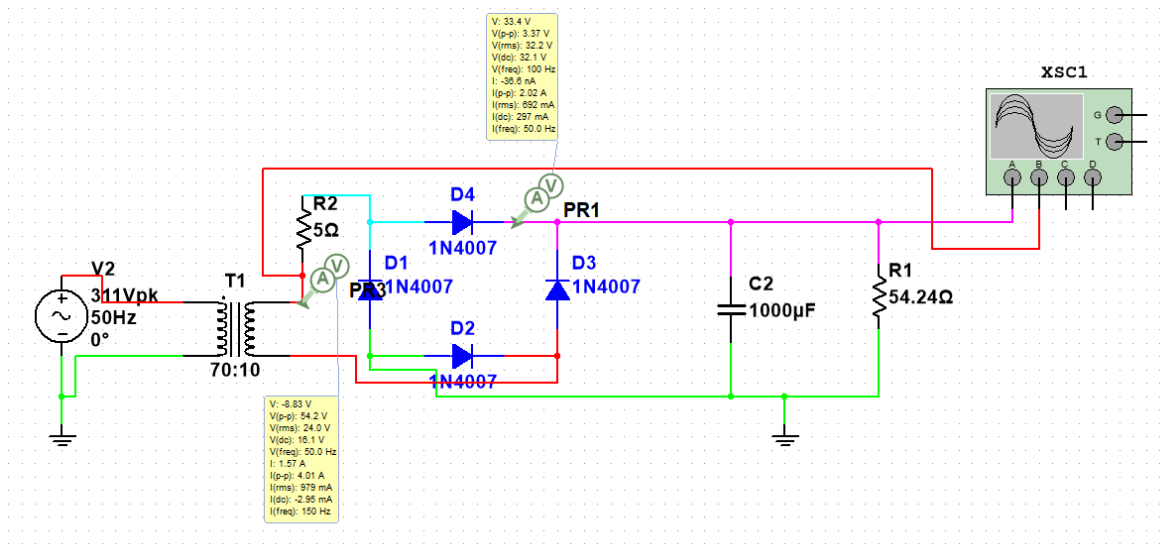


Figura 1: Rectificador de onda Completa con Filtro Capacitivo

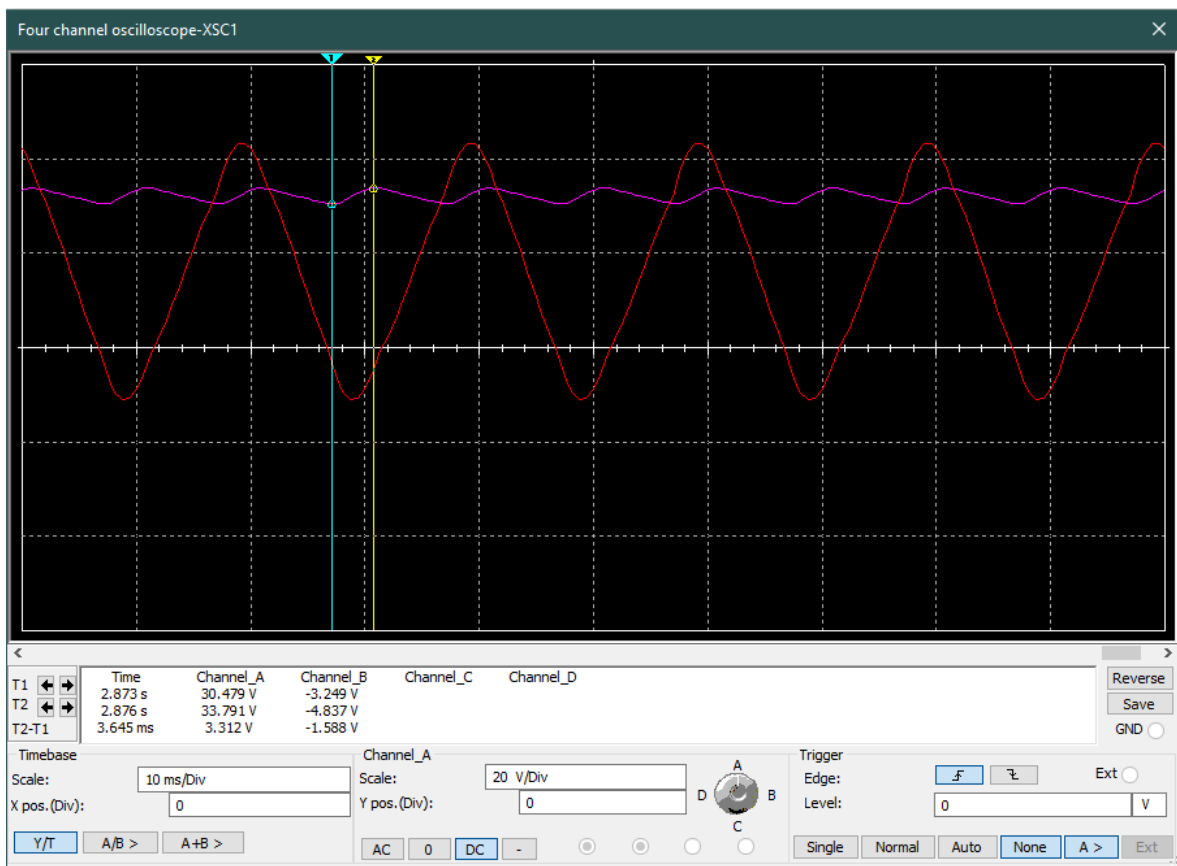


Figura 2: Comparación de entrada y salida

El ripple en pico a pico es visible con los cursores. El valor obtenido por simulación es de 3,312V.

A continuación, colocamos las puntas de tensión y corriente en los diodos y en la carga para ver valores RMS, DC y particularmente la corriente pico en los diodos.

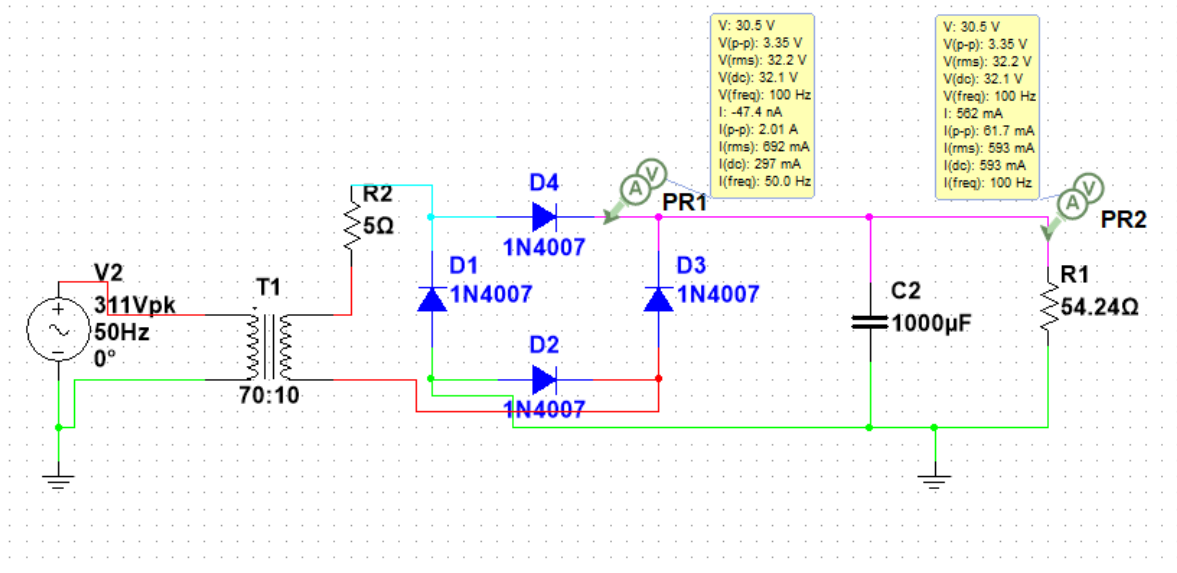
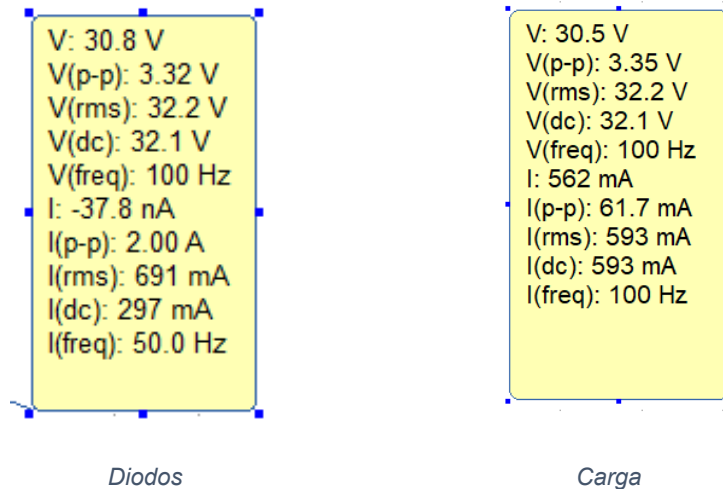


Figura 3: Mediciones en el rectificador de onda completa



La corriente pico en los diodos calculada es de 1,95 A y en la simulación obtuvimos 2 A aproximadamente. En la tensión de salida obtenemos un $V_{dc} = 32,1$ V y con el cálculo considerando el 74 % de las curvas de Shade, obtuvimos $V_{dc} = 25, 12$ V. Por otro lado, la corriente eficaz de los diodos que obtenemos en la salida es casi 600 mA, lo que coincide con nuestra corriente propuesta en el cálculo inicial.

Luego, pasamos al primer diagrama que presenta un circuito regulador de tensión de salida del rectificador, siendo este el circuito regulador de tensión **en paralelo**. A la salida de éste, se visualiza la tensión deseada (Aproximadamente 9,1V). (Figura 4)

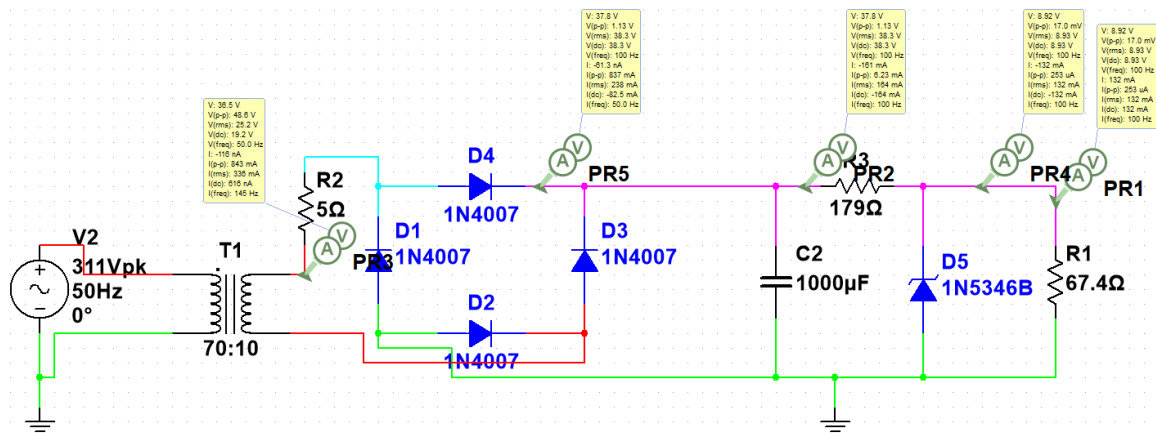


Figura 4: Circuito rectificador con regulador de tensión en paralelo

Siguiendo con los circuitos, se expone a continuación el diagrama circuital de circuito rectificador con regulador de tensión **en serie**. Nuevamente se puede ver la salida deseada según los cálculos realizados anteriormente. (Figura 5)

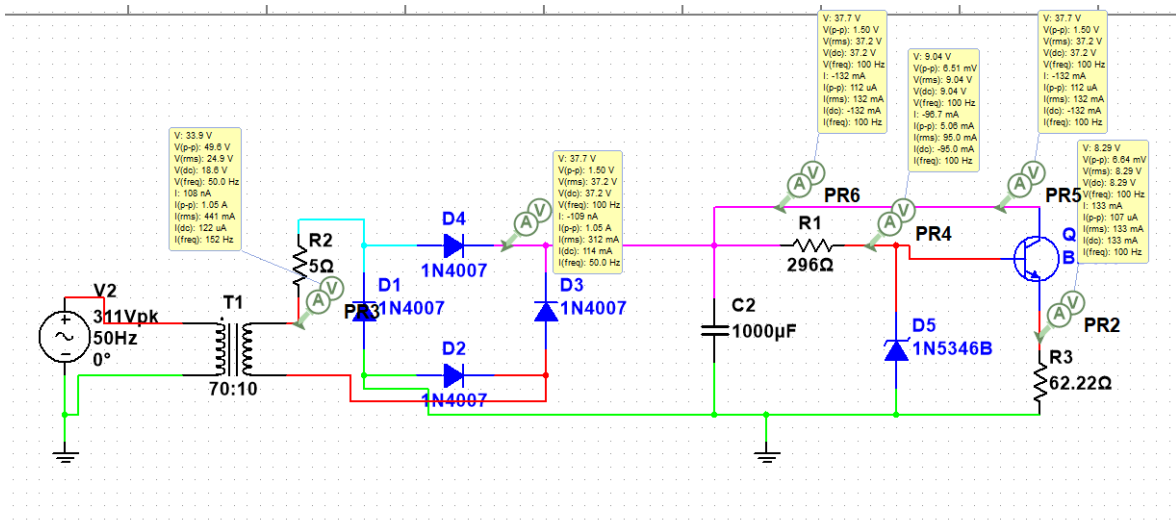


Figura 5: Circuito rectificador con regulador de tensión en serie

Finalmente, cierra esta sección el circuito rectificador con regulador de tensión en el que se utilizó un **LM7824**, el cual mantiene la tensión en un constante de 24V. (Figura 6)

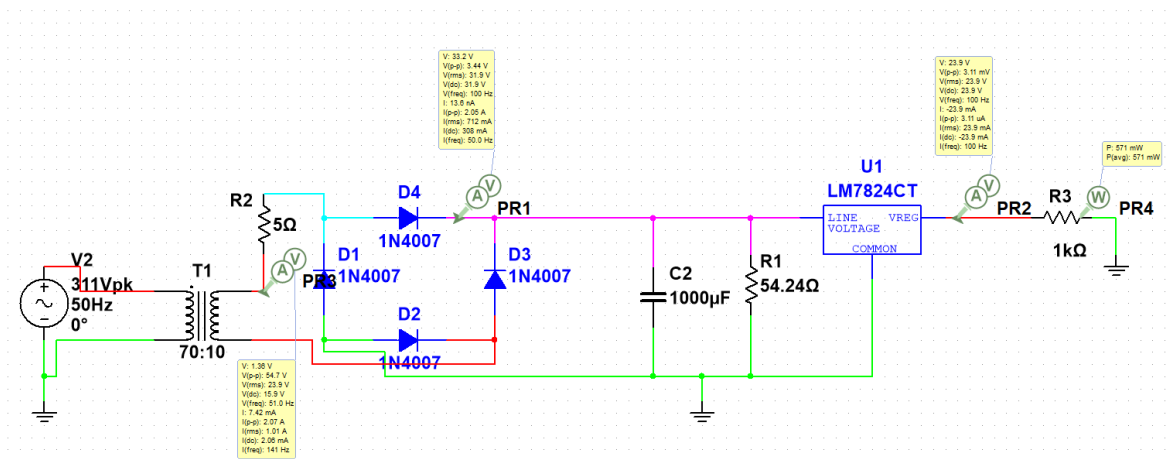


Figura 6: Circuito rectificador con regulador de tensión con LM7824

Simulado con una resistencia de 1 Kohm, se obtiene una corriente de 23,9 mA, pero dado que para medirla se realizó solamente con un multímetro con resistencia interna de 20 Mohm, se obtiene un valor de 1,29 uA. Por esto mismo, no tiene sentido analizar los casos de corriente para esta configuración.

Respecto a estas simulaciones, se confeccionó una tabla en la que se compararon los valores calculados con los simulados.

Puntos de referencia	Tensión simulada (Vdc)[V]	Tensión medida (Vdc)[V]	Error relativo %	Corriente simulada (rms)[mA]	Corriente medida (rms)[mA]	Error relativo %
Carga del rectificador	32,2 (Vrms)	30,6 (Vrms)	4,97%	593	564	4,89%
Regulador en serie	8,29	8,07	2,65%	133	130	2,25%
Regulador en paralelo	8,92	8,46	5,15%	132	136	3,03%
Regulador LM7824	23,9	25,9	8,37%	23,9	1,29[uA]	-

Siendo la fórmula del error relativo porcentual

$$e\% = \left| \frac{\text{Valor medido} - \text{Valor simulado}}{\text{Valor simulado}} \right| * 100$$

También es pertinente analizar el ripple de entrada y salida para cada caso de regulación, para ver cómo se comportan los diferentes casos y analizar el rechazo de ripple, cuya fórmula es;

$$\text{Rechazo de ripple} = 20 * \log\left(\frac{\text{Ripple de entrada}}{\text{Ripple de salida}}\right)$$

Donde;

- Ripple de entrada es el ripple en la salida del rectificador
- Ripple de salida es el ripple en la carga del regulador

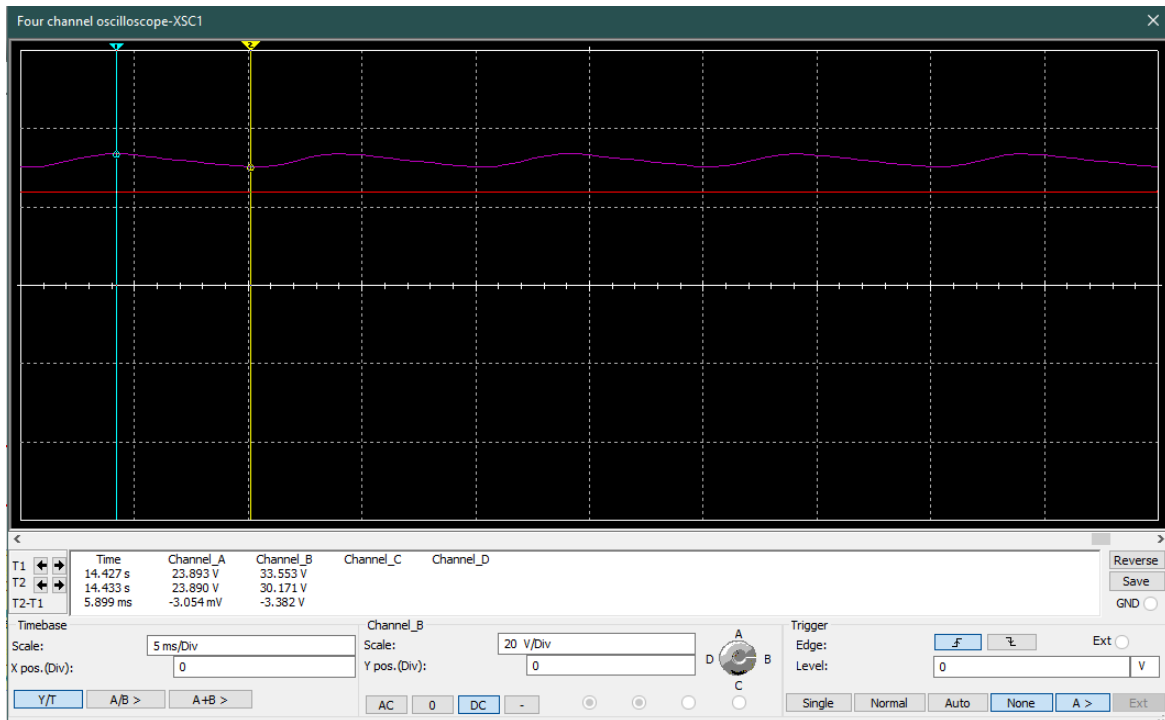


Figura 7: Ripple entrada/salida regulador de tensión con LM7824

Para el caso del LM7824 (Figura 7), tenemos un ripple mínimo, siendo éste de 3 mV, lo cual llega a ser despreciable. (Canal A)

Siendo su rechazo de ripple de;

$$\text{Rechazo de ripple} = 20 * \log\left(\frac{\text{Ripple de entrada}}{\text{Ripple de salida}}\right) = 20 * \log\left(\frac{3,382 \text{ V}}{3,054 \text{ mV}}\right) = 60,886 \text{ dB}$$

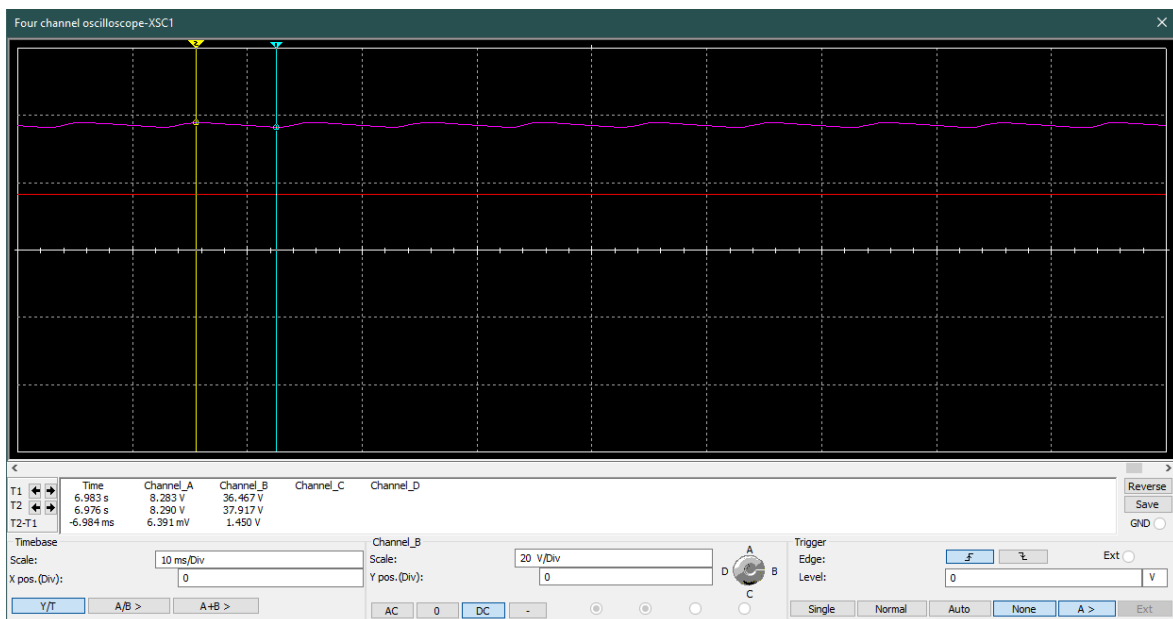


Figura 8: Ripple entrada/salida regulador de tensión en serie

Siguiendo con el análisis, en el caso del regulador de tensión en serie (Figura 8) podemos ver la misma tendencia, en la que el ripple es prácticamente despreciable, con un valor de 6,391 mV. (Canal A)

Siendo su rechazo de ripple de;

$$\text{Rechazo de ripple} = 20 * \log\left(\frac{\text{Ripple de entrada}}{\text{Ripple de salida}}\right) = 20 * \log\left(\frac{1,450 \text{ V}}{6,391 \text{ mV}}\right) = 47,116 \text{ dB}$$

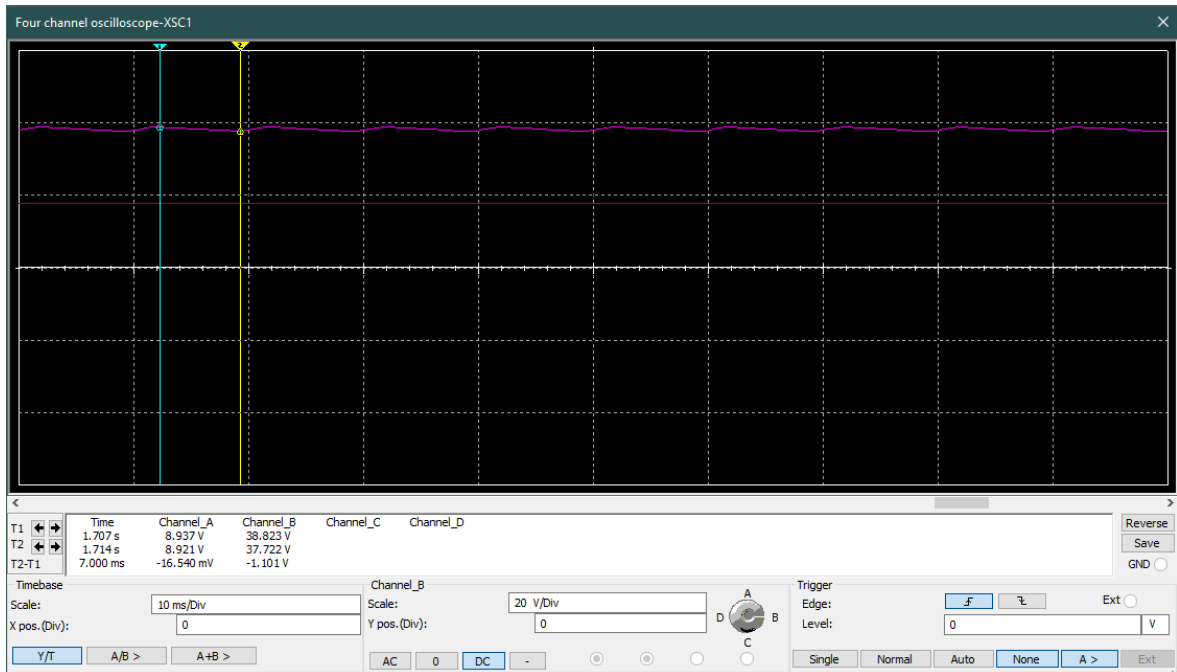


Figura 9: Ripple entrada/salida regulador de tensión en paralelo

Por último, para el regulador de tensión en paralelo, el ripple visualizado en el canal A es de 16,54 mV. (Figura 9)

Siendo su rechazo de ripple de;

$$\text{Rechazo de ripple} = 20 * \log\left(\frac{\text{Ripple de entrada}}{\text{Ripple de salida}}\right) = 20 * \log\left(\frac{1,101 \text{ V}}{16,54 \text{ mV}}\right) = 36,465 \text{ dB}$$

Materiales

- 1 transformador 220-240 @50Hz / AC 24V 3A
- 1 transistor BD139
- 1 LM7824

Diodos

- 4 diodos 1N4001
- 2 diodos Zener 1N5346B

Resistencias

Serie:

- 1 de 62 ohm de 1W
- 1 de 296 ohm de 3W

Paralelo:

- 1 de 330 ohm de 3W
- 1 de 390 ohm de 3W
- 1 de 62 ohm de 1W

Capacitores

- 1 de 1000uF

Comparaciones

A la hora de analizar el circuito teórico y práctico, se generarán diferencias entre las mediciones, ya sea por factores externos o por factores internos que podemos o no controlar según la importancia que tengan estas variaciones. Por ello, se confeccionaron distintas tablas y capturas con los valores obtenidos de manera práctica, variando la tensión de entrada del transformador con un autotransformador, en un rango de [170;230]V.

Pero antes, se expondrán las capturas del osciloscopio con los tres reguladores funcionando en 220V 50Hz, que serían unos 24Vrms en la salida del transformador(Figuras 10, 11 y 12).

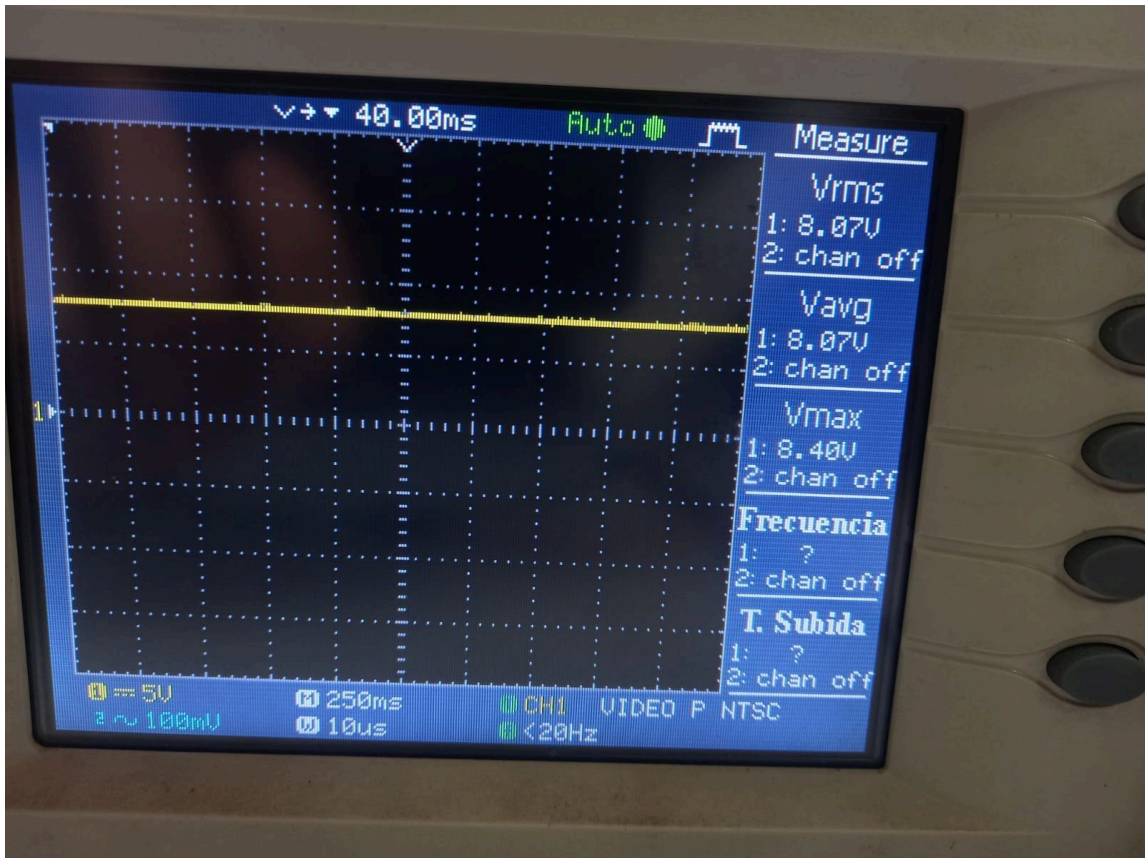


Figura 10: Regulador Serie

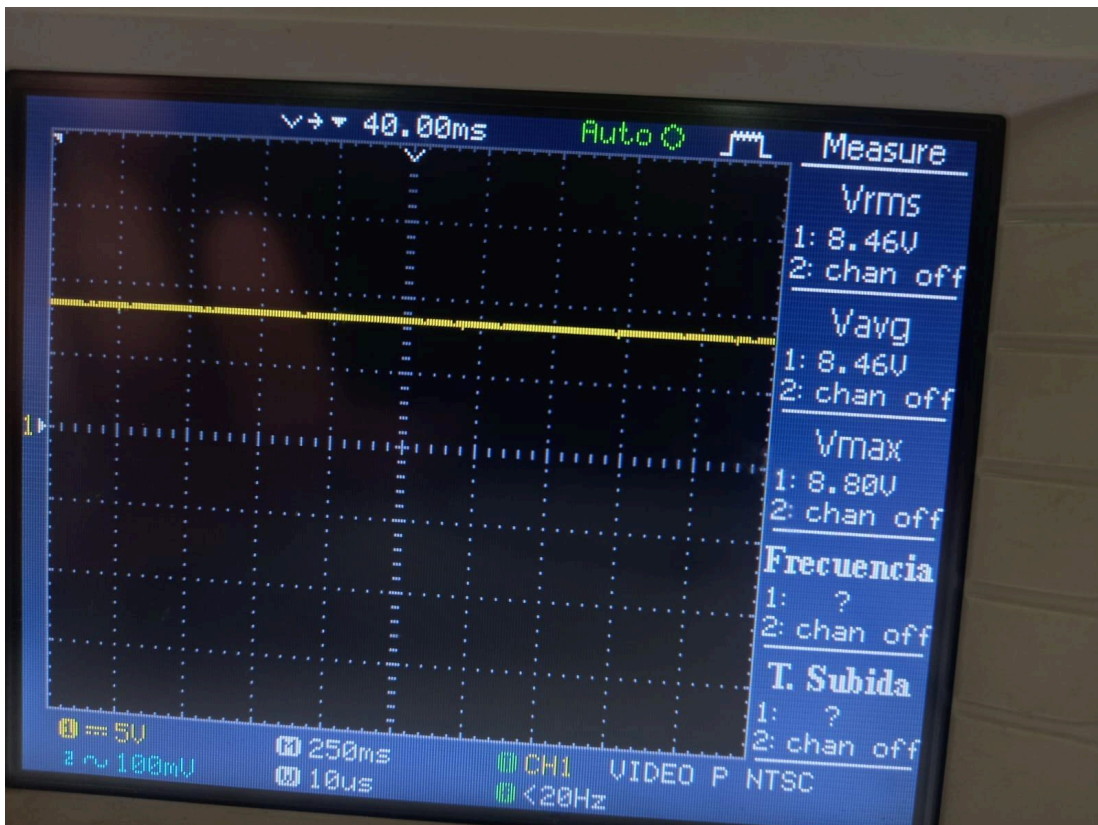


Figura 11: Regulador Paralelo

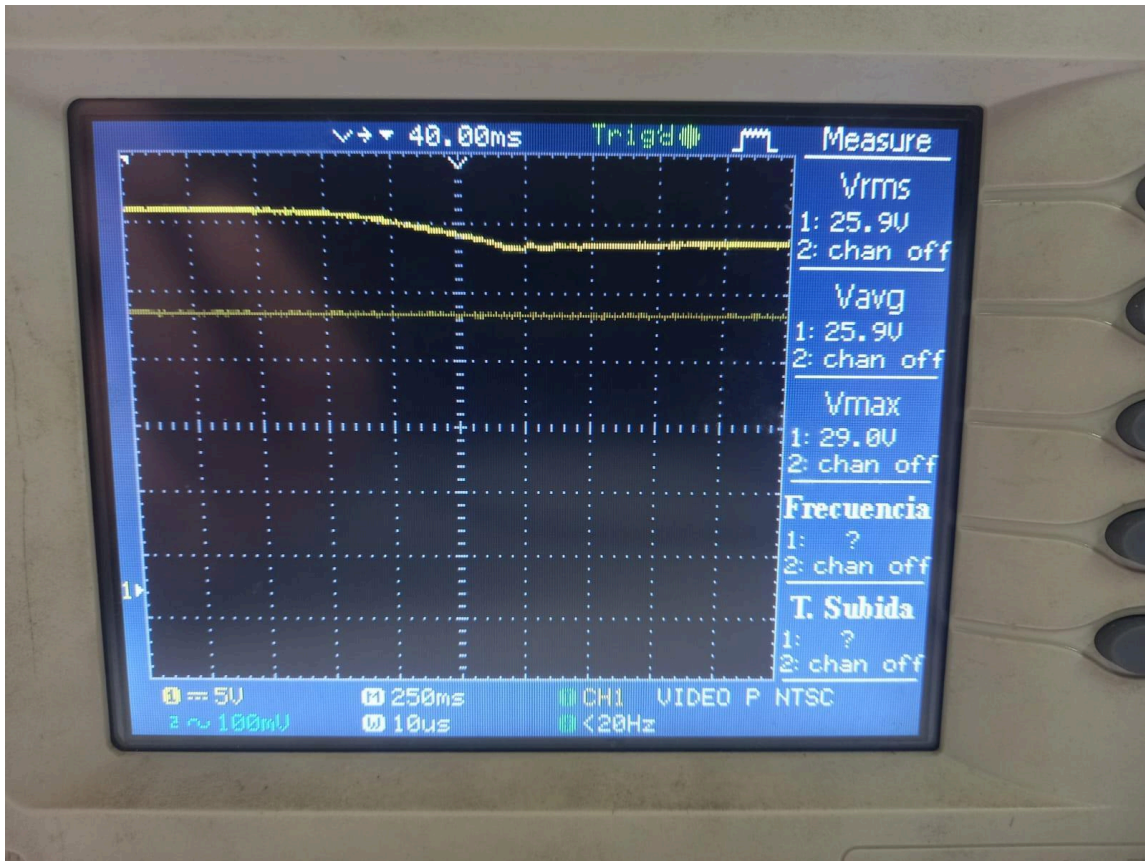
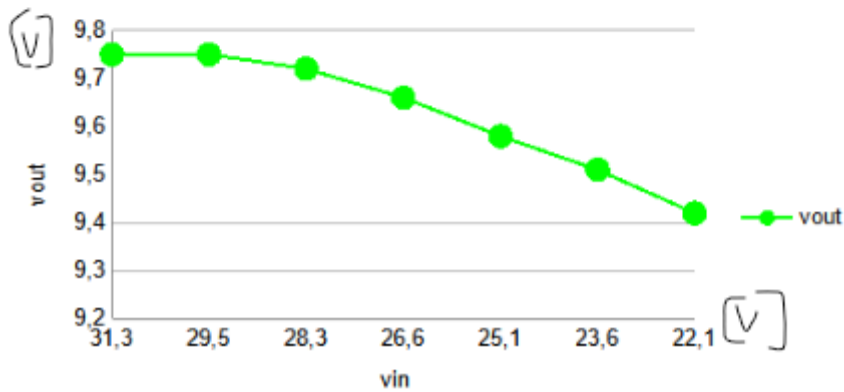
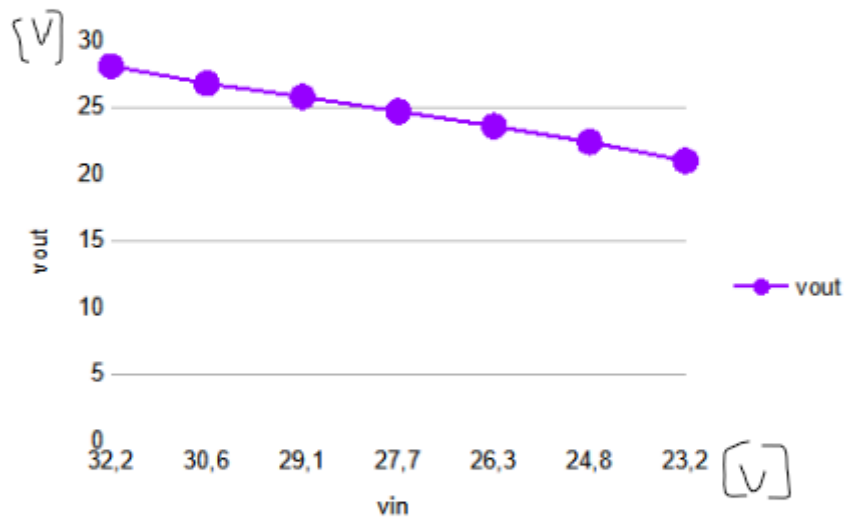
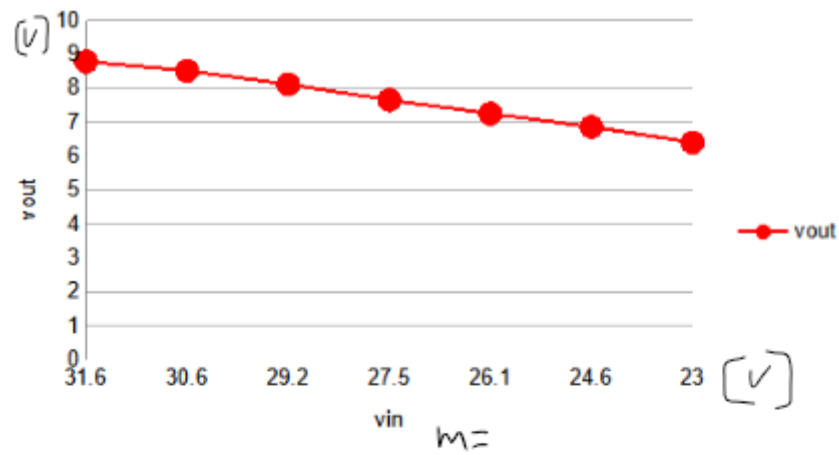


Figura 12: Regulador LM7824

Vemos dos líneas en la última foto de LM7824 pero esto probablemente se debió a que durante la medición se filtró una componente residual AC generando esa segunda línea de menor intensidad, se muestra 25.9V porque probablemente a la hora de hacer los cálculos utilizamos un transformador ideal, también porque la carga que se le colocó no fue suficiente ya que utilizamos resistencias que teníamos disponibles y no unas específicas, generando una salida más alta de la que esperábamos.

Habiendo visto estos valores, pasaremos a la etapa de regulación con el autotransformador, los cuales serán plasmados en tablas y gráficos de puntos para ver sus pendientes y con ello visualizar el porcentaje de variación.

	Paralelo		Serie		LM7824	
Autotrafo	Vin	Vout	Vin	Vout	Vin	Vout
230	31,6	8,78	31,3	9,75	32,2	28,1
220	30,6	8,51	29,5	9,75	30,6	26,8
210	29,2	8,11	28,3	9,72	29,1	25,8
200	27,5	7,65	26,6	9,66	27,7	24,7
190	26,1	7,25	25,1	9,58	26,6	23,6
180	24,6	6,86	23,6	9,51	24,8	22,4
170	23	6,4	22,1	9,42	23,3	21



También es importante analizar la regulación de línea que tuvo el circuito durante su prueba, la cuál expresa el cambio de la tensión de salida debido a un cambio de 1V en la entrada, y está dada por la siguiente ecuación

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta V_s} = \frac{r_z}{R_s + r_z}$$

Y con ella, se calculará la regulación de cada una de las configuraciones realizadas

Serie:

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta V_s} = \frac{rz}{R_s + rz} = \frac{2\Omega}{179\Omega + 2\Omega} = 0,005 \rightarrow 0,5\%$$

Paralelo:

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta V_s} = \frac{rz}{R_s + rz} = \frac{2\Omega}{296\Omega + 2\Omega} = 0,003 \rightarrow 0,3\%$$

Como se ve, los valores que se calcularon en ambos casos son menores que los esperados según los resultados. Esto se da debido a que a la hora de calcular el capacitor que funciona como filtro a la salida del rectificador, las curvas de schade cambiarían de valor por los cambios físicos que tienen los valores ya sea de resistencia o de salida del transformador, haciendo que la curva se desplace.

Gráficos Topológicos

Se presenta el circuito armado del rectificador y todos los reguladores en la misma protoboard. (Figura 13 y 14)

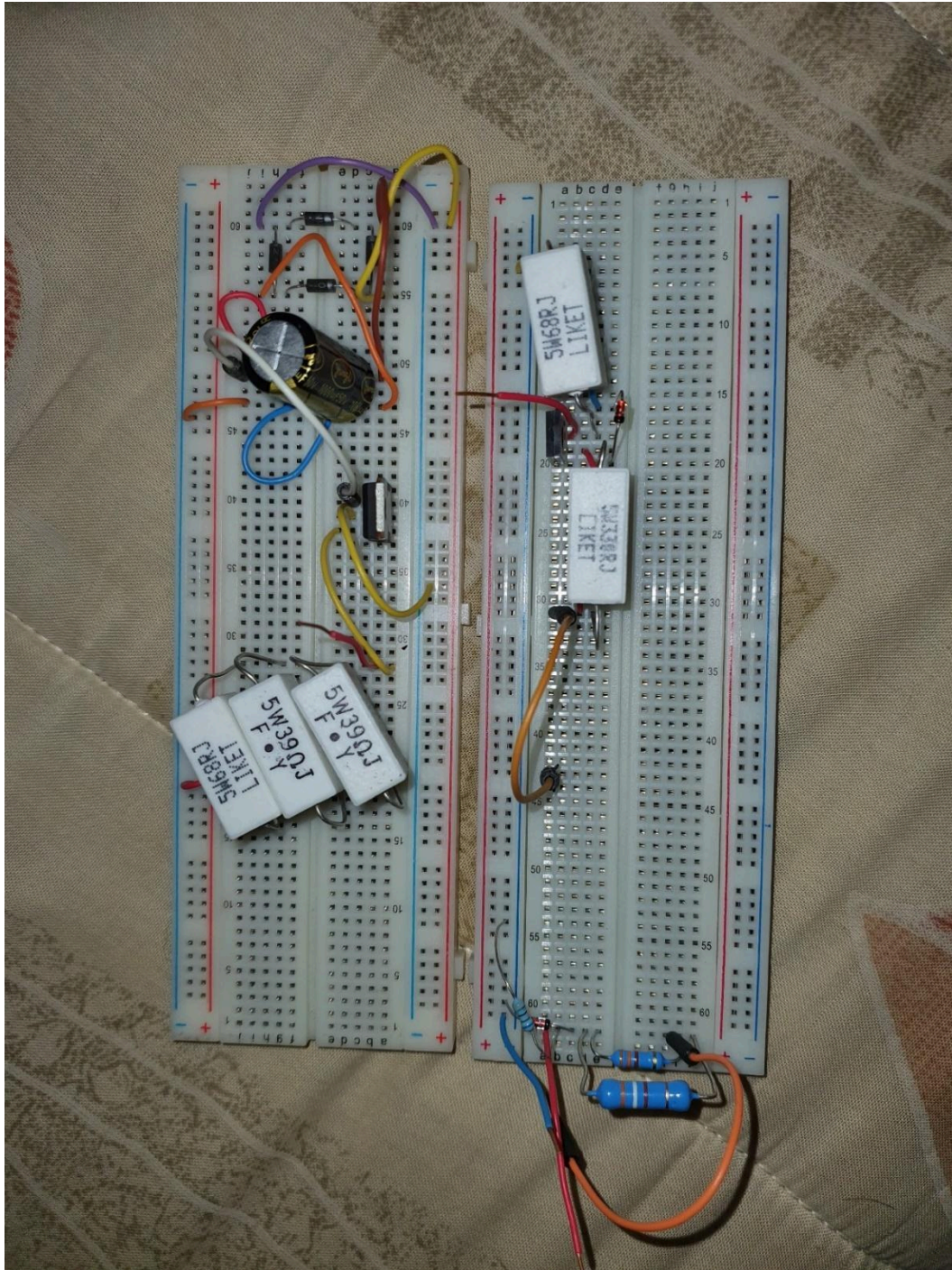


Figura 13: Circuito Físico

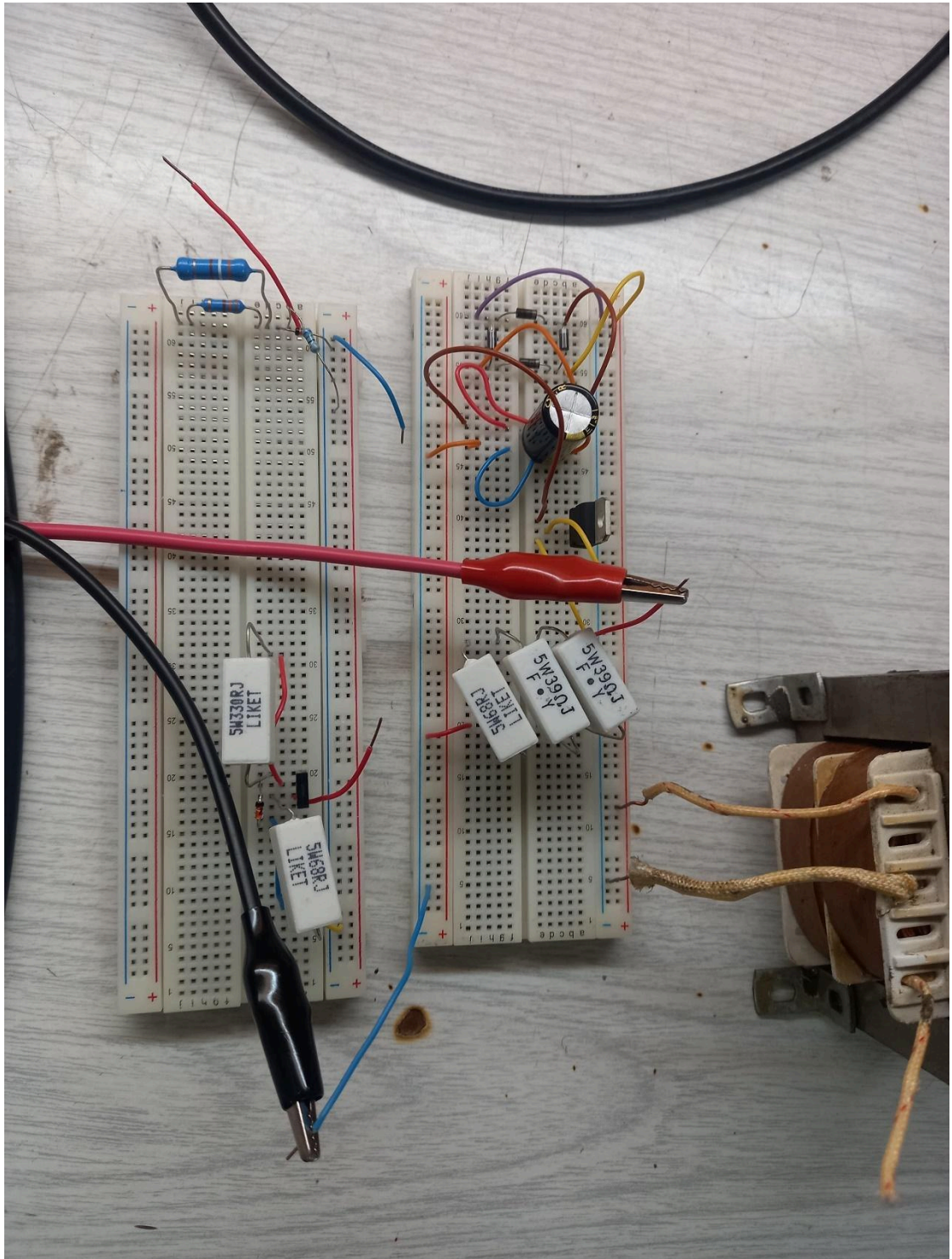


Figura 14: Conexión del circuito

Conclusiones

Como conclusión, podemos decir que la utilidad del circuito rectificador es infinitamente amplia, y su construcción es relativamente sencilla, aunque un factor muy importante a tener en cuenta es el factor de ripple, que puede influir en el uso que queremos darle a este circuito.

Para contrarrestar este problema y guiándonos por la consigna, logramos mejorar en gran manera la salida rectificada con los 3 tipos de reguladores planteados. Como contraparte, se tuvo ciertos problemas a la hora de bajar la regulación de línea, pero consideramos que se obtuvo un resultado aceptable dado el caso en el que se presenta el circuito en cuestión.

Bibliografía y datasheets

- [1] Miyara, Federico,” RECTIFICACIÓN”, rev2, 2012.
- [2]” Referencias y Reguladores de Tensión Lineales”, 2020.
- BD139
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/2920/MOTOROLA/BD139.html>
- 1N4001
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/14624/PANJIT/1N4007.html>
- 1N5346B
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-df/view/2827/MOTOROLA/1N5346B.html>
- LM7824
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/33411/UTC/LM7824.html>