



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

TRABAJO PRÁCTICO N.º 1

“Fuentes de tensión reguladas y no reguladas”

Grupo N°3

Alumnos:

Gallone, Francesco

Alfieri, Facundo Ezequiel

Gomez, Dolores Pilar

Profesor:

Joel Saliba

Agosto 2024

ÍNDICE

Consigna.....	3
Desarrollo y Cálculos	4
Diagramas circuitales y mediciones en simulador	7
Materiales	9
Comparaciones	10
Gráficos Topológicos.....	14
Conclusiones.....	16
Bibliografía y referencias.....	17

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

Para comenzar con el desarrollo del informe, se plantearán 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. Algo importante a tomar en cuenta es que, al tener este capacitor, los valores de $w * R_c * C$ van a cambiar de la siguiente manera

$$w * R_c * C = 2 * \pi * 50Hz * 1000\mu F = 17,03$$

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

$$17,03 * 0,8 = 13,63$$

Posterior a esto, se sigue con los cálculos de la tensión eficaz.

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

$$E_{t'max} = 43,83V + 2 * 0,7 = 45,23V$$

Teniendo este valor, definimos que la máxima tensión repetitiva de los semiconductores será de 46V (Redondeando para arriba por seguridad), pues $E_{t'max} = V_{rrm}$.

$$\frac{R_s}{n * R_c} \% = \frac{8,135\Omega}{2 * 81,35\Omega} = 5\%$$

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

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

$$\frac{I_{pkd}}{I_{od}} = 6,5 \rightarrow I_{pkd} = 6,5 * I_{od} = 6,5 * 0,3A = 1,95A \text{ con } V_{rrm} = 45,86V$$

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

$$I_{on} = \frac{E_{tmax}}{R_s} = \frac{45,86V}{5,42\Omega} = 8,46A$$

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

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

$$V_{dc \text{ minima carga}} = E_{t' max} = 34V$$

$$R\% = \frac{45,86 * 24}{45,68} * 100 = 47\%$$

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

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

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:

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

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 RS y RL 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

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

Finalmente se calcula la tensión de rizado.

$$V_r = \frac{I_L(Trafo)}{f * C} = \frac{600mA}{100Hz * 1000\mu F} = 6V$$

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

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

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 RL y Rs.

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

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

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

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

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

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 B) y la tensión de la carga del sistema (Canal A). (Figura 1 y 2)

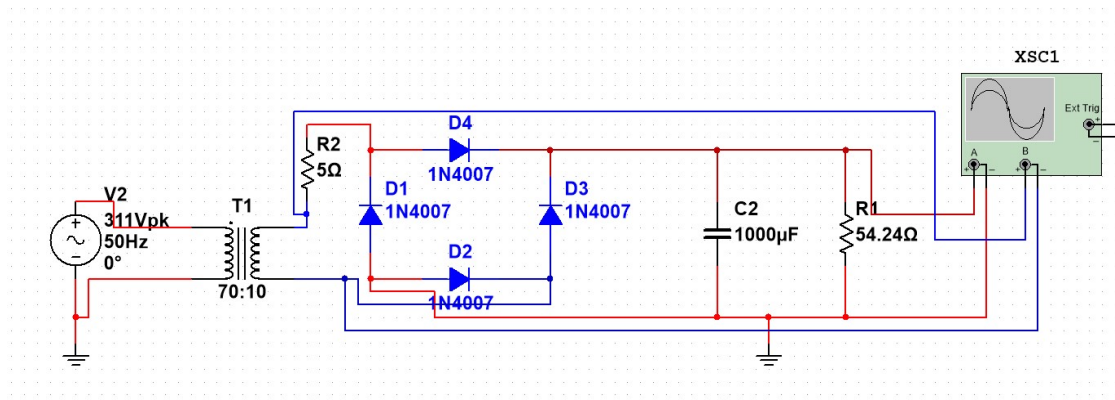


Figura 1: Rectificador de onda Completa con Filtro Capacitivo

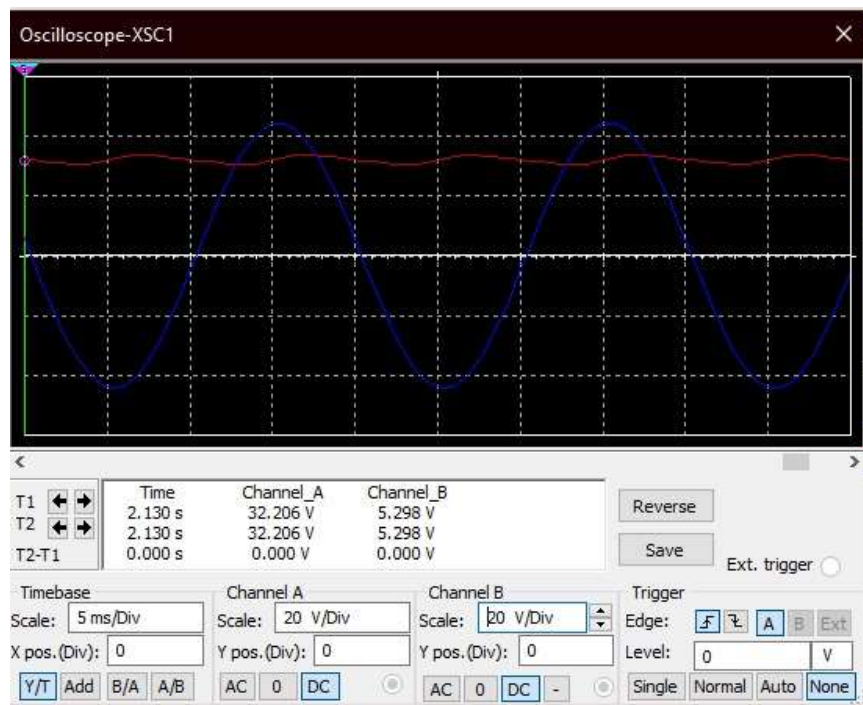


Figura 2: Comparación de entrada y salida

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 3)

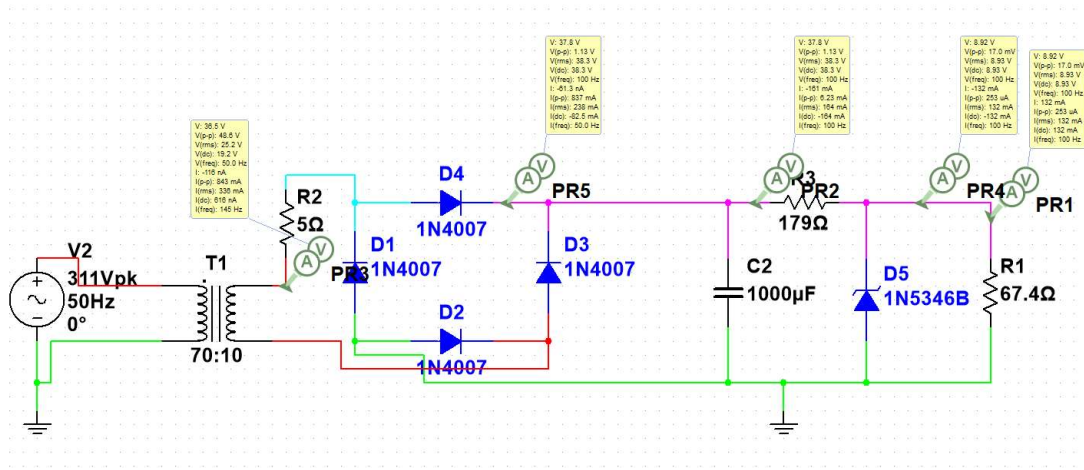


Figura 3: Circuito rectificador con regulador de tensión en paralelo

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 4)

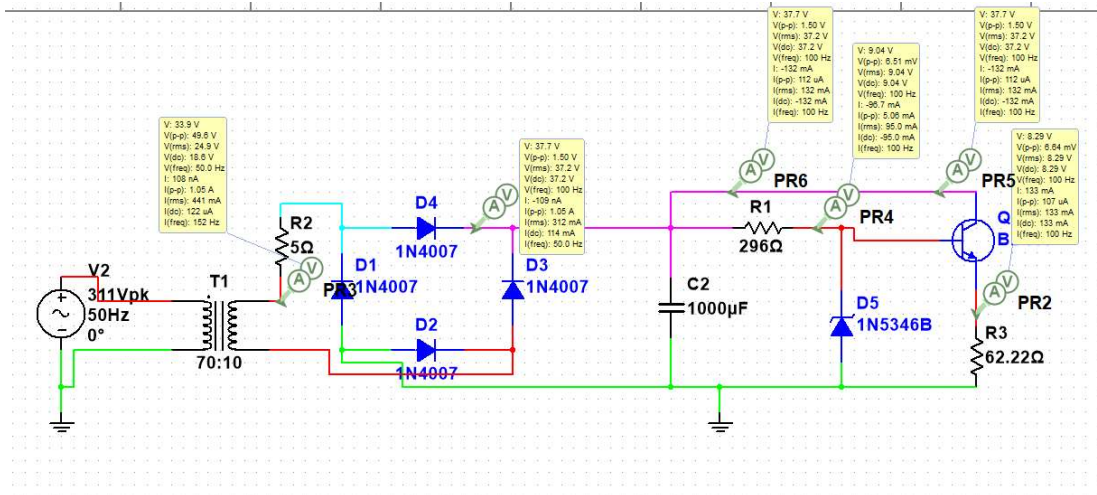


Figura 4: Circuito rectificador con regulador de tensión en serie

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 5)

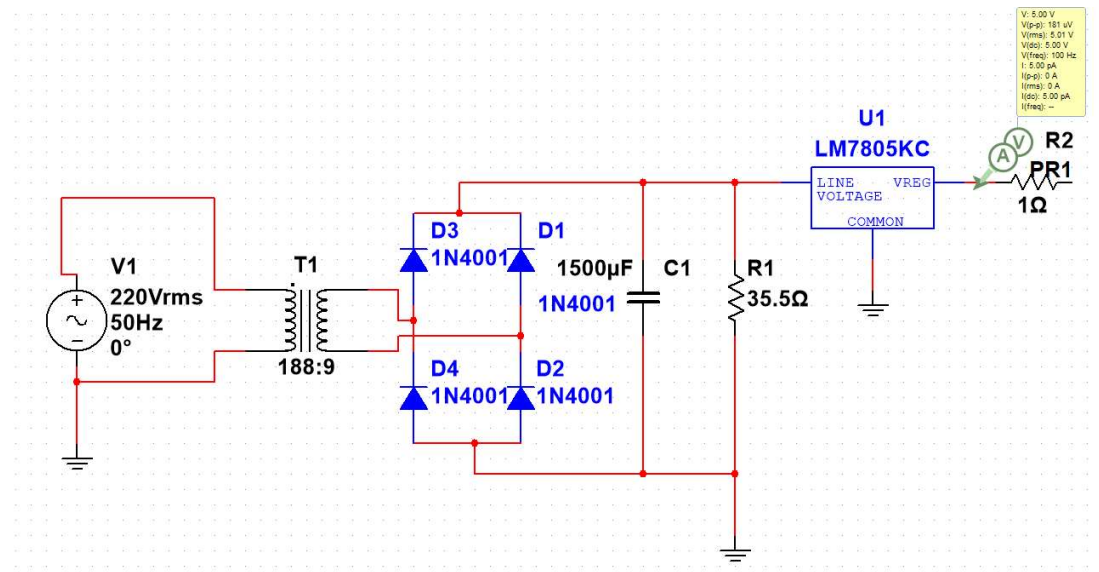


Figura 5: Circuito rectificador con regulador de tensión con LM7824

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 6, 7 y 8).

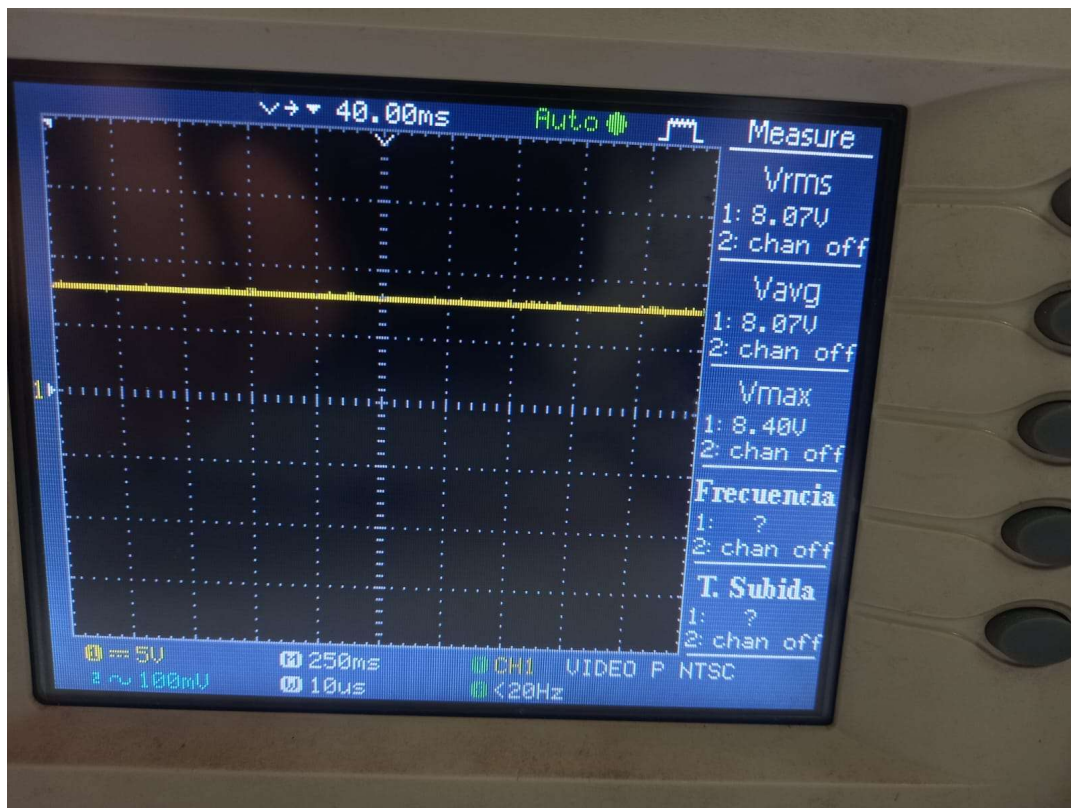


Figura 6: Regulador Serie

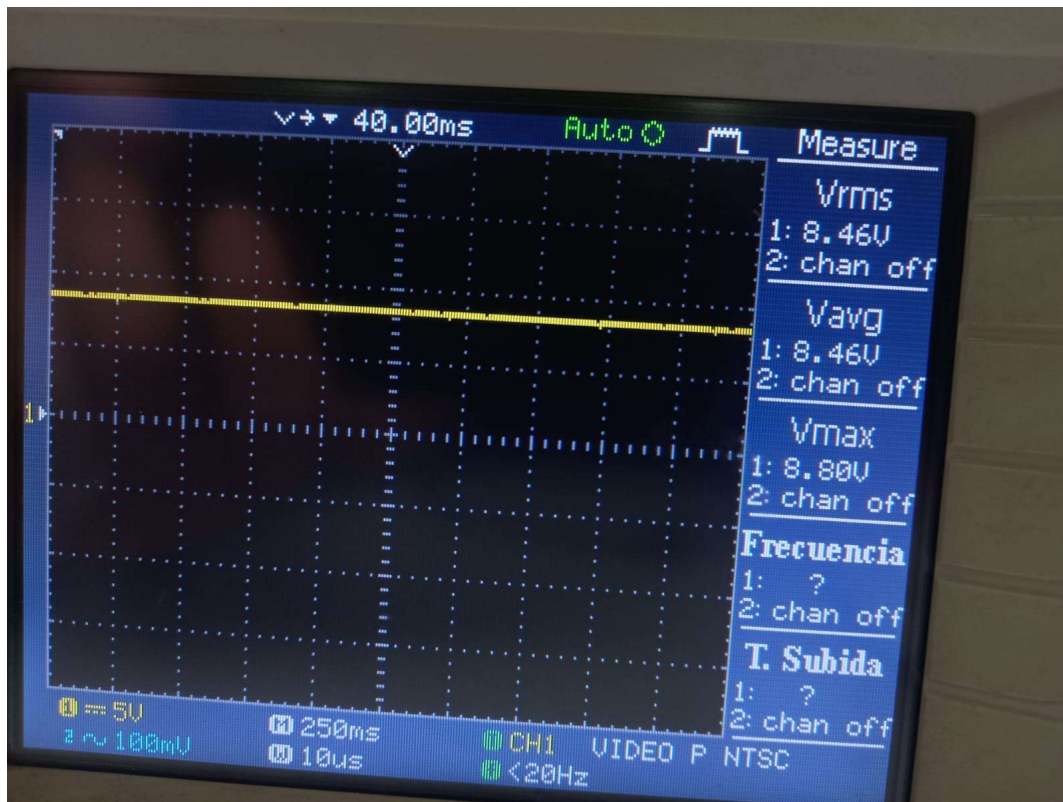


Figura 7: Regulador Paralelo

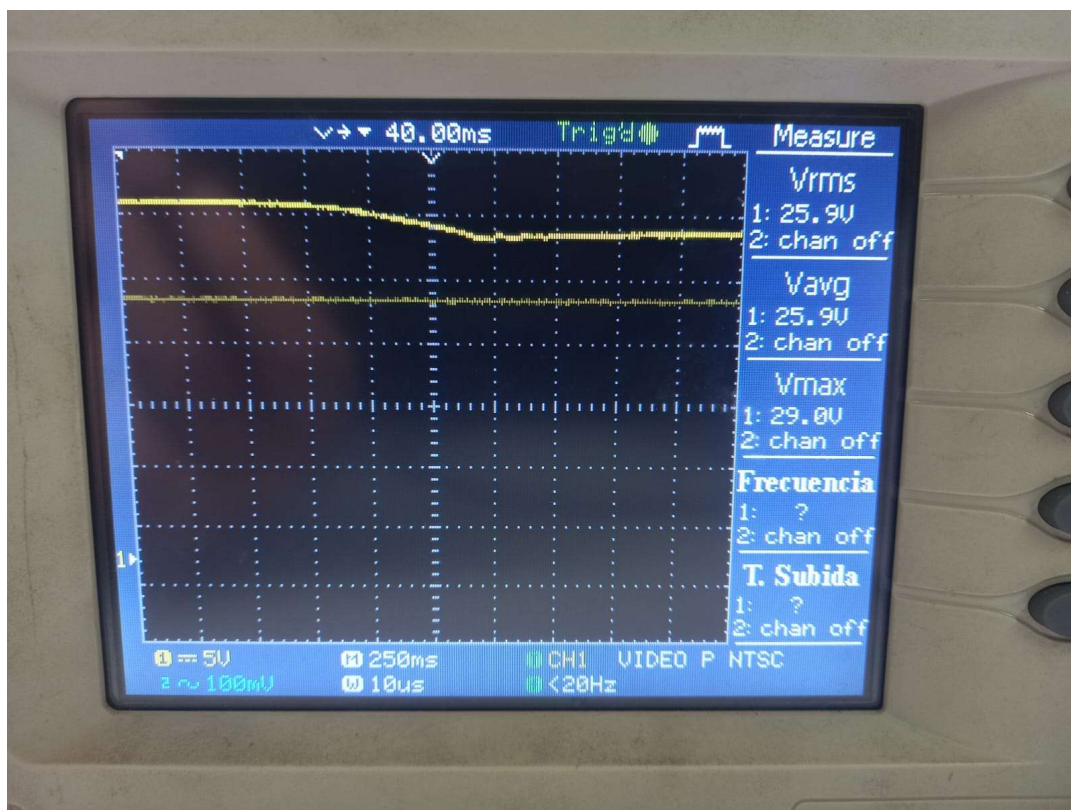
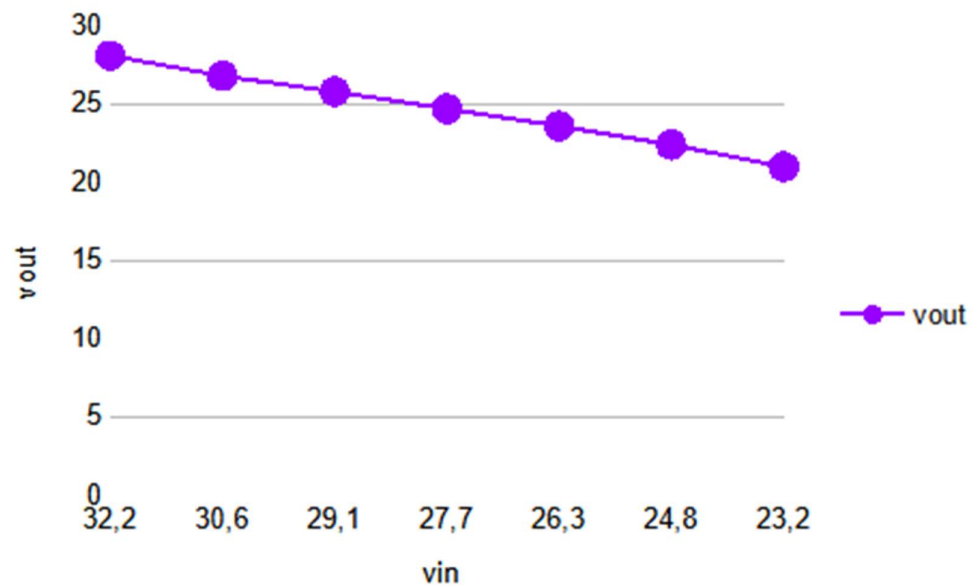
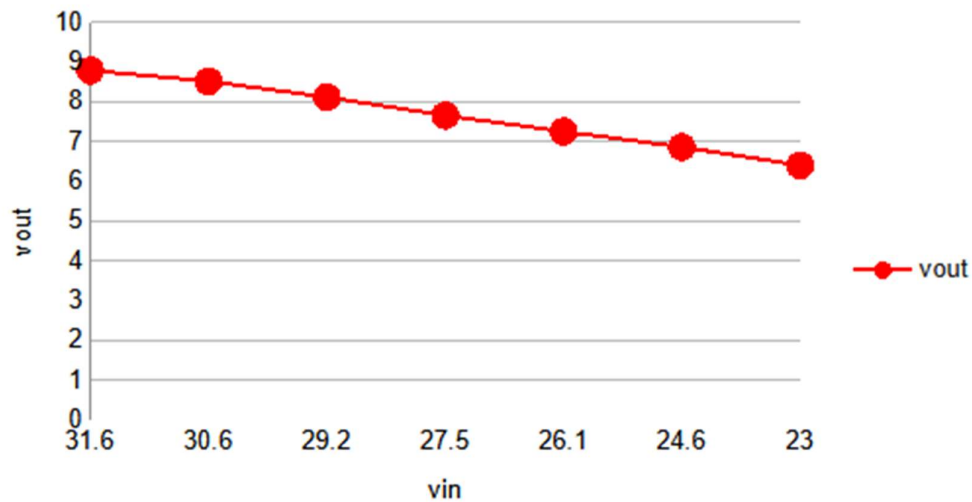
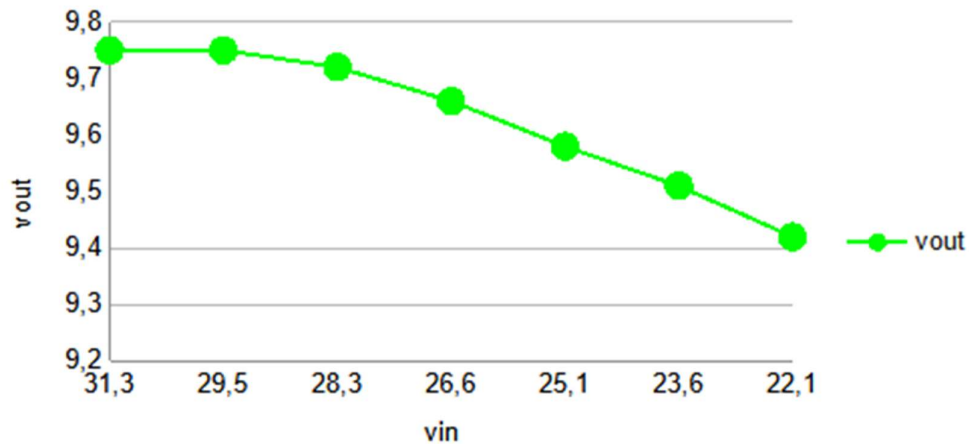


Figura 8: Regulador LM7824

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:

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

Paralelo:

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

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 9 y 10)

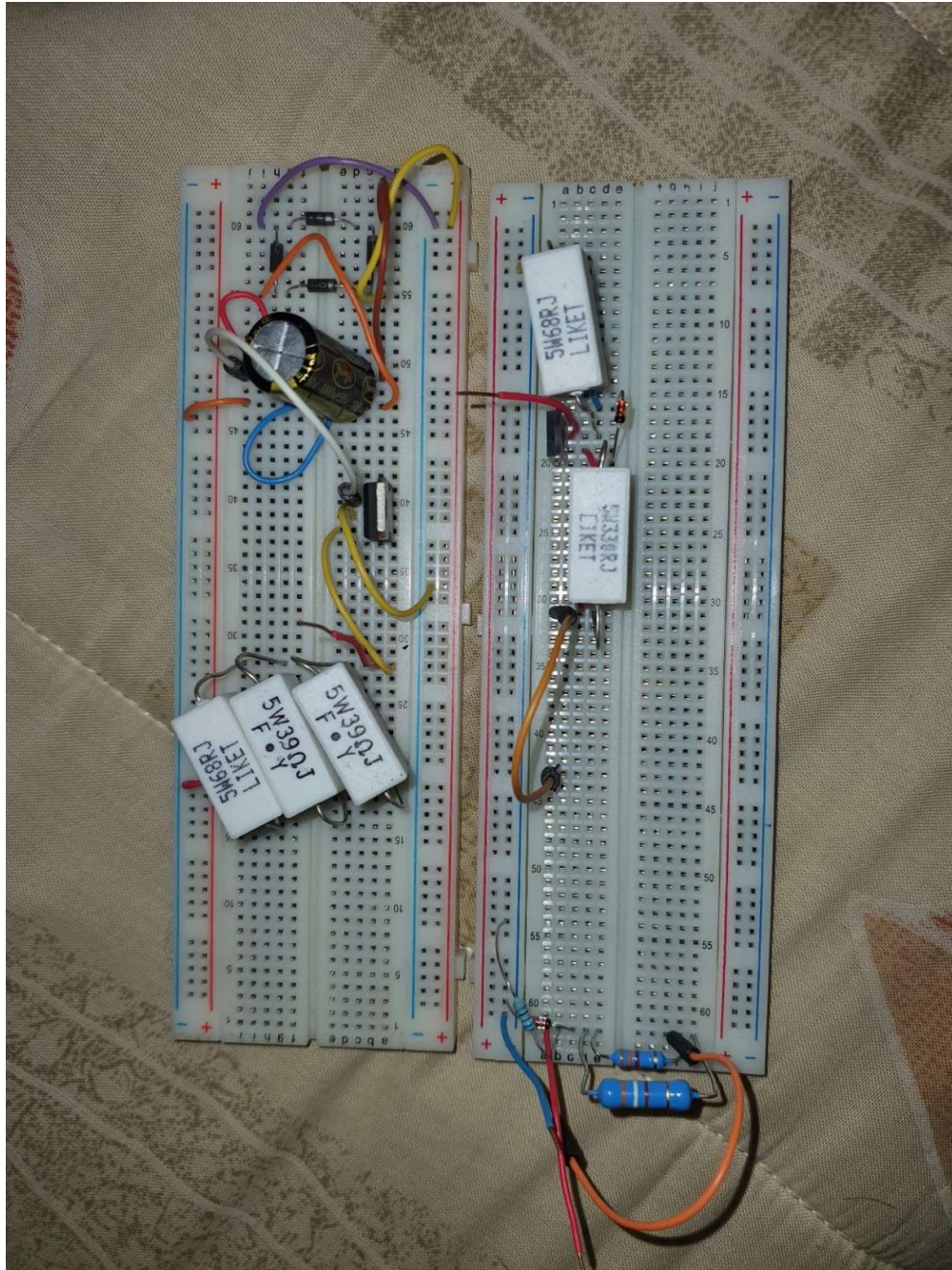


Figura 9: Circuito Físico

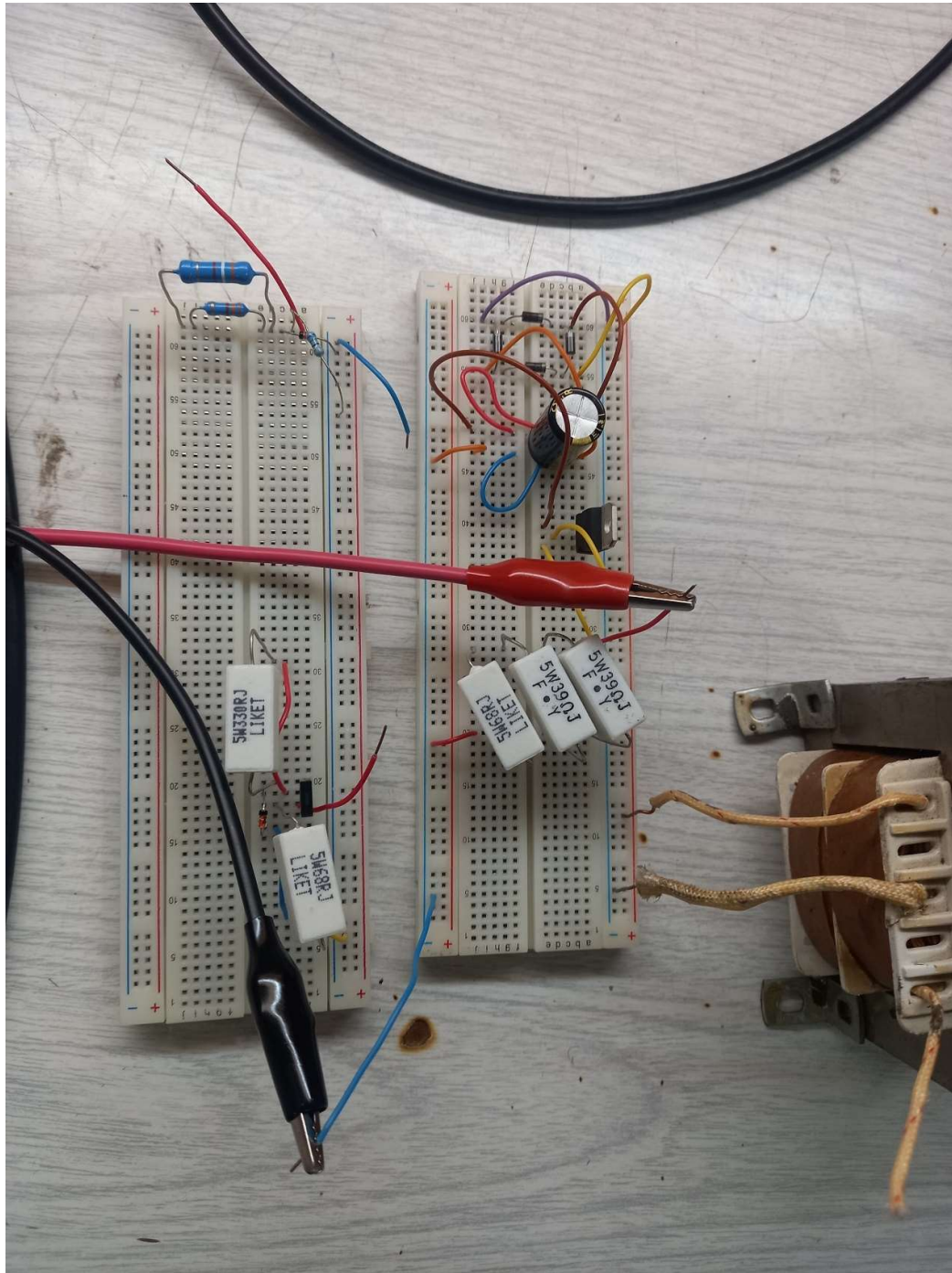


Figura 10: Conexión del circuito

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>