

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



CIRCUITOS ELECTRICOS

CIRCUITOS TRANSITORIOS  
Y RECTIFICACIÓN DE ONDAS

# CIRCUITOS TRANSITORIOS Y RECTIFICACIÓN DE ONDAS

ENTREGADO:

04 JULIO 2019

INTEGRANTES:

---

Huaroto Villavicencio Josué, 20174070I

---

Quesquen Vitor Angel, 20172019F

---

Landeo Sosa Bruno, 19774147I

---

Sotelo Caverro Sergio, 20172125K

PROFESOR:

---

ING. Tarazona Bermúdez, Bernabé

## **Resumen**

El presente trabajo es una comprobación de los fenómenos estudiados en la parte teórica del curso. Para ello, se utilizó los instrumentos disponibles del laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería mecánica.

# Índice general

<b>Índice de Figuras</b>	<b>III</b>
<b>1. Objetivos</b>	<b>1</b>
<b>2. Circuitos transitorios</b>	<b>2</b>
2.1. Materiales . . . . .	3
2.2. Comprobación experimental . . . . .	5
2.2.1. Subamortiguado . . . . .	5
2.2.2. Sobrearmortiguado . . . . .	5
2.2.3. Críticamente amortiguado . . . . .	6
2.3. Justificación del error experimental . . . . .	7
<b>3. Rectificación de ondas</b>	<b>8</b>
3.1. Rectificación de media onda . . . . .	8
3.1.1. Materiales . . . . .	8
3.1.2. Experiencia . . . . .	9
3.1.3. Polarización directa . . . . .	9
3.2. Rectificador de onda completa . . . . .	11
3.2.1. Materiales . . . . .	12
3.2.2. Experiencia . . . . .	12
<b>Conclusiones</b>	<b>14</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>15</b>



# Índice de figuras

3.1. Rectificación de ondas . . . . .	9
3.2. Osciloscopio mostrando la rectificación . . . . .	10
3.3. Osciloscopio mostrando la rectificación . . . . .	10
3.4. Generador de ondas . . . . .	11
3.5. Trabajo realizado para la comprobación experimental . . . . .	11
3.6. Rectificación de onda completa . . . . .	12
3.7. Conexión para la rectificación de ondas . . . . .	13
3.8. Maqueta . . . . .	16
3.9. Implementación de los componentes electrónicos . . . . .	16
3.10. Comprobación experimental de los resultados . . . . .	17
3.11. Rectificación de los resultados . . . . .	17

# Capítulo 1

## Objetivos

1. Familiarizarse con los instrumentos de medición del laboratorio de automatización.
2. Aprender mediante la experiencia el funcionamiento y comportamiento de los diversos elementos electricos y electronicos.
3. Observar los cuidados requeridos para cada instrumento.
4. Comparar el comportamiento teórico con el real de las distintas distribuciones usadas en la experiencia.

# Capítulo 2

## Circuitos transitorios

La respuesta natural de un circuito con un resistor, un inductor y un capacitor (RLC) puede tomar tres formas diferentes, dependiendo de los valores específicos de sus componentes. La ecuación característica del circuito RLC es:

$$s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0$$
$$s = \frac{-R \pm \sqrt{R^2 - 4L/C}}{2L}$$

Por comodidad definimos las variables  $\alpha$  y  $\omega$  como  $\frac{R}{2L}$  y  $\frac{1}{\sqrt{LC}}$  respectivamente. Donde  $\alpha$  se llama factor de amortiguamiento y  $\omega$  es la frecuencia de resonancia. Dependiendo de los tres casos se presentan distintas soluciones:

1. **Sobreamortiguado.** Si  $\alpha > \omega$
2. **Críticamente amortiguado.** Si  $\alpha = \omega$
3. **Subamortiguado.** Si  $\alpha < \omega$

Siendo las soluciones:

1. **Sobreamortiguado**

$$v(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

2. **Críticamente amortiguado**

$$v(t) = A_1 t e^{-\alpha t} + A_2 e^{-\alpha t}$$

3. **Subamortiguado**

$$v(t) = B_1 e^{-\alpha t} \cos \omega t + B_2 e^{-\alpha t} \sin \omega t$$



## 2.1. Materiales

Para encontrar los valores de resistencias, capacitancias e inductancias para generar los 3 casos utilizamos el siguiente código escrito en C++ y Python:

### Circuito transitorio 2.1: C++

```
1 #include <bits/stdc++.h>
2 using namespace std;
3 int main(){
4     float aux1 = 1,aux2 = -1;
5     int firstansw = 0,secondansw = 0,thirdansw = 0;
6     int answ1 = 0;
7     int answ2 = 0;
8     int answ3 = 0;
9     int res[6] = {10000,6800,2150,100,200,4950};
10    float cap[4] = {10,100,4.7,2.2};
11    float ind[4] = {20,0.001,0.01,0.0047};
12    for(int i=0; i<6; i++){
13        for(int j=0; j<4; j++){
14            for(int k=0; k<4; k++){
15                float alpha = 500.0*res[i]/ind[k];
16                float omega = 1000000.0/sqrt(1.0*ind[k]*cap[j]);
17                if(abs(alpha-omega)<0.1){
18                    cout<<"Críticamente amortiguado:\n";
19                    cout<<res[i]<<"Ohm " <<cap[j]<<"nF " <<ind[k]<<"mH\n";
20                }
21                if(alpha-omega < 0){
22                    if(aux1 > alpha-omega){
23                        aux1 = alpha-omega,firstansw = i,secondansw = j,thirdansw = k;
24                    }
25                }
26                if(alpha-omega > 0){
27                    if(aux2 < alpha - omega){
28                        aux2 = alpha-omega,answ1 = i,answ2 = j,answ3 = k;
29                    }
30                }
31            }
32        }
33    }
34    cout<<"Subamortiguado:\n";
35    cout<<res[firstansw]<<"Ohm " <<cap[secondansw]<<"nF " <<ind[thirdansw]<<"mH\n";
36    cout<<"Sobreamortiguado:\n";
37    cout<<res[answ1]<<"Ohm " <<cap[answ2]<<"nF " <<ind[answ3]<<"mH\n";
38    return 0;
39 }
```

## Circuito transitorio 2.2: Python

```
1 import math
2 aux1 = 0
3 aux2 = -1
4 res = [10000,6800,2150,100,200,4950]
5 cap = [10,100,4.7,2.2]
6 ind = [20,0.001,0.01,0.0047]
7 for i in range(0,6):
8     for j in range(0,4):
9         for k in range(0,4):
10             alpha = 500*res[i]/ind[j];
11             omega = 1000000*math.sqrt(ind[k]*cap[j]);
12             if abs(alpha-omega)<0.1:
13                 print("Críticamente amortiguado:")
14                 print(res[i], "Ohm", cap[j], "nF", ind[k], "mH")
15             if alpha-omega < 0:
16                 if aux1 > alpha-omega:
17                     aux1 = alpha-omega
18                     firstansw = i
19                     secondansw = j
20                     thirdansw = k
21             if alpha-omega > 0:
22                 if aux2 < alpha-omega:
23                     aux2 = alpha-omega
24                     answ1 = i
25                     answ2 = j
26                     answ3 = k
27 print("Subamortiguado:")
28 print(res[firstansw], "Ohm", cap[secondansw], "nF", ind[thirdansw], "mH")
29 print("Sobreamortiguado:")
30 print(res[answ1], "Ohm", cap[answ2], "nF", ind[answ3], "mH")
```

Ambos códigos arrojan como salida:

Subamortiguado:

100 Ohm 2.2nF 0.01mH

Sobreamortiguado:

10000 Ohm 100nF 0.001mH

El valor de críticamente amortiguado no es obtenido, pero al hacer un acoplamiento en paralelo de las resistencias de 6.8kOhm y 10kOhm con 4.7 nF y 20 mH se obtiene un comportamiento cercano al críticamente amortiguado:

$$\alpha = 101190 \quad \omega = 103142 \longrightarrow \frac{\alpha - \omega}{\omega} \cdot 100 \% = 1.928689 \%$$

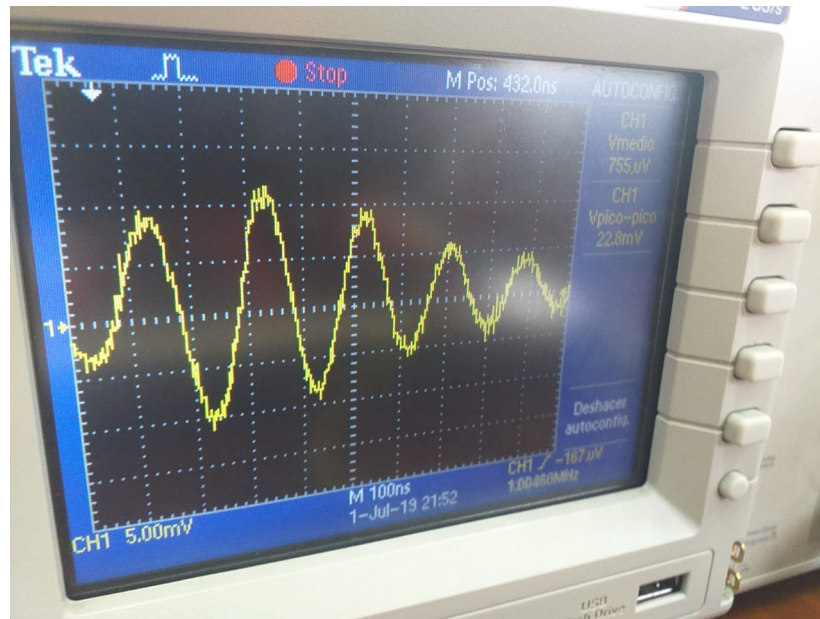
Críticamente amortiguado:

6.8kOhm + 10kOhm 4.7 nF 20 mH

## 2.2. Comprobación experimental

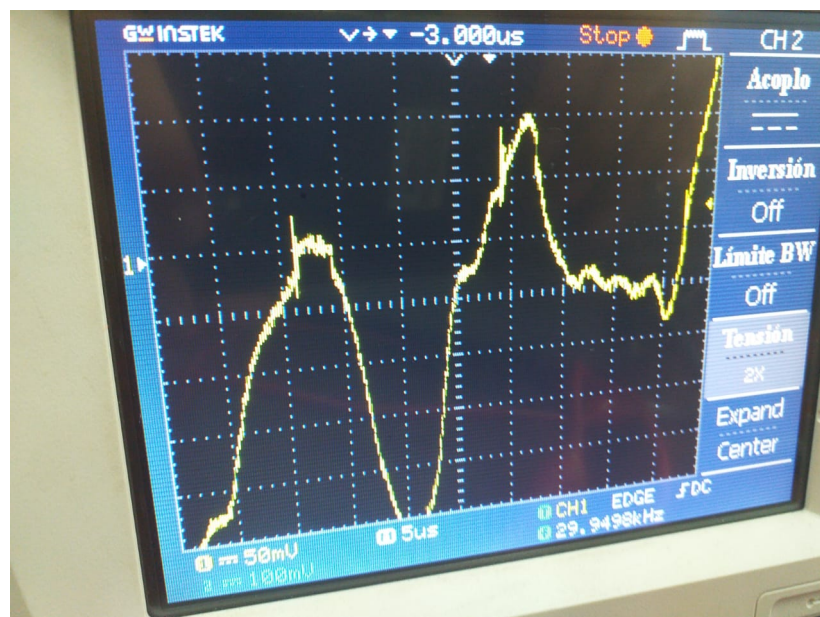
### 2.2.1. Subamortiguado

Con la configuración de 100 Ohm, 2.2 nF y 10  $\mu$ H. Con la configuración de 10 kOhm, 100 nF y 1  $\mu$ H.



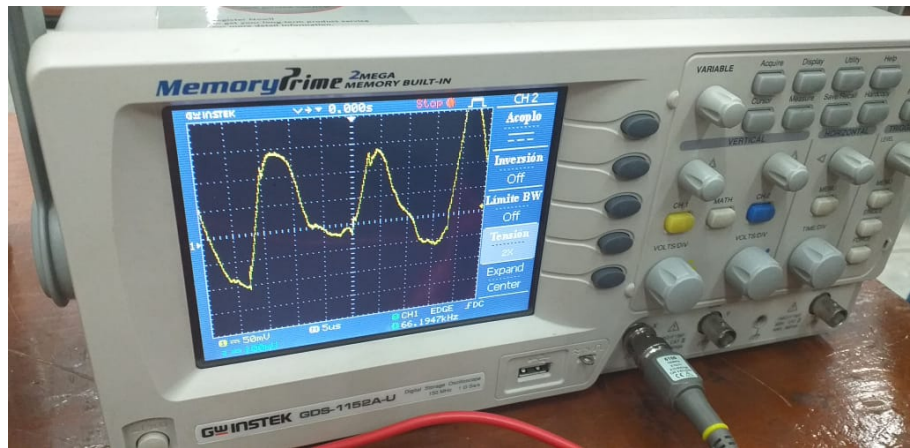
### 2.2.2. Sobreamortiguado

Con la configuración de 10 kOhm, 100 nF y 1  $\mu$ H.



### 2.2.3. Críticamente amortiguado

Con la configuración de 10 kOhm y 6.8 kOhm en paralelo, 4.7 nF y 20 mH.



## 2.3. Justificación del error experimental

Observamos en las imágenes del osciloscopio que la forma de la onda no es muy parecida a los resultados teóricos. El error puede deberse a que a menudo es muy difícil conseguir un comportamiento críticamente amortiguado, sin embargo; lo ideal podría ser muy cercano; ello se observa en nuestro porcentaje de error que es menor al 2 %. La interferencia y las medidas que nos da el generador de corriente continua también pueden ser un factor que altera la gráfica del osciloscopio, pues se observa un comportamiento errático en el tiempo; lo que indica que no ha estado recibiendo una cantidad constante de voltaje. Las gráficas entonces coinciden con la solución esperada al considerar fuentes de corriente alterna. La explicación para esto es sencilla; los valores de inductancia son muy pequeños y para conseguir comportamientos sobreamortiguados y críticos fue necesario usar valores muy pequeños de resistencias y capacitancias; haciendo el comportamiento de la corriente más sensible al cambio de voltaje que podría entregarnos la fuente; así una pequeña interferencia entre la fuente y el circuito armado produce grandes cambios sinusoidales en la gráfica mostrada por el osciloscopio.

# Capítulo 3

## Rectificación de ondas

### 3.1. Rectificación de media onda

Para la rectificación de media onda solo es necesario un diodo, estos elementos son capaces de cambiar la forma de señal de la onda en la entrada. En este caso el diodo elimina la mitad de la señal que recibe en la entrada, en función de como este polarizado el diodo; si la polarización es directa, se elimina la parte negativa de la señal, y si la polarización es inversa se elimina la parte positiva de la señal. Al momento de rectificar en media onda es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

Parámetro	Fórmula	Observaciones
Valor medio de la tensión	$V_{med} = \frac{V_{max}}{\pi}$	Es la media aritmética de todos los valores instantáneos de la señal comprendidos en un intervalo.
Valor eficaz de la tensión	$V_{ef} = \frac{V_{max}}{2}$	Este valor de tensión lo podemos comprobar con un polímetro
Valor medio de la intensidad	$I_{med} = \frac{V_{med}}{R}$	Se obtienen aplicando la ley de Ohm a los valores de la tensión
Valor eficaz de la intensidad	$V_{ef} = \frac{V_{ef}}{R}$	

#### 3.1.1. Materiales

1. 1 resistencia de 2.15 kOhm
2. 1 diodo 1N5399 LD, Máximo 1 A
3. Osciloscopio
4. Generador de ondas
5. Cables de conductores

### 3.1.2. Experiencia

1. Con ayuda de los cables formamos el circuito conformado por el diodo y el resistor.
2. Conectamos la sonda del osciloscopio a los extremos de la resistencia de tal manera que el positivo quede entre el diodo y la resistencia, el negativo estará en el otro extremo.
3. Para este primer arreglo se tendrá en el osciloscopio una media onda donde se eliminaron los ciclos negativos. Se elige la escala adecuada y se comprueban los valores.

### 3.1.3. Polarización directa

Para 12V, 2.15kOhm, 1 diodo:

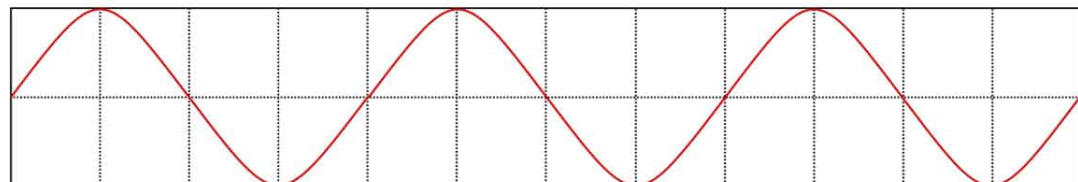
$$V = V_{ef} \sqrt{2} \cdot \sin \omega t$$

La corriente que pasa por la carga es:

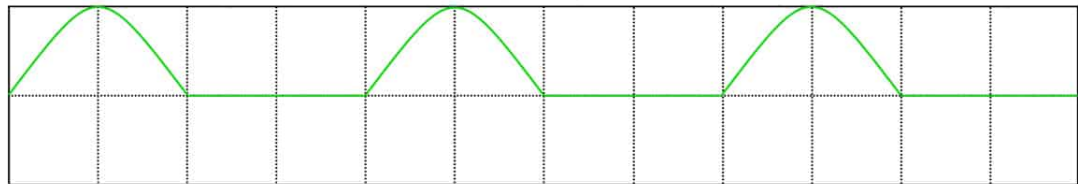
$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{R} = \frac{12\sqrt{2}}{2150} = 0.0008 \text{ A}$$

Este valor es menor que 1A , por lo tanto el diodo no excederá su límite.

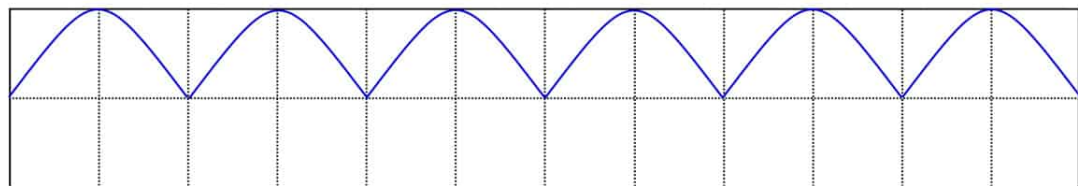
La tensión entre los bornes de la resistencia es corregida por el diodo, quedando de la siguiente manera:



Señal sinusoidal



Media-Onda de rectificación



Onda de rectificación completa

Figura 3.1: Rectificación de ondas



La señal de la onda es modificada eliminando los ciclos negativos, debido a la posición del diodo con respecto a la fuente. Teóricamente el valor máximo debe ser el mismo, pero el diodo no es un elemento ideal, por lo que produce una ligera caída de tensión de aproximadamente 0.7V.

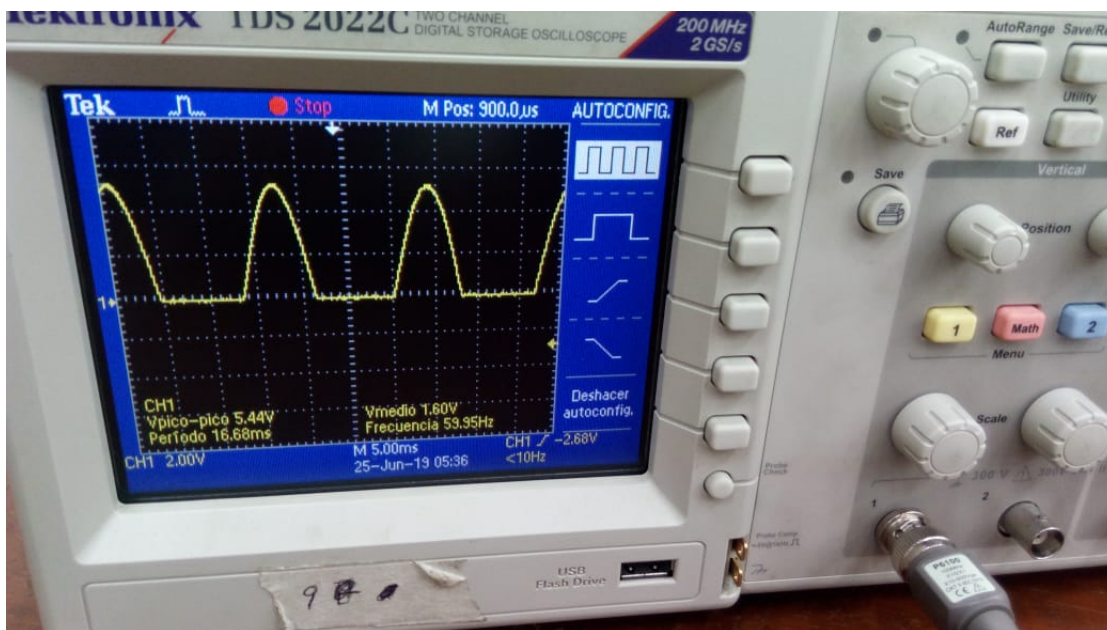


Figura 3.2: Osciloscopio mostrando la rectificación

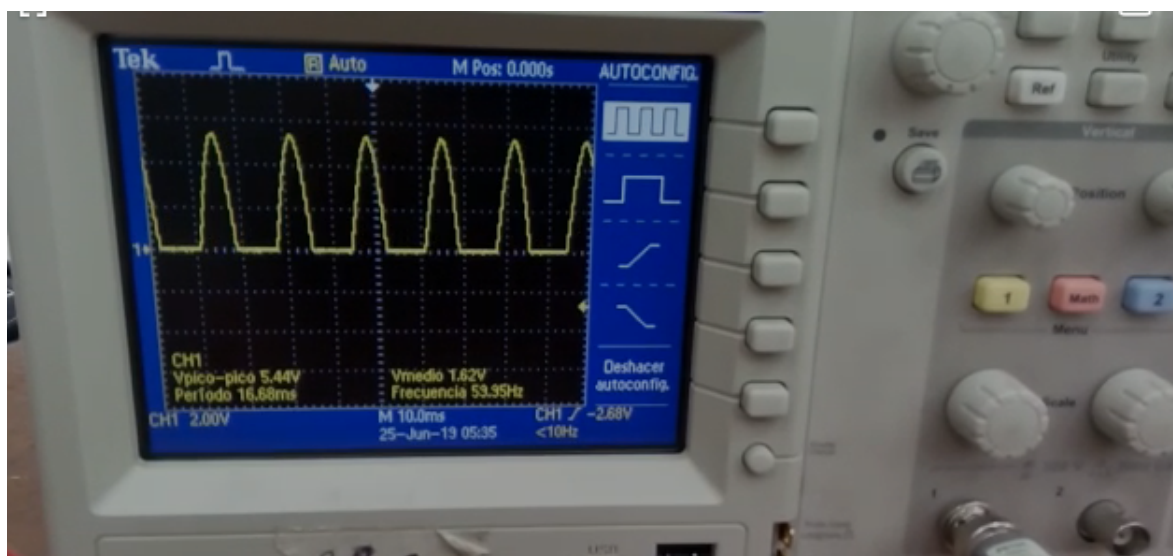


Figura 3.3: Osciloscopio mostrando la rectificación





Figura 3.4: Generador de ondas

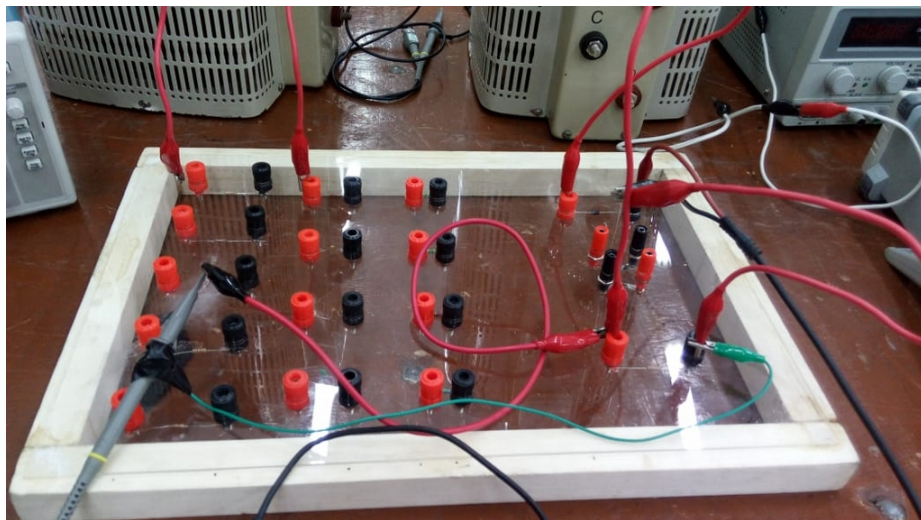


Figura 3.5: Trabajo realizado para la comprobación experimental

## 3.2. Rectificador de onda completa

El circuito rectificador de onda completa es el más empleado para la alimentación de los equipos electrónicos. En nuestro caso usaremos un puente de diodos para rectificar.

### 3.2.1. Materiales

- 1 resistencia de 2.15 kOhm
- 1 puente de diodos W08, máximo 1 A
- Osciloscopio
- Generador de ondas
- Cables conductores

### 3.2.2. Experiencia

1. Con ayuda de los cables formamos el circuito conformado por el puente de diodos y el resistor.
2. Conectamos la sonda del osciloscopio a los extremos de la resistencia donde se recibe la onda rectificada.
3. Para esta experiencia se obtiene en el osciloscopio una onda completa rectificada, donde los ciclos negativos se convirtieron en positivos. Se elige la escala adecuada y se comprueban los valores.

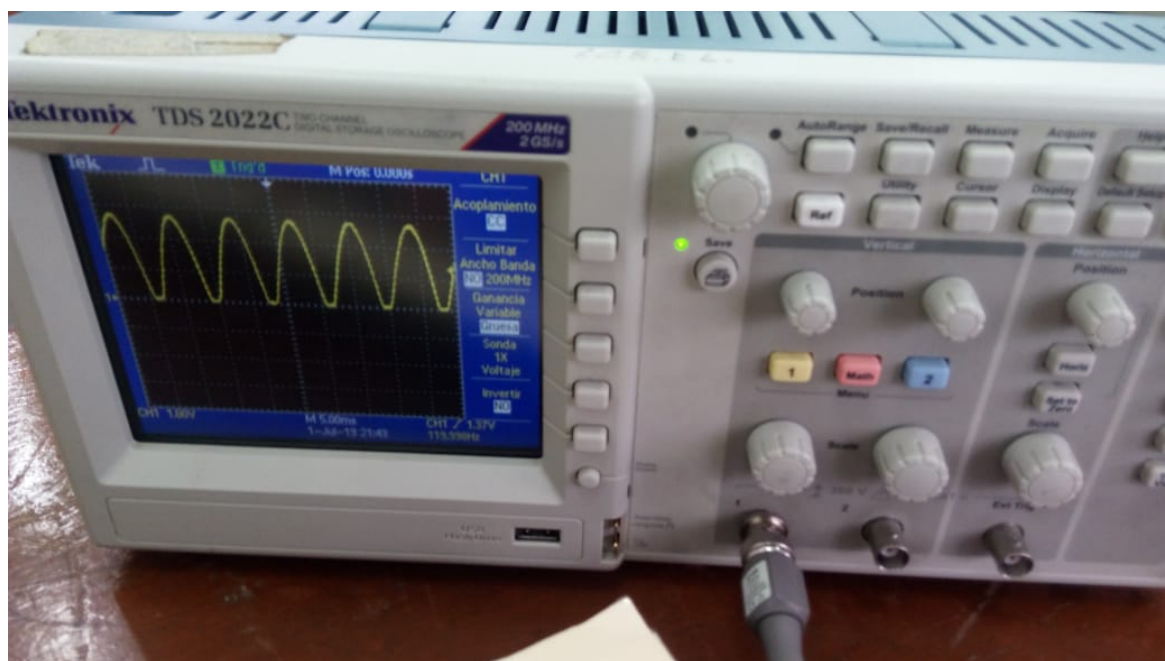


Figura 3.6: Rectificación de onda completa

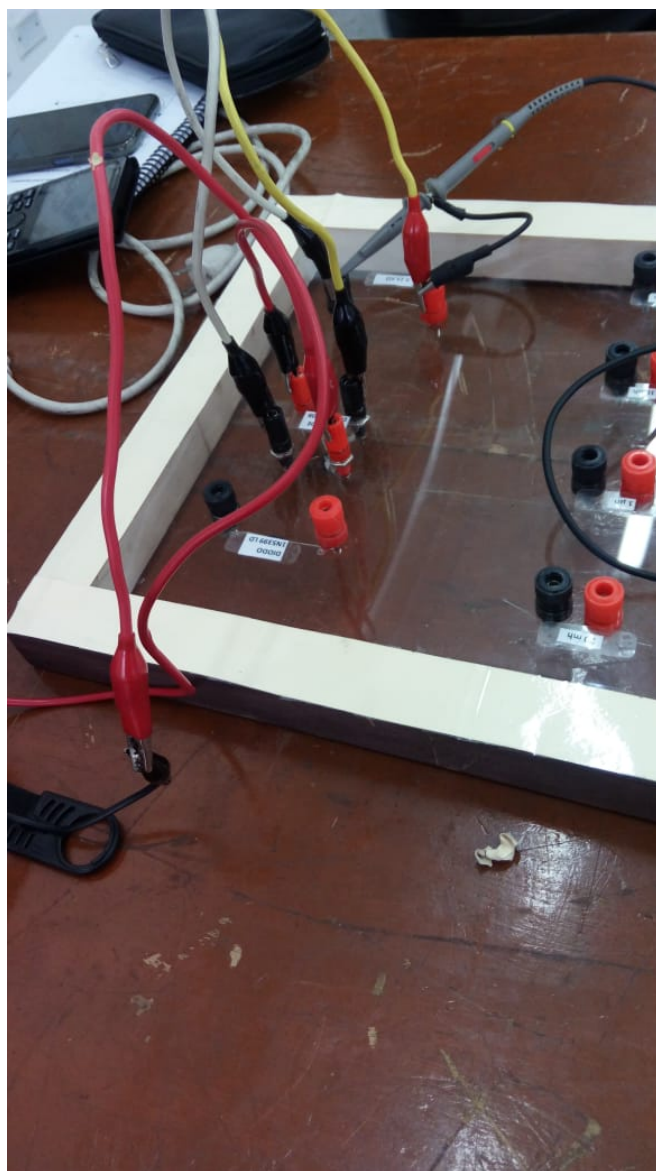


Figura 3.7: Conexión para la rectificación de ondas

# Conclusiones

1. Se comprueba el funcionamiento del diodo cuando se hace pasar una corriente con funcion de onda sinusoidal y esta es modificada quedando solo las partes positivas o las negativas segun la orientacion del diodo.
2. El puente de diodos es el resultado de acoplar diodos con el fin de modificar la forma de la onda y hacerla mas estable.
3. Se concluye que en circuitos RC y RL el aumento de la frecuencia es una buena opción para modificar el desfase.
4. El régimen transitorio de un circuito solo puede ser subamortiguado, sobreamortiguado o críticamente amortiguado.
5. El régimen transitorio nos indica como fluctua la corriente a través del tiempo antes de llegar a ser estable.
6. Concluimos en que SerGod no nos pasó conclusiones.
7. Lo mismo que el de arriba :v.

# Bibliografía

- [1] Boylestad, Robert L. “Introducción al análisis de circuitos”. *Pearson*.
- [2] Sadiku, Matthew N. y Alexander, Charles K. “Fundamentos de circuitos eléctricos”. *Mc Graw Hill*
- [3] Zill, Dennis G. “Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado”. *Thomson*

## Anexos



Figura 3.8: Estructura de la maqueta antes de implementar los componentes electrónicos



Figura 3.9: Implementación de los componentes electrónicos





Figura 3.10: Comprobación experimental de los resultados



Figura 3.11: Rectificación de los resultados