

## 1. OBJETIVOS

- Modelar una señal periódica distorsionada AC (periódica no sinusoidal) a una señal periódica sinusoidal pura limitando hasta el décimo armónico.
- Hallar los coeficientes de la serie de Fourier  $c_0$ ,  $a_n$  y  $b_n$ .
- Graficar los diferentes resultados obtenidos a partir de los cálculos con respecto al tiempo.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### La serie de Fourier.

Es una expresión que representa una señal continua por medio de una sumatoria de señales sinusoidales puras; una suma armónica de frecuencias con múltiplos exactos de la fundamental. Su modelo matemático se expresa:

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^N a_n \cos(n\omega t_n) + \sum_{n=1}^N b_n \sen(n\omega t_n) \quad (1)$$

Donde  $C_0$  se define como el valor promedio,  $n$  el número del armónico el cual inicia y a su vez el múltiplo de la fundamental,  $N$  el número del armónico el cual finaliza,  $a_n$  y  $b_n$  coeficientes de la serie de Fourier,  $\omega$  la frecuencia angular y  $t_n$  el tiempo por intervalo.

|                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $n = 1$                       | $T [seg]$                     | $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$   |
| $n = 2$                       | $T [seg]$                     | $\omega_2 = 2 \omega_1$       |
| $n = 3$                       | $T [seg]$                     | $\omega_3 = 3 \omega_1$       |
| $\cdot$<br>$\cdot$<br>$\cdot$ | $\cdot$<br>$\cdot$<br>$\cdot$ | $\cdot$<br>$\cdot$<br>$\cdot$ |
| $n = k$                       | $T [seg]$                     | $\omega_k = k \omega_1$       |

Múltiplos de la fundamental.

El modelo matemático de  $C_0$  se expresa como:

$$C_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{T+t_0} f(t) dt ; \text{el valor medio de } f(t)$$

El modelo matemático de  $a_n$  se expresa como:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{T+t_0} f(t) \cos(n\omega_0 t) dt ; n > 0)$$

El modelo matemático de  $b_n$  se expresa como:

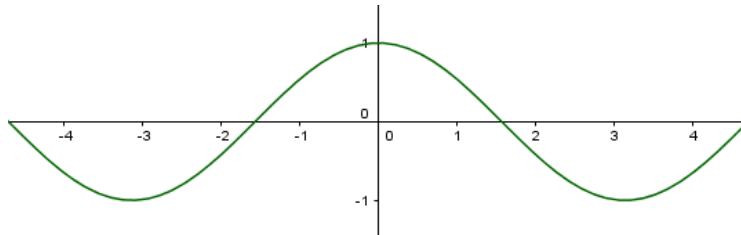
$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{T+t_0} f(t) \sin(n\omega_0 t) dt ; n > 0)$$

### Simetría par

Una función  $f(t)$  es par si su gráfica es simétrica con respecto al eje vertical; esto es,

$$f(t) = f(-t) \quad (2)$$

### Ejemplo

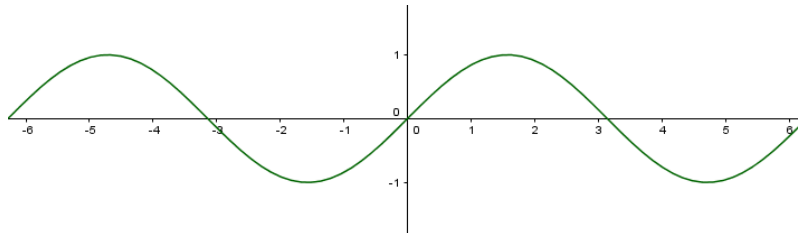


### Simetría impar

Se dice que una función  $f(t)$  es impar si su gráfica es anti simétrica con respecto al eje vertical.

$$f(-t) = -f(t) \quad (3)$$

### Ejemplo



### Procedimiento para descargar los datos del osciloscopio

Luego de obtener la señal de tensión con armónicos del banco de fuentes, conjuntamente conectando el osciloscopio, se deben seguir los siguientes pasos:

\*En el menú del osciloscopio, en la opción 'storage' nos arrojará un submenú donde estará la opción externo.

\*Luego de ello, introducimos la memoria USB y esperamos que la reconozca, si es así, se activará la opción de externo.

\*En la opción de almacenamiento, escogemos la opción archivo 'CSV', en donde el osciloscopio automáticamente guardará los datos de la señal de tensión punto a punto en un archivo de excel.

\*Finalmente, le damos el nombre a nuestro archivo y le damos la opción guardar, comprobamos mediante un computador si los datos se guardaron correctamente.

#### 4. MEMORIA DE CALCULOS

Se tiene inicialmente los datos de varios periodos de la señal periodica no sinusoidal discreta de voltaje a la cual hay que identificarle un periodo de tiempo, se tiene que:

$$t = 0.0166[s] \rightarrow \omega = 376.991[Rad/s]$$

##### Descripción de la tabla en excel

\*En las tres primeras columnas se encuentran los datos arrojados por el osciloscopio:

|   |            |      |
|---|------------|------|
| # | tiempo (t) | f(t) |
|---|------------|------|

Hasta el dato 166 que es donde termina nuestro periodo

\*En la tercera columna se encuentra el  $\Delta t$ :

|            |
|------------|
| $\Delta t$ |
|------------|

En donde el  $\Delta t$  se encuentra restando un tiempo final con un tiempo inicial(  $t_f - t_0$  ) hasta llegar al termino 166. Al finalizar dicha columna, se hace una sumatoria de toda la columna y nos tiene que dar el valor del periodo (T).

\*En la cuarta columna se encuentra la columna de  $f(t) \cdot \Delta t$ :

|                       |
|-----------------------|
| $F(t) \cdot \Delta t$ |
|-----------------------|

En donde basicamente es hacer el producto de estas dos columnas.

\*Posteriormente en las columnas 5 hasta la número 25 se encuentran los coeficientes 'an'y 'bn'hasta el N=10;

|                                             |                                             |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Coeficiente 'an'                            | Coeficiente 'bn'                            |
| $f(t) \cdot \cos(n\omega t) \cdot \Delta t$ | $f(t) \cdot \sin(n\omega t) \cdot \Delta t$ |

En donde se multiplica la columna número 4 por  $\cos(n\omega t)$  con su respectivo tiempo asignado hasta el término N=10, así para el coeficiente 'an'.

Para el coeficiente 'bn', el procedimiento es muy similar, sino que, se hace el producto con  $\sin(n\omega t)$  hasta llegar al termino n=10.

|                                                            |                                                            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| $\frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(n\omega t) \Delta t = a_n$ | $\frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(n\omega t) \Delta t = b_n$ |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|

En cada columna se hace su respectiva sumatoria para hallar el coeficiente con cierta frecuencia angular, y así mismo para todas las columnas para encontrar todos los coeficientes.

\*En las tres últimas columnas se encuentran las tablas de sumatorias, tanto de los coeficientes, como la de la serie de Fourier:

|                            |                            |                                                             |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| $\sum a_n \cos(n\omega t)$ | $\sum b_n \sin(n\omega t)$ | $C_0 + \sum a_n \cos(n\omega t) + \sum b_n \sin(n\omega t)$ |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|

En donde obtendremos estos datos punto a punto, en donde se toma cada columna y se multiplica por la frecuencia angular correspondiente y con su respectiva función (seno, coseno).

Ya para la última columna es la suma de las dos anteriores por su respectivo producto  $F(t) \cdot \Delta t$

Y así se obtiene los datos de la serie de Fourier para un periodo T.

**En otra tabla aparte,** se anexan los datos de cada uno de los coeficientes de la serie de Fourier:

|                                                            |
|------------------------------------------------------------|
| $a_{n_1} = (2/T) * \sum f(t) * \cos(1\omega t) * \Delta t$ |
| $a_{n_2} = (2/T) * \sum f(t) * \cos(2\omega t) * \Delta t$ |
| $a_{n_3} = (2/T) * \sum f(t) * \cos(3\omega t) * \Delta t$ |
| .                                                          |
| .                                                          |
| .                                                          |
| $a_{n_n} = (2/T) * \sum f(t) * \cos(n\omega t) * \Delta t$ |

Para los coeficientes  $a_n$ , se hace el cociente  $2/T$  y este resultado se multiplica por la sumatoria de cada columna correspondiente de ' $a_n$ '.

|                                                            |
|------------------------------------------------------------|
| $b_{n_1} = (2/T) * \sum f(t) * \sin(1\omega t) * \Delta t$ |
| $b_{n_2} = (2/T) * \sum f(t) * \sin(2\omega t) * \Delta t$ |
| $b_{n_3} = (2/T) * \sum f(t) * \sin(3\omega t) * \Delta t$ |
| .                                                          |
| .                                                          |
| .                                                          |
| $b_{n_n} = (2/T) * \sum f(t) * \sin(n\omega t) * \Delta t$ |

Para los coeficientes  $b_n$ , se hace el cociente  $2/T$  y este resultado se multiplica por la sumatoria de cada columna correspondiente de ' $b_n$ '.

|                                      |
|--------------------------------------|
| $C_0 = (1/T) * \sum f(t) * \Delta t$ |
|--------------------------------------|

Para el coeficiente  $C_0$ , se encuentra con el inverso del periodo por la sumatoria correspondiente a la columna de  $F(t) \cdot \Delta t$ .

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- Charles K. Alexander, Matthew N. O. Sadiku, Fundamentos de circuitos eléctricos, tercera edición, Capítulo 17  
Páginas: (756:760)
- James A. Svoboda, Richard C. Dorf, Circuitos Eléctricos, novena edición, Capítulo 15  
Paginas: (741:743)
- Software Geogebra

**DATOS DEL OSCILOSCOPIO**  
SEÑAL DE TENSION ORIGINAL

1

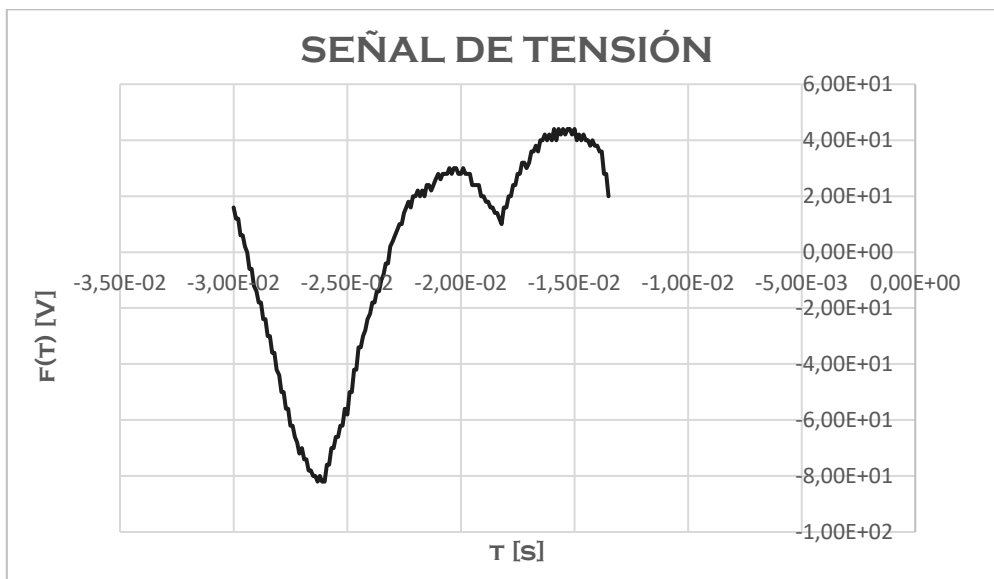
| #  | TIEMPO    | F(t)      | #  | TIEMPO    | F(t)      | #   | TIEMPO    | F(t)     | #   | TIEMPO    | F(t)     |
|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----|-----------|----------|-----|-----------|----------|
| 1  | -3,00E-02 | 1,60E+01  | 44 | -2,57E-02 | -7,00E+01 | 87  | -2,14E-02 | 2,40E+01 | 130 | -1,71E-02 | 3,00E+01 |
| 2  | -2,99E-02 | 1,20E+01  | 45 | -2,56E-02 | -7,00E+01 | 88  | -2,13E-02 | 2,20E+01 | 131 | -1,70E-02 | 3,20E+01 |
| 3  | -2,98E-02 | 1,20E+01  | 46 | -2,55E-02 | -6,60E+01 | 89  | -2,12E-02 | 2,40E+01 | 132 | -1,69E-02 | 3,60E+01 |
| 4  | -2,97E-02 | 6,00E+00  | 47 | -2,54E-02 | -6,60E+01 | 90  | -2,11E-02 | 2,60E+01 | 133 | -1,68E-02 | 3,60E+01 |
| 5  | -2,96E-02 | 6,00E+00  | 48 | -2,53E-02 | -6,20E+01 | 91  | -2,10E-02 | 2,80E+01 | 134 | -1,67E-02 | 3,80E+01 |
| 6  | -2,95E-02 | 2,00E+00  | 49 | -2,52E-02 | -6,20E+01 | 92  | -2,09E-02 | 2,60E+01 | 135 | -1,66E-02 | 3,60E+01 |
| 7  | -2,94E-02 | 0,00E+00  | 50 | -2,51E-02 | -5,60E+01 | 93  | -2,08E-02 | 2,80E+01 | 136 | -1,65E-02 | 4,00E+01 |
| 8  | -2,93E-02 | -6,00E+00 | 51 | -2,50E-02 | -5,80E+01 | 94  | -2,07E-02 | 2,80E+01 | 137 | -1,64E-02 | 4,00E+01 |
| 9  | -2,92E-02 | -6,00E+00 | 52 | -2,49E-02 | -5,00E+01 | 95  | -2,06E-02 | 2,80E+01 | 138 | -1,63E-02 | 4,20E+01 |
| 10 | -2,91E-02 | -1,20E+01 | 53 | -2,48E-02 | -5,00E+01 | 96  | -2,05E-02 | 3,00E+01 | 139 | -1,62E-02 | 4,00E+01 |
| 11 | -2,90E-02 | -1,40E+01 | 54 | -2,47E-02 | -4,20E+01 | 97  | -2,04E-02 | 2,80E+01 | 140 | -1,61E-02 | 4,20E+01 |
| 12 | -2,89E-02 | -1,80E+01 | 55 | -2,46E-02 | -4,20E+01 | 98  | -2,03E-02 | 3,00E+01 | 141 | -1,60E-02 | 4,00E+01 |
| 13 | -2,88E-02 | -1,80E+01 | 56 | -2,45E-02 | -3,40E+01 | 99  | -2,02E-02 | 3,00E+01 | 142 | -1,59E-02 | 4,40E+01 |
| 14 | -2,87E-02 | -2,40E+01 | 57 | -2,44E-02 | -3,40E+01 | 100 | -2,01E-02 | 2,80E+01 | 143 | -1,58E-02 | 4,00E+01 |
| 15 | -2,86E-02 | -2,40E+01 | 58 | -2,43E-02 | -3,00E+01 | 101 | -2,00E-02 | 2,80E+01 | 144 | -1,57E-02 | 4,40E+01 |
| 16 | -2,85E-02 | -3,00E+01 | 59 | -2,42E-02 | -2,80E+01 | 102 | -1,99E-02 | 3,00E+01 | 145 | -1,56E-02 | 4,20E+01 |
| 17 | -2,84E-02 | -3,00E+01 | 60 | -2,41E-02 | -2,40E+01 | 103 | -1,98E-02 | 2,80E+01 | 146 | -1,55E-02 | 4,40E+01 |
| 18 | -2,83E-02 | -3,60E+01 | 61 | -2,40E-02 | -2,20E+01 | 104 | -1,97E-02 | 2,80E+01 | 147 | -1,54E-02 | 4,20E+01 |
| 19 | -2,82E-02 | -3,60E+01 | 62 | -2,39E-02 | -1,80E+01 | 105 | -1,96E-02 | 2,80E+01 | 148 | -1,53E-02 | 4,40E+01 |
| 20 | -2,81E-02 | -4,20E+01 | 63 | -2,38E-02 | -1,80E+01 | 106 | -1,95E-02 | 2,40E+01 | 149 | -1,52E-02 | 4,40E+01 |
| 21 | -2,80E-02 | -4,40E+01 | 64 | -2,37E-02 | -1,40E+01 | 107 | -1,94E-02 | 2,40E+01 | 150 | -1,51E-02 | 4,20E+01 |
| 22 | -2,79E-02 | -5,00E+01 | 65 | -2,36E-02 | -1,40E+01 | 108 | -1,93E-02 | 2,40E+01 | 151 | -1,50E-02 | 4,40E+01 |
| 23 | -2,78E-02 | -5,00E+01 | 66 | -2,35E-02 | -1,00E+01 | 109 | -1,92E-02 | 2,40E+01 | 152 | -1,49E-02 | 4,00E+01 |
| 24 | -2,77E-02 | -5,60E+01 | 67 | -2,34E-02 | -8,00E+00 | 110 | -1,91E-02 | 2,00E+01 | 153 | -1,48E-02 | 4,20E+01 |
| 25 | -2,76E-02 | -5,60E+01 | 68 | -2,33E-02 | -4,00E+00 | 111 | -1,90E-02 | 2,00E+01 | 154 | -1,47E-02 | 4,00E+01 |
| 26 | -2,75E-02 | -6,20E+01 | 69 | -2,32E-02 | -4,00E+00 | 112 | -1,89E-02 | 1,80E+01 | 155 | -1,46E-02 | 4,20E+01 |
| 27 | -2,74E-02 | -6,20E+01 | 70 | -2,31E-02 | 2,00E+00  | 113 | -1,88E-02 | 1,80E+01 | 156 | -1,45E-02 | 4,00E+01 |
| 28 | -2,73E-02 | -6,60E+01 | 71 | -2,30E-02 | 4,00E+00  | 114 | -1,87E-02 | 1,60E+01 | 157 | -1,44E-02 | 4,00E+01 |
| 29 | -2,72E-02 | -6,80E+01 | 72 | -2,29E-02 | 6,00E+00  | 115 | -1,86E-02 | 1,60E+01 | 158 | -1,43E-02 | 3,80E+01 |
| 30 | -2,71E-02 | -7,20E+01 | 73 | -2,28E-02 | 8,00E+00  | 116 | -1,85E-02 | 1,40E+01 | 159 | -1,42E-02 | 4,00E+01 |
| 31 | -2,70E-02 | -7,00E+01 | 74 | -2,27E-02 | 1,00E+01  | 117 | -1,84E-02 | 1,40E+01 | 160 | -1,41E-02 | 3,80E+01 |
| 32 | -2,69E-02 | -7,40E+01 | 75 | -2,26E-02 | 1,00E+01  | 118 | -1,83E-02 | 1,20E+01 | 161 | -1,40E-02 | 3,80E+01 |
| 33 | -2,68E-02 | -7,40E+01 | 76 | -2,25E-02 | 1,40E+01  | 119 | -1,82E-02 | 1,00E+01 | 162 | -1,39E-02 | 3,60E+01 |
| 34 | -2,67E-02 | -7,80E+01 | 77 | -2,24E-02 | 1,60E+01  | 120 | -1,81E-02 | 1,60E+01 | 163 | -1,38E-02 | 3,60E+01 |
| 35 | -2,66E-02 | -7,80E+01 | 78 | -2,23E-02 | 1,80E+01  | 121 | -1,80E-02 | 1,60E+01 | 164 | -1,37E-02 | 2,80E+01 |
| 36 | -2,65E-02 | -8,00E+01 | 79 | -2,22E-02 | 1,60E+01  | 122 | -1,79E-02 | 2,00E+01 | 165 | -1,36E-02 | 2,80E+01 |
| 37 | -2,64E-02 | -8,00E+01 | 80 | -2,21E-02 | 2,00E+01  | 123 | -1,78E-02 | 2,00E+01 | 166 | -1,35E-02 | 2,00E+01 |
| 38 | -2,63E-02 | -8,20E+01 | 81 | -2,20E-02 | 2,00E+01  | 124 | -1,77E-02 | 2,40E+01 |     |           |          |
| 39 | -2,62E-02 | -8,00E+01 | 82 | -2,19E-02 | 2,20E+01  | 125 | -1,76E-02 | 2,40E+01 |     |           |          |
| 40 | -2,61E-02 | -8,20E+01 | 83 | -2,18E-02 | 2,00E+01  | 126 | -1,75E-02 | 2,80E+01 |     |           |          |
| 41 | -2,60E-02 | -8,20E+01 | 84 | -2,17E-02 | 2,20E+01  | 127 | -1,74E-02 | 2,80E+01 |     |           |          |
| 42 | -2,59E-02 | -7,60E+01 | 85 | -2,16E-02 | 2,00E+01  | 128 | -1,73E-02 | 3,20E+01 |     |           |          |
| 43 | -2,58E-02 | -7,60E+01 | 86 | -2,15E-02 | 2,40E+01  | 129 | -1,72E-02 | 3,20E+01 |     |           |          |

## DATOS DEL OSCILOSCOPIO

PERIODO, FRECUENCIA ANGULAR Y COEFICIENTES DE FOURIER

| $\omega$<br>[RAD/S] | 376,991118 | T<br>[S/CICLO] | 1,66E-02   |
|---------------------|------------|----------------|------------|
| Co                  |            | -0,602409639   |            |
| A1                  | 44,9537131 | B1             | -          |
| A2                  | 10,2497052 | B2             | 18,4429209 |
| A3                  | 0,10175733 | B3             | 24,6896371 |
| A4                  | 1,27300892 | B4             | -          |
| A5                  | 0,90661672 | B5             | 1,01667599 |
| A6                  | 1,99222275 | B6             | 2,79348571 |
| A7                  | 0,22506932 | B7             | -          |
| A8                  | 0,10381153 | B8             | 1,16834957 |
| A9                  | 0,46849939 | B9             | -          |
| A10                 | 0,80532689 | B10            | 0,95230821 |
|                     |            |                | -6,74E-01  |
|                     |            |                | 0,33636003 |
|                     |            |                | -          |
|                     |            |                | 0,08594726 |
|                     |            |                | -          |
|                     |            |                | 0,40651452 |

SEÑAL OBTENIDA POR LOS DATOS DEL OSCILOSCOPIO



**DATOS DEL OSCILOSCOPIO**  
COEFICIENTES AN;  $\sum$  AN COS(NWT)

| #  | TIEMPO    | COEF.AN   | #  | TIEMPO    | COEF.AN   | #   | TIEMPO    | COEF.AN   | #   | TIEMPO    | COEF.AN  |
|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----|-----------|----------|
| 1  | -3,00E-02 | 2,30E+01  | 44 | -2,57E-02 | -5,15E+01 | 87  | -2,14E-02 | -4,21E-01 | 130 | -1,71E-02 | 3,75E+01 |
| 2  | -2,99E-02 | 2,14E+01  | 45 | -2,56E-02 | -5,20E+01 | 88  | -2,13E-02 | 1,61E+00  | 131 | -1,70E-02 | 3,77E+01 |
| 3  | -2,98E-02 | 1,98E+01  | 46 | -2,55E-02 | -5,24E+01 | 89  | -2,12E-02 | 3,60E+00  | 132 | -1,69E-02 | 3,78E+01 |
| 4  | -2,97E-02 | 1,83E+01  | 47 | -2,54E-02 | -5,28E+01 | 90  | -2,11E-02 | 5,53E+00  | 133 | -1,68E-02 | 3,78E+01 |
| 5  | -2,96E-02 | 1,68E+01  | 48 | -2,53E-02 | -5,31E+01 | 91  | -2,10E-02 | 7,37E+00  | 134 | -1,67E-02 | 3,78E+01 |
| 6  | -2,95E-02 | 1,53E+01  | 49 | -2,52E-02 | -5,34E+01 | 92  | -2,09E-02 | 9,12E+00  | 135 | -1,66E-02 | 3,78E+01 |
| 7  | -2,94E-02 | 1,38E+01  | 50 | -2,51E-02 | -5,36E+01 | 93  | -2,08E-02 | 1,08E+01  | 136 | -1,65E-02 | 3,78E+01 |
| 8  | -2,93E-02 | 1,23E+01  | 51 | -2,50E-02 | -5,36E+01 | 94  | -2,07E-02 | 1,23E+01  | 137 | -1,64E-02 | 3,78E+01 |
| 9  | -2,92E-02 | 1,08E+01  | 52 | -2,49E-02 | -5,36E+01 | 95  | -2,06E-02 | 1,38E+01  | 138 | -1,63E-02 | 3,77E+01 |
| 10 | -2,91E-02 | 9,12E+00  | 53 | -2,48E-02 | -5,34E+01 | 96  | -2,05E-02 | 1,53E+01  | 139 | -1,62E-02 | 3,75E+01 |
| 11 | -2,90E-02 | 7,37E+00  | 54 | -2,47E-02 | -5,31E+01 | 97  | -2,04E-02 | 1,68E+01  | 140 | -1,61E-02 | 3,71E+01 |
| 12 | -2,89E-02 | 5,53E+00  | 55 | -2,46E-02 | -5,28E+01 | 98  | -2,03E-02 | 1,83E+01  | 141 | -1,60E-02 | 3,67E+01 |
| 13 | -2,88E-02 | 3,60E+00  | 56 | -2,45E-02 | -5,24E+01 | 99  | -2,02E-02 | 1,98E+01  | 142 | -1,59E-02 | 3,60E+01 |
| 14 | -2,87E-02 | 1,61E+00  | 57 | -2,44E-02 | -5,20E+01 | 100 | -2,01E-02 | 2,14E+01  | 143 | -1,58E-02 | 3,52E+01 |
| 15 | -2,86E-02 | -4,21E-01 | 58 | -2,43E-02 | -5,15E+01 | 101 | -2,00E-02 | 2,30E+01  | 144 | -1,57E-02 | 3,43E+01 |
| 16 | -2,85E-02 | -2,46E+00 | 59 | -2,42E-02 | -5,09E+01 | 102 | -1,99E-02 | 2,46E+01  | 145 | -1,56E-02 | 3,32E+01 |
| 17 | -2,84E-02 | -4,48E+00 | 60 | -2,41E-02 | -5,04E+01 | 103 | -1,98E-02 | 2,61E+01  | 146 | -1,55E-02 | 3,21E+01 |
| 18 | -2,83E-02 | -6,47E+00 | 61 | -2,40E-02 | -4,97E+01 | 104 | -1,97E-02 | 2,75E+01  | 147 | -1,54E-02 | 3,10E+01 |
| 19 | -2,82E-02 | -8,41E+00 | 62 | -2,39E-02 | -4,90E+01 | 105 | -1,96E-02 | 2,88E+01  | 148 | -1,53E-02 | 3,00E+01 |
| 20 | -2,81E-02 | -1,03E+01 | 63 | -2,38E-02 | -4,81E+01 | 106 | -1,95E-02 | 2,99E+01  | 149 | -1,52E-02 | 2,92E+01 |
| 21 | -2,80E-02 | -1,22E+01 | 64 | -2,37E-02 | -4,71E+01 | 107 | -1,94E-02 | 3,07E+01  | 150 | -1,51E-02 | 2,87E+01 |
| 22 | -2,79E-02 | -1,41E+01 | 65 | -2,36E-02 | -4,59E+01 | 108 | -1,93E-02 | 3,11E+01  | 151 | -1,50E-02 | 2,83E+01 |
| 23 | -2,78E-02 | -1,60E+01 | 66 | -2,35E-02 | -4,45E+01 | 109 | -1,92E-02 | 3,13E+01  | 152 | -1,49E-02 | 2,83E+01 |
| 24 | -2,77E-02 | -1,80E+01 | 67 | -2,34E-02 | -4,28E+01 | 110 | -1,91E-02 | 3,12E+01  | 153 | -1,48E-02 | 2,85E+01 |
| 25 | -2,76E-02 | -2,01E+01 | 68 | -2,33E-02 | -4,10E+01 | 111 | -1,90E-02 | 3,09E+01  | 154 | -1,47E-02 | 2,89E+01 |
| 26 | -2,75E-02 | -2,23E+01 | 69 | -2,32E-02 | -3,89E+01 | 112 | -1,89E-02 | 3,04E+01  | 155 | -1,46E-02 | 2,94E+01 |
| 27 | -2,74E-02 | -2,46E+01 | 70 | -2,31E-02 | -3,67E+01 | 113 | -1,88E-02 | 2,98E+01  | 156 | -1,45E-02 | 3,00E+01 |
| 28 | -2,73E-02 | -2,70E+01 | 71 | -2,30E-02 | -3,43E+01 | 114 | -1,87E-02 | 2,92E+01  | 157 | -1,44E-02 | 3,06E+01 |
| 29 | -2,72E-02 | -2,94E+01 | 72 | -2,29E-02 | -3,19E+01 | 115 | -1,86E-02 | 2,87E+01  | 158 | -1,43E-02 | 3,11E+01 |
| 30 | -2,71E-02 | -3,19E+01 | 73 | -2,28E-02 | -2,94E+01 | 116 | -1,85E-02 | 2,84E+01  | 159 | -1,42E-02 | 3,13E+01 |
| 31 | -2,70E-02 | -3,43E+01 | 74 | -2,27E-02 | -2,70E+01 | 117 | -1,84E-02 | 2,83E+01  | 160 | -1,41E-02 | 3,13E+01 |
| 32 | -2,69E-02 | -3,67E+01 | 75 | -2,26E-02 | -2,46E+01 | 118 | -1,83E-02 | 2,84E+01  | 161 | -1,40E-02 | 3,10E+01 |
| 33 | -2,68E-02 | -3,89E+01 | 76 | -2,25E-02 | -2,23E+01 | 119 | -1,82E-02 | 2,88E+01  | 162 | -1,39E-02 | 3,04E+01 |
| 34 | -2,67E-02 | -4,10E+01 | 77 | -2,24E-02 | -2,01E+01 | 120 | -1,81E-02 | 2,95E+01  | 163 | -1,38E-02 | 2,95E+01 |
| 35 | -2,66E-02 | -4,28E+01 | 78 | -2,23E-02 | -1,80E+01 | 121 | -1,80E-02 | 3,04E+01  | 164 | -1,37E-02 | 2,84E+01 |
| 36 | -2,65E-02 | -4,45E+01 | 79 | -2,22E-02 | -1,60E+01 | 122 | -1,79E-02 | 3,14E+01  | 165 | -1,36E-02 | 2,71E+01 |
| 37 | -2,64E-02 | -4,59E+01 | 80 | -2,21E-02 | -1,41E+01 | 123 | -1,78E-02 | 3,25E+01  | 166 | -1,35E-02 | 2,56E+01 |
| 38 | -2,63E-02 | -4,71E+01 | 81 | -2,20E-02 | -1,22E+01 | 124 | -1,77E-02 | 3,36E+01  |     |           |          |
| 39 | -2,62E-02 | -4,81E+01 | 82 | -2,19E-02 | -1,03E+01 | 125 | -1,76E-02 | 3,46E+01  |     |           |          |
| 40 | -2,61E-02 | -4,90E+01 | 83 | -2,18E-02 | -8,41E+00 | 126 | -1,75E-02 | 3,55E+01  |     |           |          |
| 41 | -2,60E-02 | -4,97E+01 | 84 | -2,17E-02 | -6,47E+00 | 127 | -1,74E-02 | 3,63E+01  |     |           |          |
| 42 | -2,59E-02 | -5,04E+01 | 85 | -2,16E-02 | -4,48E+00 | 128 | -1,73E-02 | 3,69E+01  |     |           |          |
| 43 | -2,58E-02 | -5,09E+01 | 86 | -2,15E-02 | -2,46E+00 | 129 | -1,72E-02 | 3,73E+01  |     |           |          |



**DATOS DEL OSCILOSCOPIO**  
COEFICIENTES BN;  $\sum BN \sin(N\omega T)$

| #  | TIEMPO    | COEF.BN   | #  | TIEMPO    | COEF.BN   | #   | TIEMPO    | COEF.BN   | #   | TIEMPO    | COEF.BN   |
|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|
| 1  | -3,00E-02 | -6,51E+00 | 44 | -2,57E-02 | -2,14E+01 | 87  | -2,14E-02 | 2,42E+01  | 130 | -1,71E-02 | -3,72E+00 |
| 2  | -2,99E-02 | -8,35E+00 | 45 | -2,56E-02 | -1,87E+01 | 88  | -2,13E-02 | 2,29E+01  | 131 | -1,70E-02 | -2,76E+00 |
| 3  | -2,98E-02 | -1,01E+01 | 46 | -2,55E-02 | -1,58E+01 | 89  | -2,12E-02 | 2,18E+01  | 132 | -1,69E-02 | -1,88E+00 |
| 4  | -2,97E-02 | -1,17E+01 | 47 | -2,54E-02 | -1,28E+01 | 90  | -2,11E-02 | 2,07E+01  | 133 | -1,68E-02 | -1,05E+00 |
| 5  | -2,96E-02 | -1,31E+01 | 48 | -2,53E-02 | -9,66E+00 | 91  | -2,10E-02 | 1,96E+01  | 134 | -1,67E-02 | -2,60E-01 |
| 6  | -2,95E-02 | -1,44E+01 | 49 | -2,52E-02 | -6,48E+00 | 92  | -2,09E-02 | 1,87E+01  | 135 | -1,66E-02 | 5,20E-01  |
| 7  | -2,94E-02 | -1,56E+01 | 50 | -2,51E-02 | -3,25E+00 | 93  | -2,08E-02 | 1,77E+01  | 136 | -1,65E-02 | 1,32E+00  |
| 8  | -2,93E-02 | -1,67E+01 | 51 | -2,50E-02 | 3,15E-14  | 94  | -2,07E-02 | 1,67E+01  | 137 | -1,64E-02 | 2,16E+00  |
| 9  | -2,92E-02 | -1,77E+01 | 52 | -2,49E-02 | 3,25E+00  | 95  | -2,06E-02 | 1,56E+01  | 138 | -1,63E-02 | 3,07E+00  |
| 10 | -2,91E-02 | -1,87E+01 | 53 | -2,48E-02 | 6,48E+00  | 96  | -2,05E-02 | 1,44E+01  | 139 | -1,62E-02 | 4,06E+00  |
| 11 | -2,90E-02 | -1,96E+01 | 54 | -2,47E-02 | 9,66E+00  | 97  | -2,04E-02 | 1,31E+01  | 140 | -1,61E-02 | 5,12E+00  |
| 12 | -2,89E-02 | -2,07E+01 | 55 | -2,46E-02 | 1,28E+01  | 98  | -2,03E-02 | 1,17E+01  | 141 | -1,60E-02 | 6,25E+00  |
| 13 | -2,88E-02 | -2,18E+01 | 56 | -2,45E-02 | 1,58E+01  | 99  | -2,02E-02 | 1,01E+01  | 142 | -1,59E-02 | 7,41E+00  |
| 14 | -2,87E-02 | -2,29E+01 | 57 | -2,44E-02 | 1,87E+01  | 100 | -2,01E-02 | 8,35E+00  | 143 | -1,58E-02 | 8,59E+00  |
| 15 | -2,86E-02 | -2,42E+01 | 58 | -2,43E-02 | 2,14E+01  | 101 | -2,00E-02 | 6,51E+00  | 144 | -1,57E-02 | 9,74E+00  |
| 16 | -2,85E-02 | -2,56E+01 | 59 | -2,42E-02 | 2,39E+01  | 102 | -1,99E-02 | 4,59E+00  | 145 | -1,56E-02 | 1,08E+01  |
| 17 | -2,84E-02 | -2,70E+01 | 60 | -2,41E-02 | 2,63E+01  | 103 | -1,98E-02 | 2,63E+00  | 146 | -1,55E-02 | 1,18E+01  |
| 18 | -2,83E-02 | -2,85E+01 | 61 | -2,40E-02 | 2,84E+01  | 104 | -1,97E-02 | 6,75E-01  | 147 | -1,54E-02 | 1,27E+01  |
| 19 | -2,82E-02 | -3,00E+01 | 62 | -2,39E-02 | 3,02E+01  | 105 | -1,96E-02 | -1,24E+00 | 148 | -1,53E-02 | 1,33E+01  |
| 20 | -2,81E-02 | -3,14E+01 | 63 | -2,38E-02 | 3,18E+01  | 106 | -1,95E-02 | -3,08E+00 | 149 | -1,52E-02 | 1,38E+01  |
| 21 | -2,80E-02 | -3,27E+01 | 64 | -2,37E-02 | 3,32E+01  | 107 | -1,94E-02 | -4,82E+00 | 150 | -1,51E-02 | 1,41E+01  |
| 22 | -2,79E-02 | -3,39E+01 | 65 | -2,36E-02 | 3,44E+01  | 108 | -1,93E-02 | -6,44E+00 | 151 | -1,50E-02 | 1,42E+01  |
| 23 | -2,78E-02 | -3,49E+01 | 66 | -2,35E-02 | 3,53E+01  | 109 | -1,92E-02 | -7,91E+00 | 152 | -1,49E-02 | 1,42E+01  |
| 24 | -2,77E-02 | -3,58E+01 | 67 | -2,34E-02 | 3,61E+01  | 110 | -1,91E-02 | -9,25E+00 | 153 | -1,48E-02 | 1,39E+01  |
| 25 | -2,76E-02 | -3,65E+01 | 68 | -2,33E-02 | 3,67E+01  | 111 | -1,90E-02 | -1,04E+01 | 154 | -1,47E-02 | 1,34E+01  |
| 26 | -2,75E-02 | -3,71E+01 | 69 | -2,32E-02 | 3,71E+01  | 112 | -1,89E-02 | -1,15E+01 | 155 | -1,46E-02 | 1,28E+01  |
| 27 | -2,74E-02 | -3,74E+01 | 70 | -2,31E-02 | 3,74E+01  | 113 | -1,88E-02 | -1,23E+01 | 156 | -1,45E-02 | 1,21E+01  |
| 28 | -2,73E-02 | -3,77E+01 | 71 | -2,30E-02 | 3,77E+01  | 114 | -1,87E-02 | -1,31E+01 | 157 | -1,44E-02 | 1,11E+01  |
| 29 | -2,72E-02 | -3,78E+01 | 72 | -2,29E-02 | 3,78E+01  | 115 | -1,86E-02 | -1,36E+01 | 158 | -1,43E-02 | 1,01E+01  |
| 30 | -2,71E-02 | -3,78E+01 | 73 | -2,28E-02 | 3,78E+01  | 116 | -1,85E-02 | -1,40E+01 | 159 | -1,42E-02 | 8,82E+00  |
| 31 | -2,70E-02 | -3,77E+01 | 74 | -2,27E-02 | 3,77E+01  | 117 | -1,84E-02 | -1,42E+01 | 160 | -1,41E-02 | 7,44E+00  |
| 32 | -2,69E-02 | -3,74E+01 | 75 | -2,26E-02 | 3,74E+01  | 118 | -1,83E-02 | -1,42E+01 | 161 | -1,40E-02 | 5,91E+00  |
| 33 | -2,68E-02 | -3,71E+01 | 76 | -2,25E-02 | 3,71E+01  | 119 | -1,82E-02 | -1,41E+01 | 162 | -1,39E-02 | 4,25E+00  |
| 34 | -2,67E-02 | -3,67E+01 | 77 | -2,24E-02 | 3,65E+01  | 120 | -1,81E-02 | -1,37E+01 | 163 | -1,38E-02 | 2,48E+00  |
| 35 | -2,66E-02 | -3,61E+01 | 78 | -2,23E-02 | 3,58E+01  | 121 | -1,80E-02 | -1,31E+01 | 164 | -1,37E-02 | 6,08E-01  |
| 36 | -2,65E-02 | -3,53E+01 | 79 | -2,22E-02 | 3,49E+01  | 122 | -1,79E-02 | -1,24E+01 | 165 | -1,36E-02 | -1,32E+00 |
| 37 | -2,64E-02 | -3,44E+01 | 80 | -2,21E-02 | 3,39E+01  | 123 | -1,78E-02 | -1,15E+01 | 166 | -1,35E-02 | -3,29E+00 |
| 38 | -2,63E-02 | -3,32E+01 | 81 | -2,20E-02 | 3,27E+01  | 124 | -1,77E-02 | -1,05E+01 |     |           |           |
| 39 | -2,62E-02 | -3,18E+01 | 82 | -2,19E-02 | 3,14E+01  | 125 | -1,76E-02 | -9,36E+00 |     |           |           |
| 40 | -2,61E-02 | -3,02E+01 | 83 | -2,18E-02 | 3,00E+01  | 126 | -1,75E-02 | -8,20E+00 |     |           |           |
| 41 | -2,60E-02 | -2,84E+01 | 84 | -2,17E-02 | 2,85E+01  | 127 | -1,74E-02 | -7,02E+00 |     |           |           |
| 42 | -2,59E-02 | -2,63E+01 | 85 | -2,16E-02 | 2,70E+01  | 128 | -1,73E-02 | -5,86E+00 |     |           |           |
| 43 | -2,58E-02 | -2,39E+01 | 86 | -2,15E-02 | 2,56E+01  | 129 | -1,72E-02 | -4,76E+00 |     |           |           |

# **DATOS DEL OSCILOSCOPIO**

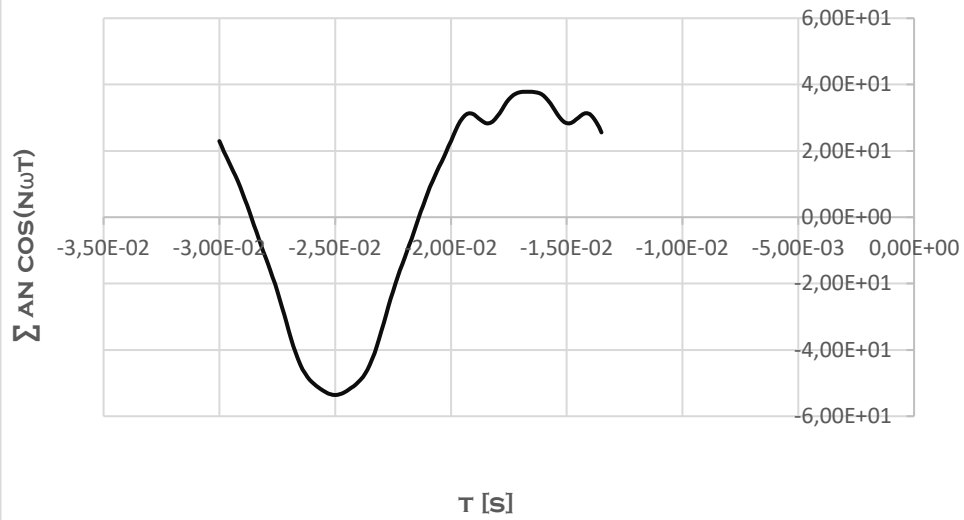
SERIE DE FOURIER;  $CO + \sum AN \cos(N\omega T) + \sum BN \sin(N\omega T)$

| #  | TIEMPO    | FOURIER   | #  | TIEMPO    | FOURIER   | #   | TIEMPO    | FOURIER  | #   | TIEMPO    | FOURIER  |
|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----|-----------|----------|-----|-----------|----------|
| 1  | -3,00E-02 | 1,59E+01  | 44 | -2,57E-02 | -7,34E+01 | 87  | -2,14E-02 | 2,32E+01 | 130 | -1,71E-02 | 3,32E+01 |
| 2  | -2,99E-02 | 1,24E+01  | 45 | -2,56E-02 | -7,12E+01 | 88  | -2,13E-02 | 2,39E+01 | 131 | -1,70E-02 | 3,43E+01 |
| 3  | -2,98E-02 | 9,12E+00  | 46 | -2,55E-02 | -6,88E+01 | 89  | -2,12E-02 | 2,47E+01 | 132 | -1,69E-02 | 3,53E+01 |
| 4  | -2,97E-02 | 6,00E+00  | 47 | -2,54E-02 | -6,62E+01 | 90  | -2,11E-02 | 2,56E+01 | 133 | -1,68E-02 | 3,62E+01 |
| 5  | -2,96E-02 | 3,06E+00  | 48 | -2,53E-02 | -6,34E+01 | 91  | -2,10E-02 | 2,64E+01 | 134 | -1,67E-02 | 3,70E+01 |
| 6  | -2,95E-02 | 2,82E-01  | 49 | -2,52E-02 | -6,05E+01 | 92  | -2,09E-02 | 2,72E+01 | 135 | -1,66E-02 | 3,77E+01 |
| 7  | -2,94E-02 | -2,37E+00 | 50 | -2,51E-02 | -5,74E+01 | 93  | -2,08E-02 | 2,79E+01 | 136 | -1,65E-02 | 3,85E+01 |
| 8  | -2,93E-02 | -4,94E+00 | 51 | -2,50E-02 | -5,42E+01 | 94  | -2,07E-02 | 2,84E+01 | 137 | -1,64E-02 | 3,93E+01 |
| 9  | -2,92E-02 | -7,51E+00 | 52 | -2,49E-02 | -5,09E+01 | 95  | -2,06E-02 | 2,89E+01 | 138 | -1,63E-02 | 4,01E+01 |
| 10 | -2,91E-02 | -1,01E+01 | 53 | -2,48E-02 | -4,75E+01 | 96  | -2,05E-02 | 2,91E+01 | 139 | -1,62E-02 | 4,09E+01 |
| 11 | -2,90E-02 | -1,29E+01 | 54 | -2,47E-02 | -4,41E+01 | 97  | -2,04E-02 | 2,93E+01 | 140 | -1,61E-02 | 4,17E+01 |
| 12 | -2,89E-02 | -1,57E+01 | 55 | -2,46E-02 | -4,06E+01 | 98  | -2,03E-02 | 2,93E+01 | 141 | -1,60E-02 | 4,23E+01 |
| 13 | -2,88E-02 | -1,88E+01 | 56 | -2,45E-02 | -3,72E+01 | 99  | -2,02E-02 | 2,93E+01 | 142 | -1,59E-02 | 4,28E+01 |
| 14 | -2,87E-02 | -2,19E+01 | 57 | -2,44E-02 | -3,39E+01 | 100 | -2,01E-02 | 2,91E+01 | 143 | -1,58E-02 | 4,32E+01 |
| 15 | -2,86E-02 | -2,52E+01 | 58 | -2,43E-02 | -3,07E+01 | 101 | -2,00E-02 | 2,89E+01 | 144 | -1,57E-02 | 4,34E+01 |
| 16 | -2,85E-02 | -2,87E+01 | 59 | -2,42E-02 | -2,76E+01 | 102 | -1,99E-02 | 2,85E+01 | 145 | -1,56E-02 | 4,34E+01 |
| 17 | -2,84E-02 | -3,21E+01 | 60 | -2,41E-02 | -2,47E+01 | 103 | -1,98E-02 | 2,81E+01 | 146 | -1,55E-02 | 4,33E+01 |
| 18 | -2,83E-02 | -3,56E+01 | 61 | -2,40E-02 | -2,20E+01 | 104 | -1,97E-02 | 2,76E+01 | 147 | -1,54E-02 | 4,31E+01 |
| 19 | -2,82E-02 | -3,90E+01 | 62 | -2,39E-02 | -1,94E+01 | 105 | -1,96E-02 | 2,70E+01 | 148 | -1,53E-02 | 4,28E+01 |
| 20 | -2,81E-02 | -4,23E+01 | 63 | -2,38E-02 | -1,69E+01 | 106 | -1,95E-02 | 2,62E+01 | 149 | -1,52E-02 | 4,25E+01 |
| 21 | -2,80E-02 | -4,55E+01 | 64 | -2,37E-02 | -1,45E+01 | 107 | -1,94E-02 | 2,52E+01 | 150 | -1,51E-02 | 4,22E+01 |
| 22 | -2,79E-02 | -4,86E+01 | 65 | -2,36E-02 | -1,21E+01 | 108 | -1,93E-02 | 2,41E+01 | 151 | -1,50E-02 | 4,20E+01 |
| 23 | -2,78E-02 | -5,16E+01 | 66 | -2,35E-02 | -9,78E+00 | 109 | -1,92E-02 | 2,28E+01 | 152 | -1,49E-02 | 4,18E+01 |
| 24 | -2,77E-02 | -5,45E+01 | 67 | -2,34E-02 | -7,38E+00 | 110 | -1,91E-02 | 2,14E+01 | 153 | -1,48E-02 | 4,18E+01 |
| 25 | -2,76E-02 | -5,72E+01 | 68 | -2,33E-02 | -4,93E+00 | 111 | -1,90E-02 | 1,99E+01 | 154 | -1,47E-02 | 4,17E+01 |
| 26 | -2,75E-02 | -6,00E+01 | 69 | -2,32E-02 | -2,41E+00 | 112 | -1,89E-02 | 1,84E+01 | 155 | -1,46E-02 | 4,17E+01 |
| 27 | -2,74E-02 | -6,26E+01 | 70 | -2,31E-02 | 1,53E-01  | 113 | -1,88E-02 | 1,69E+01 | 156 | -1,45E-02 | 4,15E+01 |
| 28 | -2,73E-02 | -6,52E+01 | 71 | -2,30E-02 | 2,74E+00  | 114 | -1,87E-02 | 1,56E+01 | 157 | -1,44E-02 | 4,11E+01 |
| 29 | -2,72E-02 | -6,78E+01 | 72 | -2,29E-02 | 5,29E+00  | 115 | -1,86E-02 | 1,45E+01 | 158 | -1,43E-02 | 4,05E+01 |
| 30 | -2,71E-02 | -7,02E+01 | 73 | -2,28E-02 | 7,77E+00  | 116 | -1,85E-02 | 1,38E+01 | 159 | -1,42E-02 | 3,95E+01 |
| 31 | -2,70E-02 | -7,26E+01 | 74 | -2,27E-02 | 1,01E+01  | 117 | -1,84E-02 | 1,35E+01 | 160 | -1,41E-02 | 3,81E+01 |
| 32 | -2,69E-02 | -7,47E+01 | 75 | -2,26E-02 | 1,23E+01  | 118 | -1,83E-02 | 1,36E+01 | 161 | -1,40E-02 | 3,63E+01 |
| 33 | -2,68E-02 | -7,66E+01 | 76 | -2,25E-02 | 1,42E+01  | 119 | -1,82E-02 | 1,42E+01 | 162 | -1,39E-02 | 3,41E+01 |
| 34 | -2,67E-02 | -7,82E+01 | 77 | -2,24E-02 | 1,58E+01  | 120 | -1,81E-02 | 1,52E+01 | 163 | -1,38E-02 | 3,14E+01 |
| 35 | -2,66E-02 | -7,95E+01 | 78 | -2,23E-02 | 1,72E+01  | 121 | -1,80E-02 | 1,66E+01 | 164 | -1,37E-02 | 2,84E+01 |
| 36 | -2,65E-02 | -8,04E+01 | 79 | -2,22E-02 | 1,83E+01  | 122 | -1,79E-02 | 1,84E+01 | 165 | -1,36E-02 | 2,52E+01 |
| 37 | -2,64E-02 | -8,09E+01 | 80 | -2,21E-02 | 1,92E+01  | 123 | -1,78E-02 | 2,04E+01 | 166 | -1,35E-02 | 2,17E+01 |
| 38 | -2,63E-02 | -8,09E+01 | 81 | -2,20E-02 | 1,99E+01  | 124 | -1,77E-02 | 2,25E+01 |     |           |          |
| 39 | -2,62E-02 | -8,06E+01 | 82 | -2,19E-02 | 2,04E+01  | 125 | -1,76E-02 | 2,46E+01 |     |           |          |
| 40 | -2,61E-02 | -7,98E+01 | 83 | -2,18E-02 | 2,09E+01  | 126 | -1,75E-02 | 2,67E+01 |     |           |          |
| 41 | -2,60E-02 | -7,87E+01 | 84 | -2,17E-02 | 2,14E+01  | 127 | -1,74E-02 | 2,86E+01 |     |           |          |
| 42 | -2,59E-02 | -7,72E+01 | 85 | -2,16E-02 | 2,20E+01  | 128 | -1,73E-02 | 3,04E+01 |     |           |          |
| 43 | -2,58E-02 | -7,55E+01 | 86 | -2,15E-02 | 2,25E+01  | 129 | -1,72E-02 | 3,19E+01 |     |           |          |

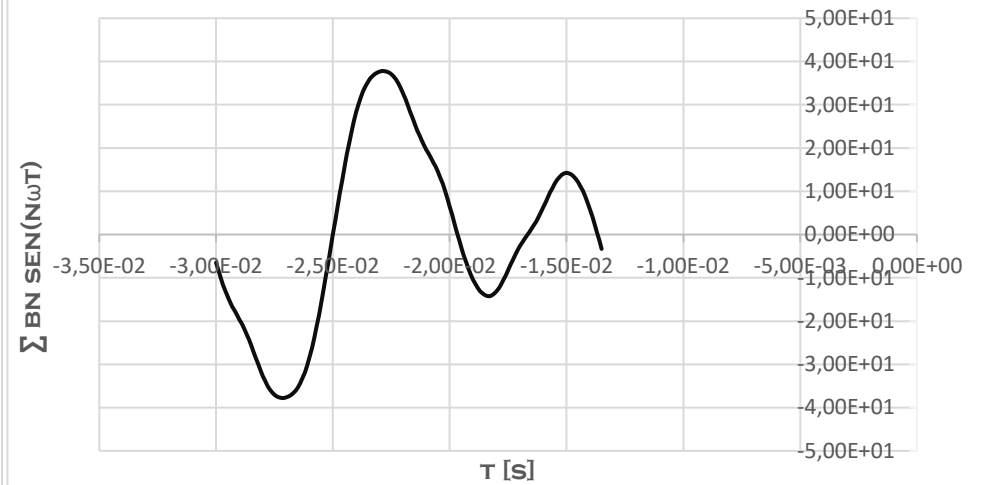
## DATOS DEL OSCILOSCOPIO

## DATOS DEL OSCILOSCOPIO

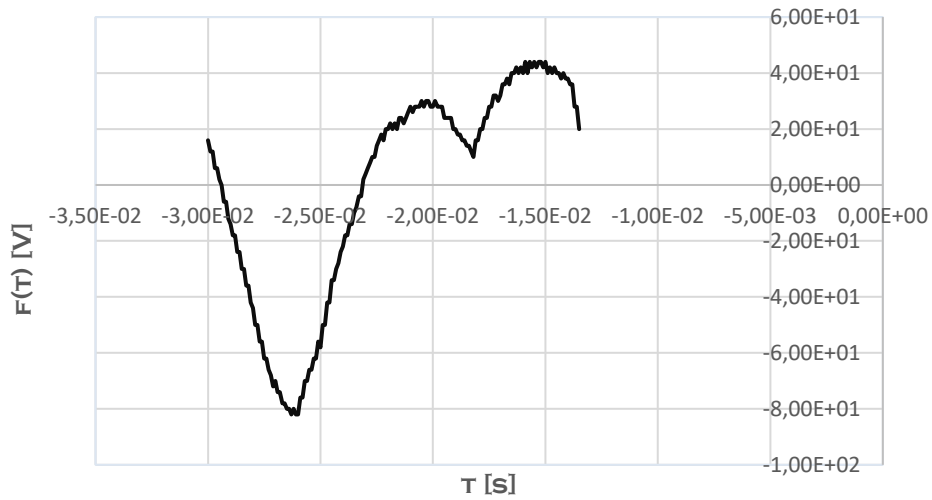
### SUMATORIA COSENO



### SUMATORIA SENO



### SEÑAL DE TENSIÓN



### SERIE DE FOURIER

