Taller de Medición Electrónica (Segundo Previo)

1. Linealice las siguientes funciones, donde R es la Resistencia Térmica, T es la Temperatura, M es la Masa, t es el Tiempo, P la Presión y V el Volumen; las demás son constantes:

a) $R = \ a\, e^{\frac{b}{T}}$

Para linealizar esta función se aplica logaritmo natural a cada lado:

$$Ln(R)\ =\ \frac{b}{T}\ +\ Ln(a)$$

En este momento tenemos dos opciones:

- Llamamos T' a $\frac{1}{T}$, R' a $Ln(R)$ y a $Ln(a)$ lo llamamos a', así:

  $R'\ =\ bT'\ +\ a'$

- Realizamos el inverso de la ecuación para que la ecuación quede de la forma correcta:

  $\frac{1}{Ln(R)}\ =\ \frac{T}{b}\ +\ \frac{1}{Ln(a)}$

  Podremos llamar a $\frac{1}{Ln(R)}$ R' y a $\frac{1}{Ln(a)}$ llamarlo a', para tener ecuación así:

  $R'\ =\ \frac{1}{b}T\ +\ a'$

b) $\boldsymbol{M\ =\ \sqrt{ct\ +\ d}}$

Para linealizar esta ecuación sólo tendremos que elevar ambos lados al cuadrado, y llamar $M'\ a\ M^2$:

$M^2\ =\ ct\ +\ d\ \Rightarrow\ M'\ =\ ct\ +\ d$

c) $P\ =\ e\ +\ \frac{g}{T}$

Para linealizar esta función llamamos T' a $\frac{1}{T}$:

$P\ =\ gT'\ +\ e$

d) $PV^n\ =\ k$

Para linealizar esta función, debemos tratar de llevarla al modelo potencial:

$$P\ =\ \frac{k}{V^n}$$

Ahora, como necesitamos a V^n en el numerador para poderla linealizar, llamaremos $P'\ a\ \frac{1}{P}$:

$P'\ =\ \frac{1}{k}\ V^n$

Ahora la linealizaremos a través de los logaritmos:

$log(P')\ =\ n\ log(V)\ +\ log(\frac{1}{k})$

Y nuevamente haremos cambio de variable, de la siguiente forma:

$P'' = log(P')$

$V' = log(V)$

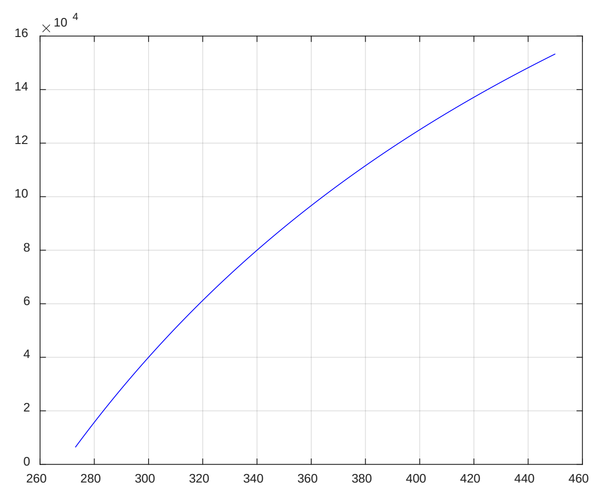
$k' = log(\frac{1}{k})$

Entonces la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$P'' = nV' + k'$

2. Para la función del literal c) dibujar la gráfica, si $e = 3{,}8x10^5$ y $g = -1{,}02x10^8$ entre el rango de valores T=273K y T=450K.

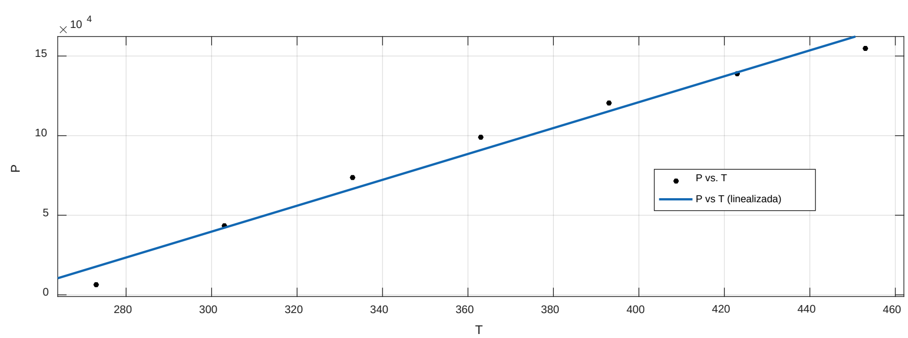
La siguiente gráfica es la representación de la función sin su linealización utilizando Matlab.



Utilizando "Data Cursor", una de las herramientas en el visualizador de gráficas de Matlab, se seleccionaron los siguientes valores de T con sus respectivos valores de P:

T	273	303	333	363	393	423	453
P	6374	$4.337\text{x}10^4$	$7.369\text{x}10^4$	$9.901\text{x}10^4$	$1.205\text{x}10^5$	$1.389\text{x}10^5$	$1.548\text{x}10^5$

Los datos fueron llevados a las funciones *polyfit* y *polyval* de Matlab para realizar la gráfica:



La ecuación de la recta está dada por: $P(T) = 813.3T - 2.043\text{x}10^5$
(A partir de $f(x) = p1 * x - p2$)

3. Especificar cada una de las etapas, que se deben formular en la solución de los siguientes problemas:

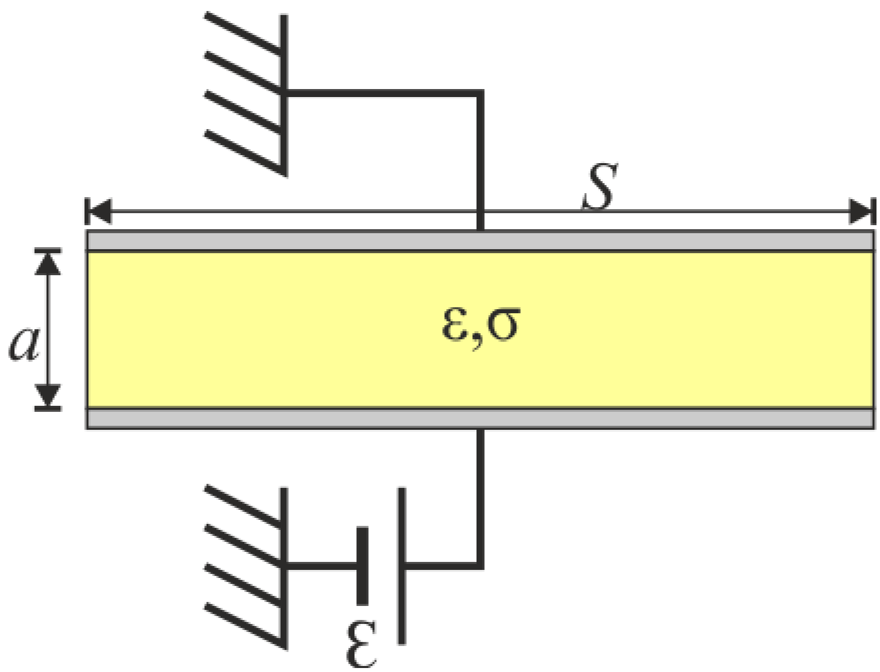
Grupo B

a) Determinar el modelo circuital paralelo de un capacitor de aceite

1. Definición y defensa del problema o investigación.

   Un capacitor de aceite es un dispositivo capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico, cuyo dieléctrico en este caso es el aceite, esto debido a que el aceite es de utilidad para ser usado con altos voltajes en corriente alterna (AC) o doble voltajes (AC/DC), con altos picos de voltaje, altos picos de corriente y cuando el tiempo de operación sea de larga duración. Por otra parte, el uso de estos capacitores o condensadores se ha visto reducido por la cantidad de contaminación que llegan a producir.

2. Análisis preliminar del problema
   El modelo con el que se identifica el capacitor (de una forma general, independiente de su dieléctrico, es aquel en el que se tienen dos placas perfectamente conductoras de sección S, separadas una distancia a entre las cuales hay un dieléctrico de permitividad ε y con una pequeña conductividad σ. Entre las placas se establece una d.d.p. constante por medio de una fuente de f.e.m ϵ, tal y como se ilustra en la figura a continuación:

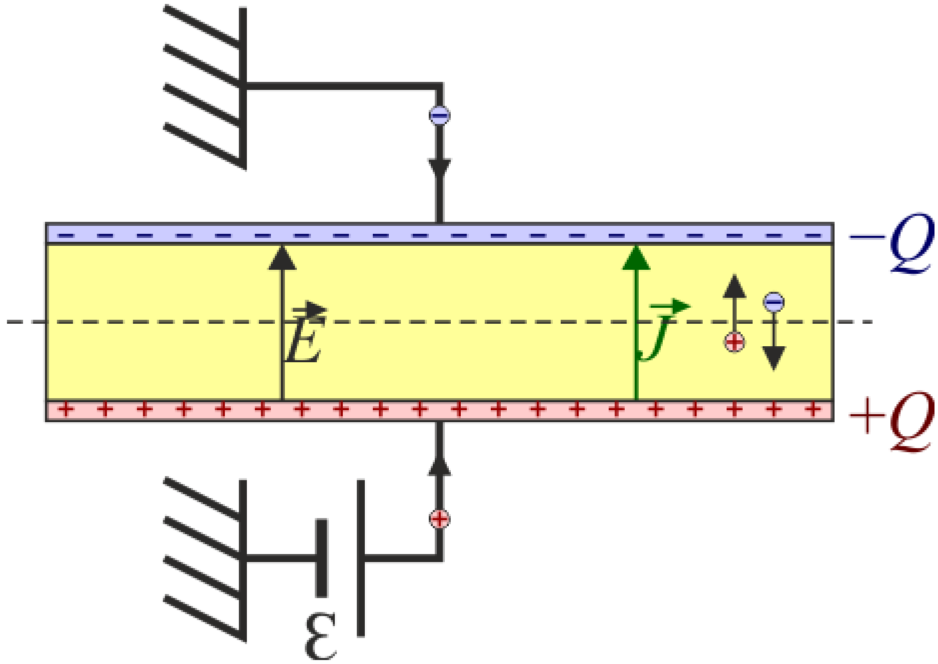


3. Planificación del experimento
   Para analizar el capacitor estudiaremos la corriente que fluye a través de él, así como sus densidades de corriente, para hallar la capacitancia y posteriormente su modelo circuital.
   En el medio material existe una densidad de corriente proporcional al campo, según la ley de Ohm:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} = \frac{\sigma \mathcal{E}}{a} \vec{k}$$

   Esto quiere decir que el medio dieléctrico, al no ser perfectamente aislante, es atravesado por una intensidad de corriente

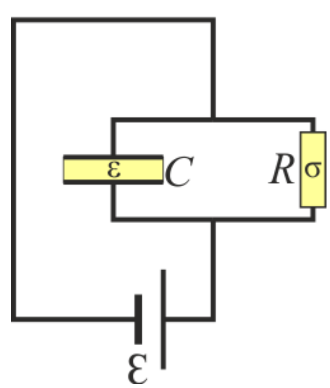
$$I = \int \vec{J} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\sigma S}{a}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{R} \qquad R = \frac{a}{\sigma S}$$



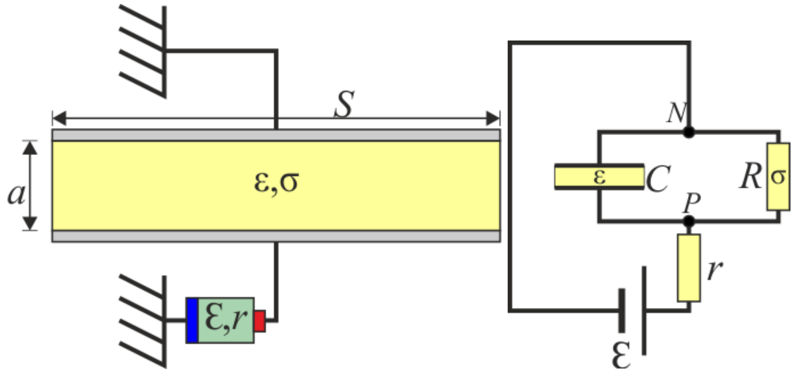
El que haya una corriente no quiere decir que las placas estén descargadas. Como en cualquier condensador plano habrá una carga:

$$Q = C\,\Delta V = C\mathcal{E} \qquad C = \frac{\varepsilon S}{a}$$

4. Evaluación del experimento.
   Ahora llevaremos el circuito a su versión equivalente. Este elemento es tanto un capacitor C (caracterizado por una carga y una energía almacenada) como una resistencia R (caracterizada por una corriente y una potencia disipada por efecto Joule). La diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia es la misma que entre los del condensador, por lo que ambos elementos están en paralelo.



Si se conecta una fuente real, el circuito equivalente se complica:



Aunque el sistema real está formado por dos elementos (la fuente real y el condensador con pérdidas), el circuito equivalente está formado por cuatro: la fuente ideal y la resistencia interna, puestos en serie y el condensador ideal y la resistencia ideal, puestos en paralelo.

La diferencia de potencial entre las placas ya no coincide con la fuerza electromotriz, sino que:

$$\Delta V = V_P - V_N = \mathcal{E} - Ir$$

Se sigue cumpliendo que la diferencia de potencial entre las placas es proporcional a la corriente que circula por el material

$$V_P - V_N = IR$$

Igualando y despejando obtenemos la corriente

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

y la d.d.p.

$$\Delta V = V_p - V_N = \frac{\mathcal{E}R}{R+r}$$

Una vez que tenemos la diferencia de potencial, tenemos la carga en las placas, que ahora es dependiente de la resistencia del elemento:

$$Q = C\,\Delta V = \frac{\mathcal{E}RC}{R+r}$$

Igualmente hallamos el campo entre las placas

$$\vec{E} = \frac{\Delta V}{a}\vec{k} = \frac{\mathcal{E}R}{(R+r)a}\vec{k}$$

La densidad de corriente

$$\vec{J} = \sigma\vec{E} = \frac{\sigma\mathcal{E}R}{(R+r)a}\vec{k} = \frac{\mathcal{E}}{(R+r)S}\vec{k}$$

La energía almacenada

$$U_e = \frac{1}{2}C(\Delta V)^2 = \frac{C\mathcal{E}^2 R^2}{2(R+r)^2}$$

Y la potencia disipada

$$P = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2}$$

5. Conclusiones
   Sin la conexión de la fuente, el circuito equivalente a un condensador real con pérdidas es una asociación en paralelo de dos elementos:
   - Un condensador ideal de capacidad C, por el cual no pasa corriente, es decir, tiene conductancia nula (o resistencia infinita)
   - Una resistencia ideal R, que no almacena carga alguna, es decir, sin capacidad

   De esta forma, en el circuito se separan los efectos de almacenamiento de carga y de flujo de carga. De la misma manera, se separan el almacenamiento de energía y la disipación de energía por efecto Joule.

   De todas maneras, hay que insistir, no obstante, que aunque el circuito equivalente tenga dos elementos, en realidad se trata de un solo dispositivo físico. Una cosa es el sistema real y otra su modelo circuital.

   De igual forma, que el capacitor sea de aceite, electrolítico o cerámico, sólo afecta su capacidad de carga más no su modelo circuital.

Información gracias a:

La Universidad de Sevilla - http://laplace.us.es/wiki/index.php/Condensador_con_p%C3%A9rdidas

Richardson RFDP - http://www.richardsonrfpd.com/Pages/Product-End-Category.aspx?productCategory=10117

b) Determinar los valores R y C de un circuito serie mediante un generador de frecuencia variable

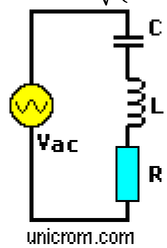
1. Definición y defensa del problema
   Para analizar los valores de R y C, debemos considerar un circuito RLC completo, y además analizar el circuito teniendo en cuenta la frecuencia, por lo tanto, los valores se definirán a partir de la ecuación que dice que la frecuencia angular es igual a dos veces pi por la frecuencia ($\omega = 2\pi f$)

2. Análisis preliminar del problema
   Una señal alterna (proveniente de una fuente de tensión de corriente alterna) puede ser considerada como un generador de frecuencia variable, y al conectar un circuito RLC en serie a esta, hay en un efecto de ésta en cada uno de los componentes. En el condensador aparecerá una reactancia capacitiva y en la bobina una reactancia inductiva, dadas por las ecuaciones:

$$XL = 2 * \pi * f * L$$
$$XC = \frac{1}{2 * \pi * f * C}$$

3. Planificación del experimento
   Como se puede ver los valores de estas reactancias depende de la frecuencia de la fuente. A mayor frecuencia, XL es mayor, pero XC es menor y viceversa.
   Hay una frecuencia para la cual el valor de la XC y XL son iguales. Esta frecuencia se llama **frecuencia de resonancia** y se obtiene de la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L * C)}}$$



4. Evaluación del experimento
   En resonancia como los valores de XC y XL son iguales, se cancelan y en un circuito RLC en serie la impedancia que ve la fuente es el valor de la resistencia. A frecuencias menores a la de resonancia, el valor de la reactancia capacitiva es grande y la impedancia es capacitiva. A frecuencias superiores a la de resonancia, el valor de la reactancia inductiva crece y la impedancia es inductiva.

5. Conclusiones
   La importancia de este tipo de circuitos es que son utilizados para seleccionar bandas de frecuencias y para rechazar otras. Cuando se está en la frecuencia de resonancia la corriente por el circuito es máxima.

Información gracias a: Electrónica Unicrom - https://unicrom.com/resonancia-en-un-circuito-rlc-serie/

4. Utilizando la técnica de mínimos cuadrados linealice los siguientes conjuntos de datos:

a)

Xi	Yi
1	1.5
2	2.0
3	4.0
5	4.6
6	4.7
8	8.5
9	8.8
10	9.9

Para aplicar la técnica de los mínimos cuadrados realizaremos la siguiente tabla:

Xi	Yi	Xi^2	Xi * Yi
1	1.5	1	1.5
2	2.0	4	4.0
3	4.0	9	12.0
5	4.6	25	23.0

6	4.7	36	28.2
8	8.5	64	68.0
9	8.8	81	79.2
10	9.9	100	99
$\sum Xi = 44$	$\sum Yi = 44$	$\sum Xi^2 = 320$	$\sum Xi * Yi = 314.9$

$\Delta = \boldsymbol{N} \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{N}} Xi^2 - \left(\sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{N}} Xi\right)^{\boldsymbol{2}}$

Entonces, sabiendo que N es la cantidad de datos (N = 8), podemos decir que la incertidumbre Δ es:

$\Delta = \boldsymbol{8} * (\boldsymbol{320}) - (\boldsymbol{44})^{\boldsymbol{2}} = \boldsymbol{624}$

$$m = \frac{N\sum_{i=1}^{N} \mathrm{X_i Y_i} - \sum_{i=1}^{N} \mathrm{X_i} \sum_{i=1}^{N} \mathrm{Y_i}}{\Delta} = \frac{(8 * 314.9) - (44 * 44)}{624}$$

$m = 0.935$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N} \mathrm{X_i}^2 \sum_{i=1}^{N} \mathrm{Y_i} - \sum_{i=1}^{N} \mathrm{X_i} \sum_{i=1}^{N} \mathrm{X_i Y_i}}{\Delta} = \frac{(320 * 44) - (44 * 314.9)}{624}$$

$b = 0.359$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^{N} (Y_i - b - mX_i)^2}$$

$$\sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{N}} (\boldsymbol{Y_i} - \boldsymbol{b} - \boldsymbol{mX_i})^{\boldsymbol{2}}$$

$$\begin{aligned} &= (1{,}5 - 0.359 - 0.935 * 1)^2 + (2 - 0.359 - 0.935 * 2)^2 + (4 - 0.359 - 0.935 * 3)^2 \\ &\quad + (4.6 - 0.359 - 0.935 * 5)^2 + (4.7 - 0.359 - 0.935 * 6)^2 \\ &\quad + (8.5 - 0.359 - 0.935 * 8)^2 + (8.8 - 0.359 - 0.935 * 9)^2 \\ &\quad + (9.9 - 0.359 - 0.935 * 10)^2 \end{aligned}$$

0.0424 + 0.0524 + 0.699 + 0.188 + 1.61 + 0.437 + $6.76 * 10^{-4}$ + 0.0365

= 3.066

$\boldsymbol{\sigma_y} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{3.066}}{\boldsymbol{8-2}}} = \boldsymbol{0.715}$

Ahora hallaremos las incertidumbres para la pendiente (m) y para la constante del intercepto (b):

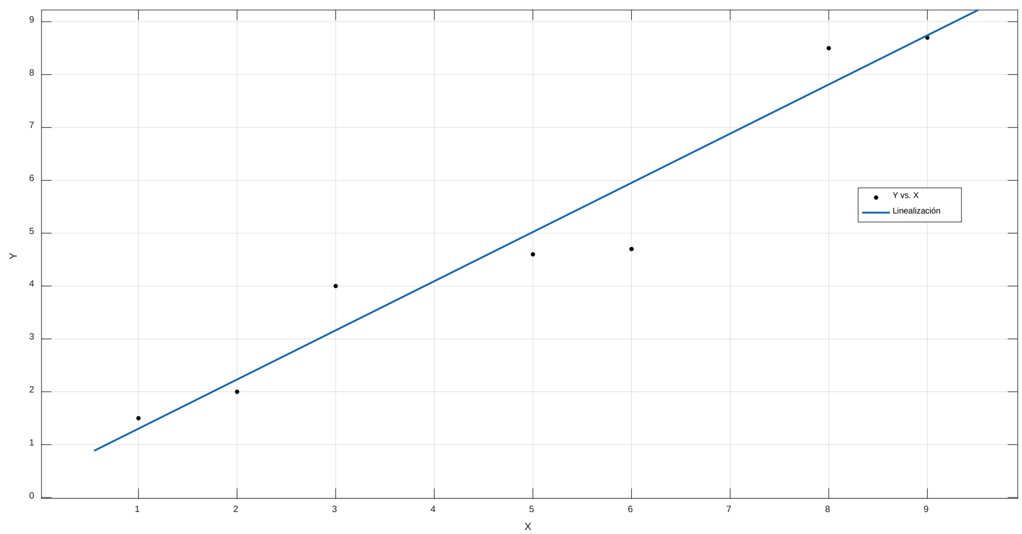
$$\mu_m = \sigma_y \sqrt{\frac{N}{\Delta}} = 0.715 \sqrt{\frac{8}{624}} = 0.081$$

$$\mu_b = \sigma_y \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \mathrm{X_i}^2}{\Delta}} = 0.715 \sqrt{\frac{320}{624}} = 0.512$$

La ecuación de la recta resultante sería:

$$\mathbf{Y} = (\mathbf{0.935} \pm \mathbf{0.081})\mathbf{X} + (\mathbf{0.359} \pm \mathbf{0.512})$$

A continuación, se visualiza la gráfica con su linealización:



b) Para las siguientes tablas, agregaremos inmediatamente las columnas que nos serán útiles para realizar el análisis de los mínimos cuadrados.

Temperatura (°C)	Voltaje (mV)	Ti^2	Ti * Vi
47	749	2209	35203
45,2	774	2043,04	34984,8
44,1	799	1944,81	35235,9
43,1	823	1857,61	35471,3
42,2	852	1780,84	35954,4
41,2	877	1697,44	36132,4
40,4	906	1632,16	36602,4
39,3	935	1544,49	36745,5
38,4	970	1474,56	37248
37,4	999	1398,76	37362,6
36,4	1033	1324,96	37601,2
35,3	1068	1246,09	37700,4
34,5	1101	1190,25	37984,5

33,5	1136	1122,25	38056
32,5	1174	1056,25	38155
31,6	1209	998,56	38204,4
30,6	1248	936,36	38188,8
29,7	1287	882,09	38223,9
28,5	1331	812,25	37933,5
27,6	1370	761,76	37812
26,9	1413	723,61	38009,7
25,6	1458	655,36	37324,8
24,9	1502	620,01	37399,8
23,7	1547	561,69	36663,9
22,7	1595	515,29	36206,5
21,8	1642	475,24	35795,6
20,8	1692	432,64	35193,6
20	1740	400	34800
18,9	1793	357,21	33887,7
18	1847	324	33246
17,1	1901	292,41	32507,1
16,1	1956	259,21	31491,6
15,1	2008	228,01	30320,8
14,3	2066	204,49	29543,8
13,4	2120	179,56	28408
12,3	2174	151,29	26740,2
11,3	2239	127,69	25300,7
10,5	2297	110,25	24118,5
9,2	2354	84,64	21656,8
8,6	2385	73,96	20511
6,8	2507	46,24	17047,6
5,8	2566	33,64	14882,8
5	2629	25	13145

$\sum \mathrm{T_i} = 1107{,}3$	$\sum \mathrm{V_i} = 66072$	$\sum \mathrm{T_i}^2 = 34794{,}97$	$\sum \mathrm{T_i} * \mathrm{V_i} = 1415001{,}5$

N= 43

V=mT+ b

$$\Delta = \mathrm{N}\sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i}^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i}\right)^2 = (43)*(34794.97) - (1107.3)^2 = 270070.42$$

$$m = \frac{N\sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i V_i} - \sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i} \sum_{i=1}^{N} \mathrm{V_i}}{\Delta} = \frac{(43)*(1415001.5*10^{-3}) - (1107.3)*(66072*10^{-3})}{270070.42}$$

$m = -45.6*10^{-3}$= -0.0456

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i}^2 \sum_{i=1}^{N} \mathrm{V_i} - \sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i} \sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i V_i}}{\Delta}$$

$$b = \frac{(34794.97)*(66072*10^{-3}) - (1107.3)*(1415001.5*10^{-3})}{270070.42}$$

$b = 2.71$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N-2}\sum_{i=1}^{N}(V_i - b - mT_i)^2}$$

$$\sum_{i=1}^{N}(V_i - b - mT_i)^2$$

$= [\ (749-2710+45.6*47)^2 + (774-2710+45.6*45.2)^2 + (799-2710+45.6*44.1)^2 + (823-2710+45.6*43.1)^2 + (852-2710+45.6*42.2)^2 + (877-2710+45.6*41.2)^2 + (906-2710+45.6*40.4)^2 + (935-2710+45.6*39.3)^2 + (970-2710+45.6*38.4)^2 + (999-2710+45.6*37.4)^2 + (1033-2710+45.6*36.4)^2 + (1068-2710+45.6*35.3)^2 + (1101-2710+45.6*34.5)^2 + (1136-2710+45.6*33.5)^2 + (1174-2710+45.6*32.5)^2 + (1209-2710+45.6*31.6)^2 + (1248-2710+45.6*30.6)^2 + (1287-2710+45.6*29.7)^2 + (1331-2710+45.6*28.5)^2 + (1370-2710+45.6*27.6)^2 + (1413-2710+45.6*26.9)^2 + (1458-2710+45.6*25.6)^2 + (1502-2710+45.6*24.9)^2 + (1547-2710+45.6*23.7)^2 + (1595-2710+45.6*22.7)^2 + (1642-2710+45.6*21.8)^2 + (1692-2710+45.6*20.8)^2 + (1740-2710+45.6*20)^2 + (1793-2710+45.6*18.9)^2 + (1847-2710+45.6*18)^2 + (1901-2710+45.6*17.1)^2 + (1956-2710+45.6*16.1)^2 + (2008-2710+45.6*15.1)^2 + (2066-2710+45.6*14.3)^2 + (2120-2710+45.6*13.4)^2 + (2174-2710+45.6*12.3)^2 + (2239-2710+45.6*11.3)^2 + (2297-2710+45.6*10.5)^2 + (2354-2710+45.6*9.2)^2 + (2385-2710+45.6*8.6)^2 + (2507-2710+45.6*6.8)^2 + (2566-2710+45.6*5.8)^2 + (2629-2710+45.6*5)^2\ ]*10^{-6}$

= (2.2077*10^5)* 10^{-6} = 0.221

Las incertidumbres de la pendiente y el intercepto están dadas por:

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{0.221}{43-2}} = 0.0734$$

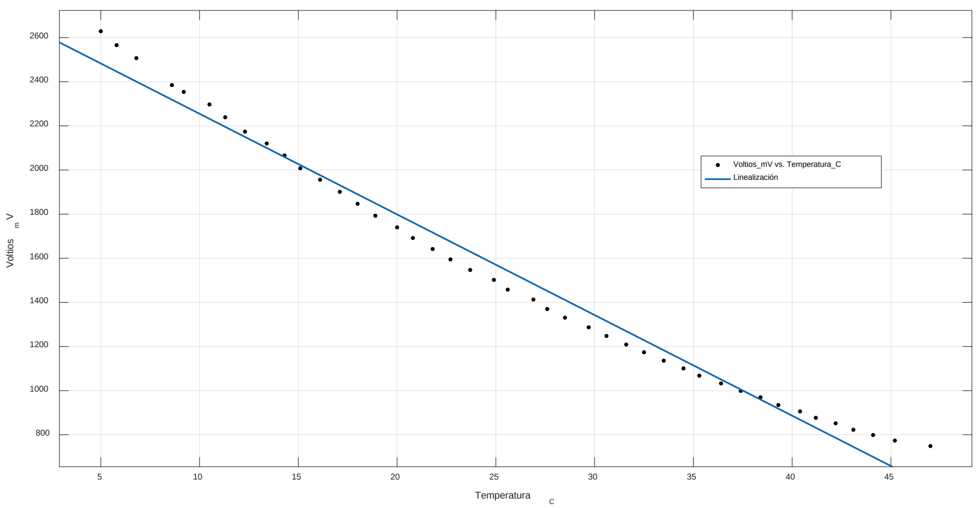
$$\mu_m = \sigma_V \sqrt{\frac{N}{\Delta}} = 0.0734 \sqrt{\frac{43}{270070.42}} = 9.26 * 10^{-4}$$

$$\mu_b = \sigma_V \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \mathrm{T_i}^2}{\Delta}} = 0.0734 \sqrt{\frac{34794{,}97}{270070.42}} = 0.0263$$

Y la ecuación de la recta quedaría tal que:

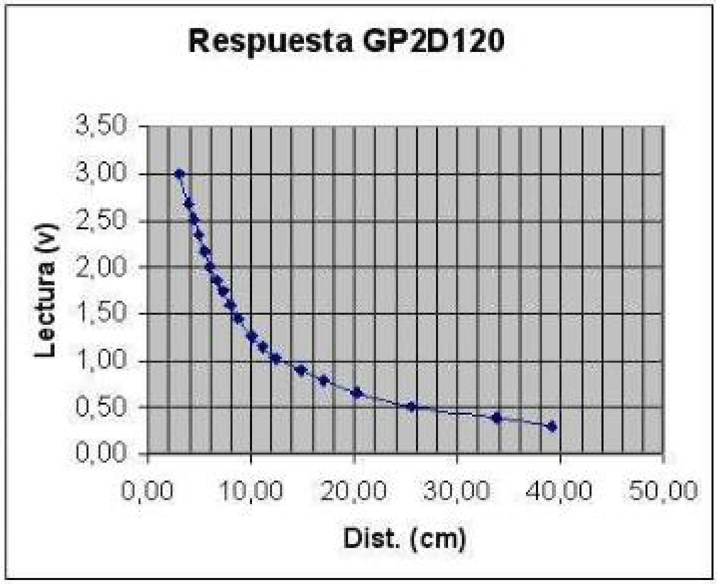
V = (-0.0456 ± 9.26*10^{-4})T + (2.71 ± 0.0263)

A continuación, se detalla la gráfica con su linealización:



5. Utilice el ajuste de mínimos cuadrados para linealizar la siguiente curva utilizando 4 líneas rectas

Dist.	Voltios
3,00	3,00
3,94	2,68
4,42	2,52
4,93	2,35
5,44	2,18
5,95	2,01
6,67	1,86
7,23	1,75
8,00	1,60
8,73	1,45
10,12	1,26
11,12	1,15
12,38	1,03
14,84	0,90
17,01	0,79
20,26	0,66
25,49	0,51
33,81	0,39
39,14	0,30



Para ello, se tomarán 4 grupos de datos, de la siguiente forma:

Primera línea recta:

Como el primer grupo tiene 5 datos, entonces N = 5.

Di	Vi	Di^2	Di * Vi
3	3	9	9
3,94	2,68	15,5236	10,5592
4,42	2,52	19,5364	11,1384
4,93	2,35	24,3049	11,5855
5,44	2,18	29,5936	11,8592
$\sum D_i$ =21,73	$\sum V_i$ =12,73	$\sum {D_i}^2 = 97{,}96$	$\sum D_i * V_i = 54{,}14$

$$\boldsymbol{V_{1=}m_1 D_1 + b}$$

$$\Delta = N \sum_{i=1}^{N} {D_i}^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} D_i\right)^2 = 5 * (97{,}96) - (21{,}73)^2$$

$$\Delta = 17{,}6$$

$$m_1 = \frac{N \sum_{i=1}^{N} D_i V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} V_i}{\Delta} = \frac{5 * (54{,}14) - (21{,}73) * (12{,}73)}{17{,}6}$$

$$m_1 = -0{,}337$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_i{}^2 \sum_{i=1}^{N} V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} D_i V_i}{\Delta} = \frac{(97{,}96) * (12{,}73) - (21{,}73) * (54{,}14)}{17{,}6}$$

$b = 4$

$\mathbf{V_{1=} {-}(0,337) D_1 + 4}$

Segunda línea recta:

Para la segunda gráfica, el grupo tiene 4 valores, entonces el valor de N = 4.

Di	**Vi**	$\boldsymbol{Di^2}$	**Di * Vi**
5,95	2,01	35,4025	11,9595
6,67	1,86	44,4889	12,4062
7,23	1,75	52,2729	12,6525
8	6	64	12,8
$\sum D_i$ =27,85	$\sum V_i$ =7,22	$\sum D_i{}^2$ =196,16	$\sum D_i * V_i$ =49,82

$V_{2=} m_2 D_2 + b$

$$\Delta = N \sum_{i=1}^{N} D_i{}^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} D_i\right)^2 = 4 * (196{,}16) - (27{,}85)^2$$

$\Delta = 9$

$$m_2 = \frac{N \sum_{i=1}^{N} D_i V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} V_i}{\Delta} = \frac{4 * (49{,}82) - (27{,}85) * (7{,}22)}{9}$$

$m_2 = -0{,}199$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_i{}^2 \sum_{i=1}^{N} V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} D_i V_i}{\Delta} = \frac{(196{,}16) * (7{,}22) - (27{,}85) * (49{,}82)}{9}$$

$b = 3{,}2$

$V_{2=} {-}(0{,}199) D_2 + 3{,}2$

Tercera línea recta:

Para el tercer grupo de datos, el valor de N = 5.

Di	**Vi**	$\boldsymbol{Di^2}$	**Di * Vi**
8,73	1,45	76,2129	12,6585
10,12	1,26	102,4144	12,7512
11,12	1,15	123,6544	12,788
12,38	1,03	153,2644	12,7514

14,84	0,9	220,2256	13,356
$\sum D_i$ =57,19	$\sum V_i$ =5,79	$\sum {D_i}^2$ =675,77	$\sum D_i * V_i$ =64,31

$V_{3=}m_3 D_3 + b$

$$\Delta = N\sum_{i=1}^{N} {D_i}^2 - (\sum_{i=1}^{N} D_i)^2 = 5 * (675{,}77) - (57{,}19)^2$$

$\Delta = 108{,}15$

$$m_3 = \frac{N\sum_{i=1}^{N} D_i V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} V_i}{\Delta} = \frac{5 * (64{,}31) - (57{,}19) * (5{,}79)}{108{,}15}$$

$m_3 = -0{,}089$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N} {D_i}^2 \sum_{i=1}^{N} V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} D_i V_i}{\Delta} = \frac{(675{,}77) * (5{,}79) - (57{,}19) * (64{,}31)}{108{,}15}$$

$b = 2{,}17$

$V_{3=} -(0{,}089) D_3 + 2{,}17$

Cuarta línea recta:

Para el cuarto grupo de datos el valor de N = 5, y sus datos quedarían así:

Di	**Vi**	$\boldsymbol{Di^2}$	**Di * Vi**
17,01	0,79	289,3401	13,4379
20,26	0,66	410,4676	13,3716
25,49	0,51	649,7401	12,9999
33,81	0,39	1143,1161	13,1859
39,14	0,3	1531,9396	11,742
$\sum D_i$ =135,71	$\sum V_i$ =2,65	$\sum {D_i}^2$ =4024,60	$\sum D_i * V_i$ =64,74

$V_{4=}m_4 D_4 + b$

$$\Delta = N\sum_{i=1}^{N} {D_i}^2 - (\sum_{i=1}^{N} D_i)^2 = 5 * (4024{,}6) - (135{,}71)^2$$

$\Delta = 1705{,}8$

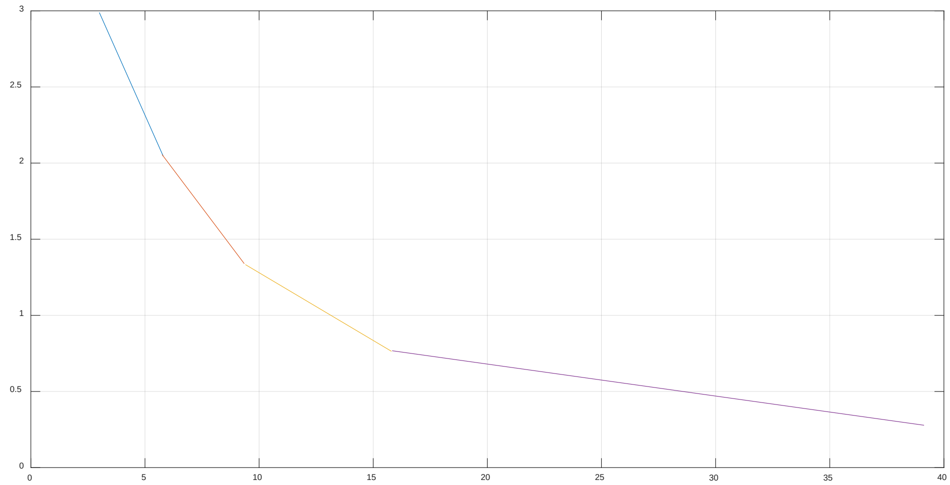
$$m_4 = \frac{N\sum_{i=1}^{N} D_i V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} V_i}{\Delta} = \frac{5 * (64{,}74) - (135{,}71) * (2{,}65)}{1705{,}8}$$

$m_4 = -0{,}021$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{N} {D_i}^2 \sum_{i=1}^{N} V_i - \sum_{i=1}^{N} D_i \sum_{i=1}^{N} D_i V_i}{\Delta} = \frac{(4024{,}6) * (2{,}65) - (135{,}71) * (64{,}74)}{1705{,}8}$$

$b = 1{,}1$

$V_{4=} - (0{,}021)D_4 + 1{,}1$



El código empleado para realizar la gráfica a trozos fue:

```
X1 = 3:0.1:5.8;
X2 = 5.75:0.1:9.45;
X3 = 9.4:0.1:15.85;
X4 = 15.83:0.1:39.14;

Y1 = -0.337.*X1 + 4;
Y2 = -0.199.*X2 + 3.2;
Y3 = -0.089.*X3 + 2.17;
Y4 = -0.021.*X4 + 1.1;

figure
plot(X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3, X4, Y4);
grid on
```

Los rangos de X tuvieron que ser ajustados para que las líneas se cruzaran correctamente, ya que o bien las líneas sobraban (quedaban más largas que otras) o quedaba un espacio vacío o 'gap'.

6. Investigue el uso del toolbox o apps de Matlab "curve fitting" y realice el ajuste de curva más adecuado para la curva del punto 5. Realice un tutorial paso a paso donde muestre los resultados.

El tutorial paso a paso podrá ser encontrado en mi sitio web:
https://segundopreviomedicionelectronica.superjd10.com/