



Introducción Parte IV

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

Modelos empíricos vs. teóricos

Modelos empíricos vs. teóricos

Modelos empíricos

- Consideran la relación entradas-salidas.
- No explican el proceso.
- Requieren numerosos datos.
- El rango de validez está restringido al dominio de los datos.
- No pueden extrapolar.
- Si el sistema se modifica, pierden validez.

Modelos teóricos

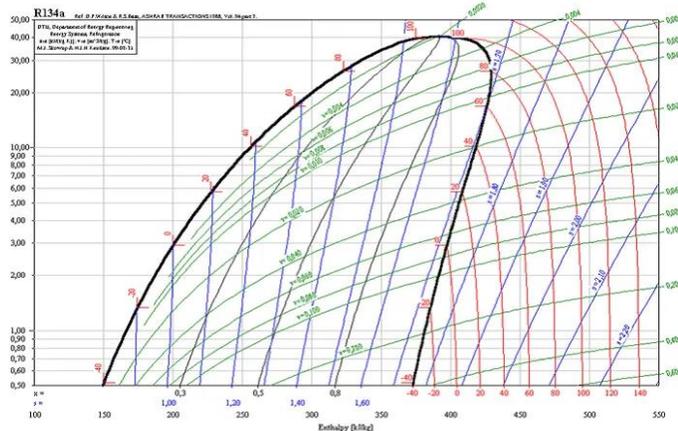
- Consideran los primeros principios.
- Explican el proceso.
- Requieren menos datos.
- Pueden extrapolar.
- El rango de validez está dado por el dominio de las leyes físico-químicas.
- Si el sistema se modifica, generalmente, siguen siendo válidos.
- No siempre es posible o conveniente desarrollarlos.

Modelos empíricos vs. teóricos

Modelos empíricos

- Tablas experimentales
- Gráficos
- Funciones: $\pi_0 = \pi_1^{p_1} \pi_2^{p_2} \pi_3^{p_3} \dots \pi_n^{p_n}$

Diagrama de Molliere



Modelos teóricos

- Modelo de espacio de estados

$$V \frac{dC_A}{dt} = F_0(C_{A0} - C_A) - Vr$$

$$V \frac{dC_B}{dt} = F_0(C_{B0} - C_B) - Vr$$

$$V \frac{dC_C}{dt} = F_0(C_{C0} - C_C) + Vr$$

$$V \frac{dC_M}{dt} = F_0(C_{M0} - C_M)$$

$$V C_p \frac{dT}{dt} = F_0 C_0 C_p (T_0 - T) + Vr(-\Delta H) - Q$$

$$r = kC_A$$

$$k = \alpha e^{-\frac{E}{RT}}$$

$$Q = UA\Delta T_{ml}$$

$$Q = N_{s0} C_{p,s0} (T_s - T_{s0})$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T - T_{s0}) - (T - T_s)}{\ln\left(\frac{T - T_{s0}}{T - T_s}\right)}$$

$$C = \sum_{j=A,B,C,M} C_j$$

$$x_j = \frac{C_j}{C} \quad j = A, B, C, M$$

Modelos empíricos

Conductividad del germanio

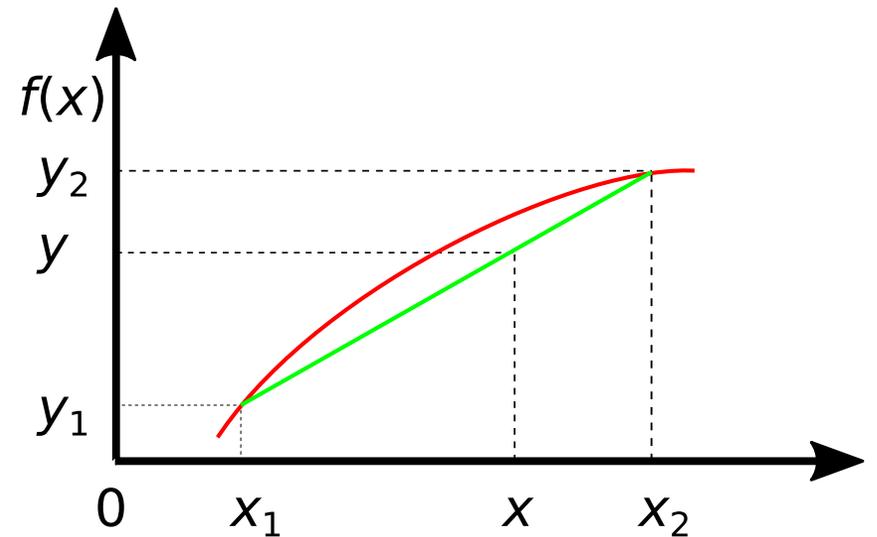
T (K)	σ_{Ge} (10^{-4} S/cm)
400	0.05
500	0.10
600	0.20
700	0.40
800	1.00
900	2.00
1000	4.00



Interpolación lineal

- Interpolación lineal

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$



Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

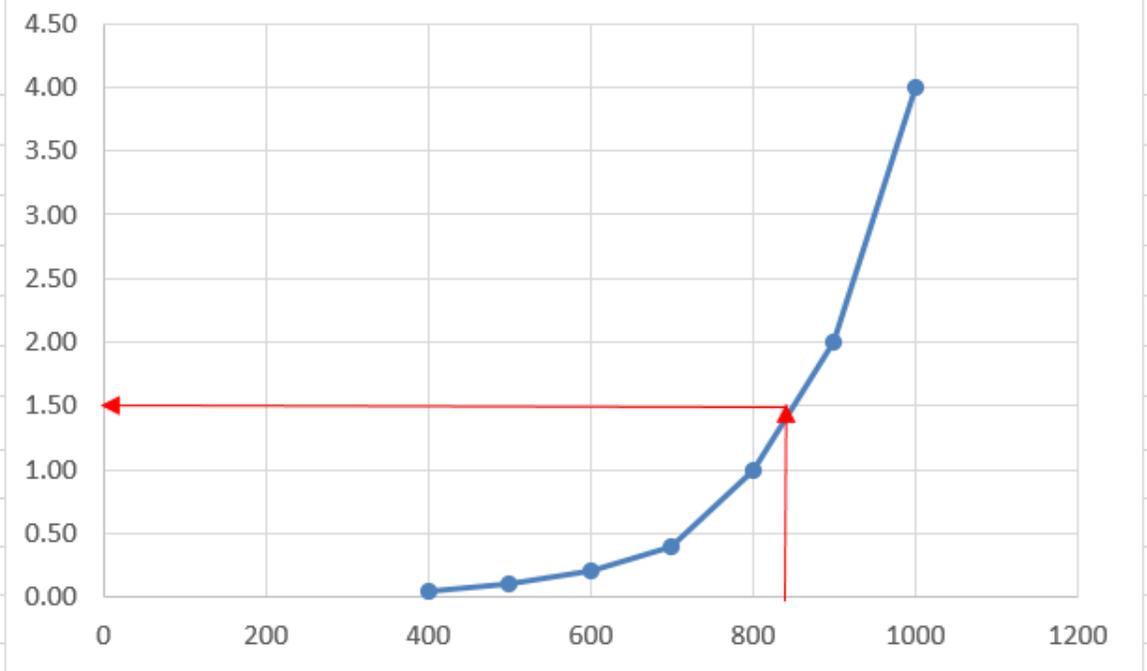
Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

B12 = (B7-B6)/(A7-A6)*(A12-A6)+B6

T (K)	sGe (10 ⁻⁴ S/cm)
400	0.05
500	0.1
600	0.2
700	0.4
800	1
900	2
1000	4

Interpolación	
x	y
850	= (B7-B6)/(A7-A6)*(A12-A6)+B6



$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

Regresión

Datos

x	y
x_1	y_1
x_2	y_2
x_3	y_3
...	...
x_n	y_n

Modelo

$$P(x) = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j x^j$$

$$\min_a \sum_{i=1}^n (y_i - P(x_i))^2$$

El modelo puede ser una $f(x)$

Redes neuronales

Conductividad Ge – Regresión.xlsx

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

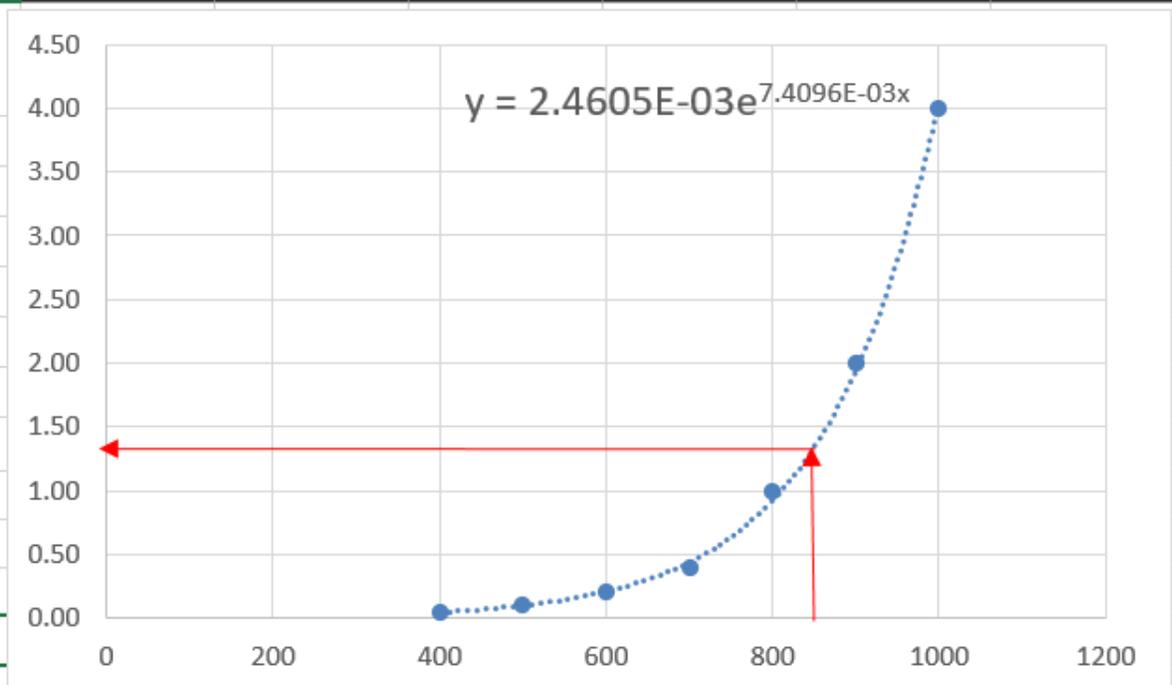
Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

T (K)	sGe (10 ⁻⁴ S/cm)
400	0.05
500	0.10
600	0.20
700	0.40
800	1.00
900	2.00
1000	4.00

Regresión

x	y
850	1.34



$y = a \exp(bx)$

$y = 2.4605 \times 10^{-3} \exp(7.4096 \times 10^{-3} x)$

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

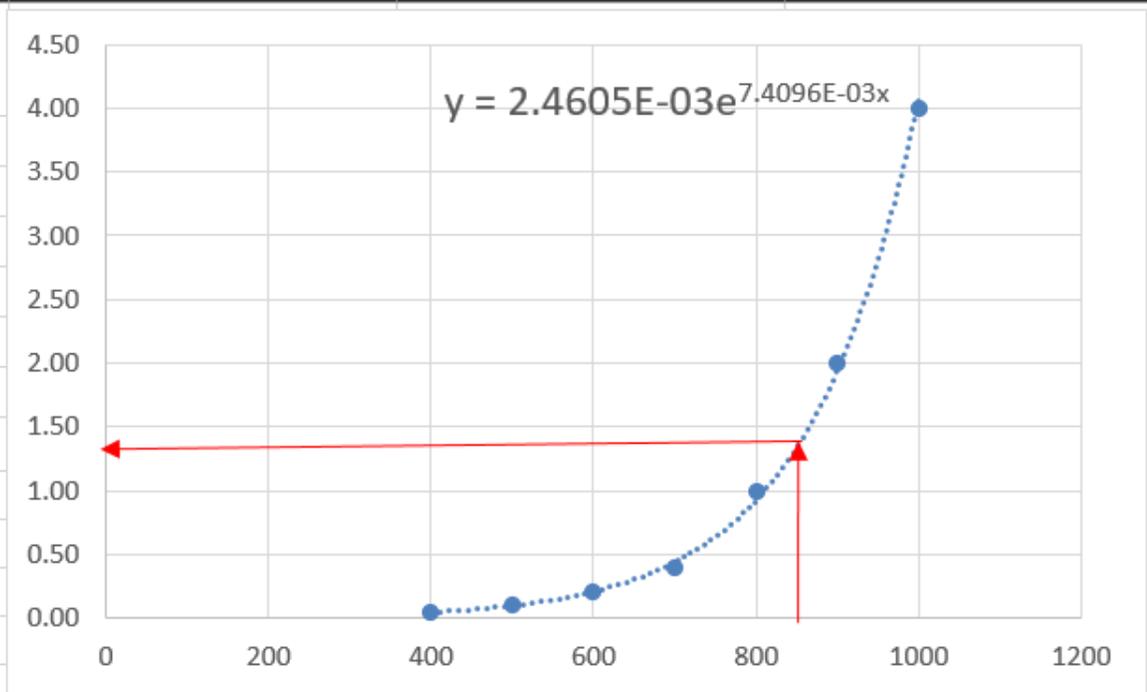
Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

B12 =0.0024605*EXP(0.0074096*A12)

T (K)	sGe (10 ⁻⁴ S/cm)
400	0.05
500	0.1
600	0.2
700	0.4
800	1
900	2
1000	4

Regresión	x	y
	850	=0.0024605*EXP(0.0074096*A12)



$$y = a \exp(bx)$$

$$y = 2.4605 \times 10^{-3} \exp(7.4096 \times 10^{-3} x)$$

Errores

Función como base

$$E = y - y(x)$$

$$E_R = \frac{y - y(x)}{y(x)}$$

$$E\% = 100 \frac{y - y(x)}{y(x)}$$

Datos como base

$$E = y(x) - y$$

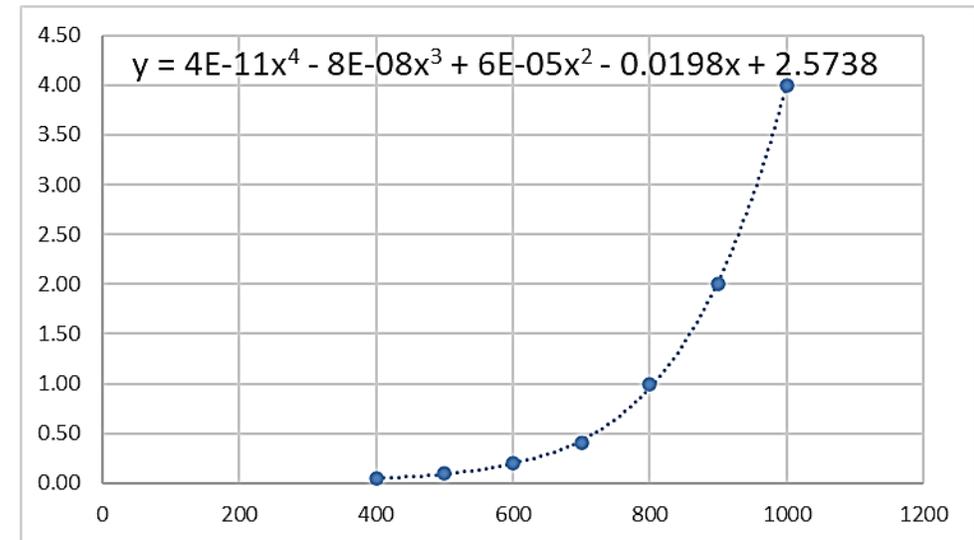
$$E_R = \frac{y(x) - y}{y}$$

$$E\% = 100 \frac{y(x) - y}{y}$$

Cifras significativas

T (K)	S_{Ge} (10^{-4} S/cm)	$\sigma_{Ge}(T)$	<i>Error %</i>
400	0.05	0.1578	215.60
500	0.10	0.1738	73.80
600	0.20	0.1978	-1.10
700	0.40	0.2778	-30.55
800	1.00	0.5578	-44.22
900	2.00	1.2778	-36.11
1000	4.00	2.7738	-30.66

$$=(C2-B2)/B2*100$$



$$=4E-11*A2^4-8E-8*A2^3+6E-5*A2^2-1.98E-2*A2+2.5738$$

Cifras significativas

Definición

- Las cifras significativas son las que aportan alguna información.
- El 0 a la izquierda no es significativo.
- El 0 antes del punto decimal es ambiguo.
- Notación científica: $\#.#####E##$
 - $3.56E5 = 3.56 \times 10^5$
- c. s. = decimales + 1

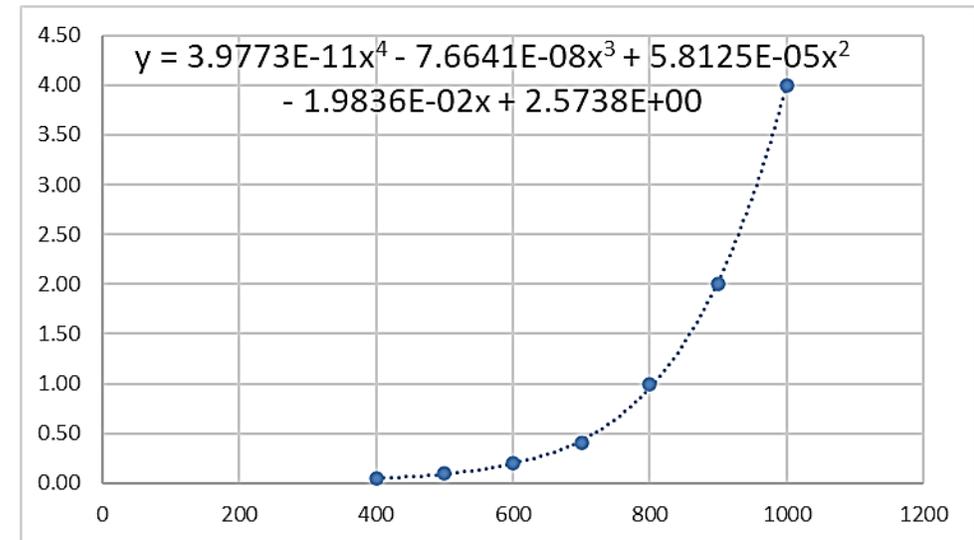
Ejemplos con 4 c. s.

General	Científica
1234	1.234×10^3
1.234	1.234×10^0
0.01234	1.234×10^{-2}
1003	1.003×10^3
1234000	1.234×10^5
1200	1.200×10^3

Cifras significativas

T (K)	S_{Ge} (10^{-4} S/cm)	$\sigma_{Ge}(T)$	<i>Error %</i>
400	0.05	0.0526	5.13
500	0.10	0.0927	-7.26
600	0.20	0.1973	-1.34
700	0.40	0.4315	7.87
800	1.00	0.9558	-4.42
900	2.00	2.0264	1.32
1000	4.00	3.9948	-0.13

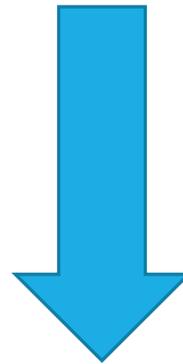
$$=(C2-B2)/B2*100$$



$$=3.9773E-11*A2^4-7.6641E-8*A2^3+5.8125E-5*A2^2-1.9836E-2*A2+2.5738$$

Cifras significativas

$$=3.9773E-11x^4-7.6641E-8x^3+5.8125E-5x^2-1.9836E-2x+2.5738$$

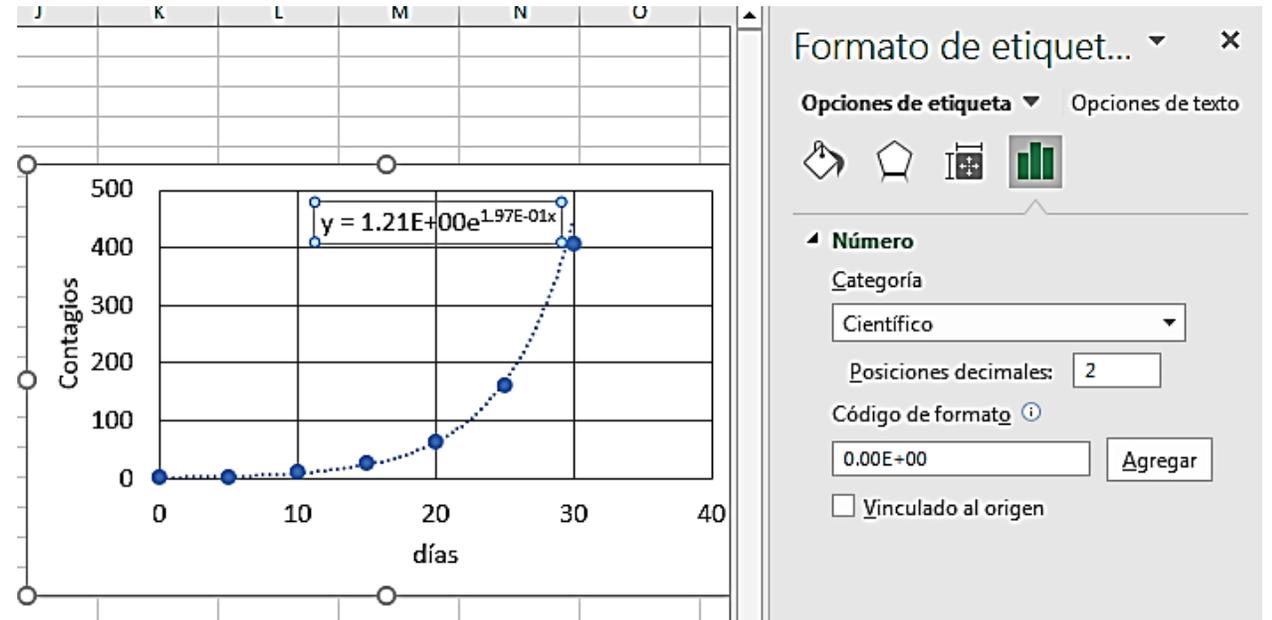


Buscar:	x
Reemplazar:	"A2"

$$=3.9773E-11*A2^4-7.6641E-8*A2^3+5.8125E-5*A2^2-1.9836E-2*A2^+2.5738$$

Regresión

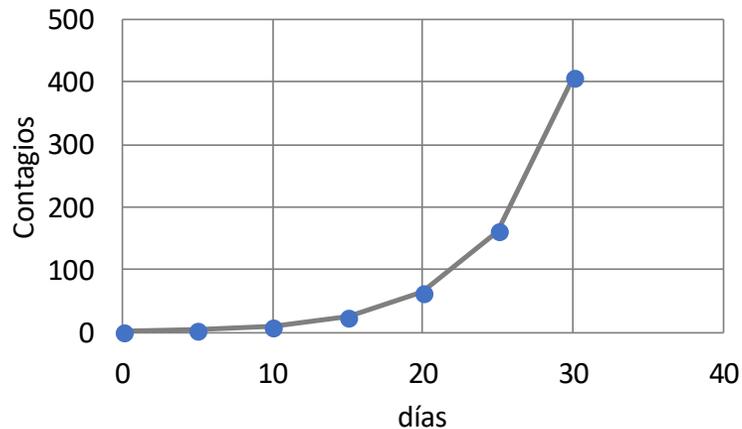
- Línea de tendencia en Excel
- Dar formato científico a los coeficientes:
 - c. s. = decimales + 1
- Coeficiente de determinación R^2 :
 - Está entre 0 y 1.
 - $$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (f(x_i) - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \frac{Var(F)}{Var(Y)}$$



Interpolación vs. regresión

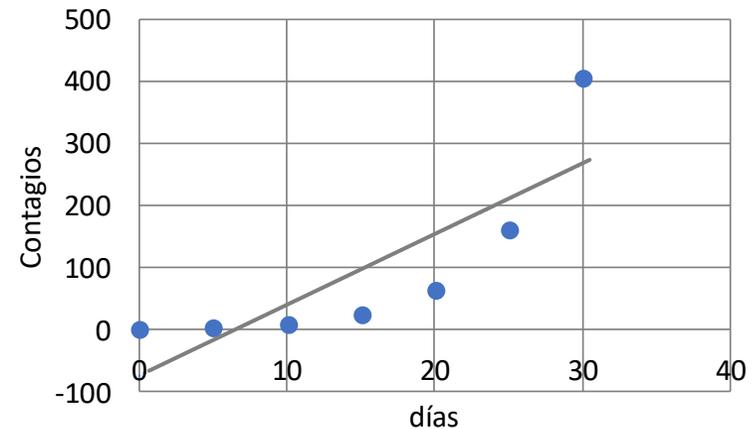
Interpolación

- Supone que los datos no tienen error.
- Los errores afectan.
- Emplea datos cercanos.
- Fórmula sencilla.



Regresión

- Considera que los datos tienen error.
- Los errores son atenuados.
- Emplea todos los datos.
- Fórmulas complejas.



Modelos teóricos

Calentador de agua

Modelo empírico

V (V)	I (A)
0	0.00
1	0.18
2	0.37
3	0.54
4	0.78
5	1.14
6	1.37
7	1.43
8	1.57
9	1.94
10	1.85
11	2.04
12	2.62

Sistema



Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

J3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

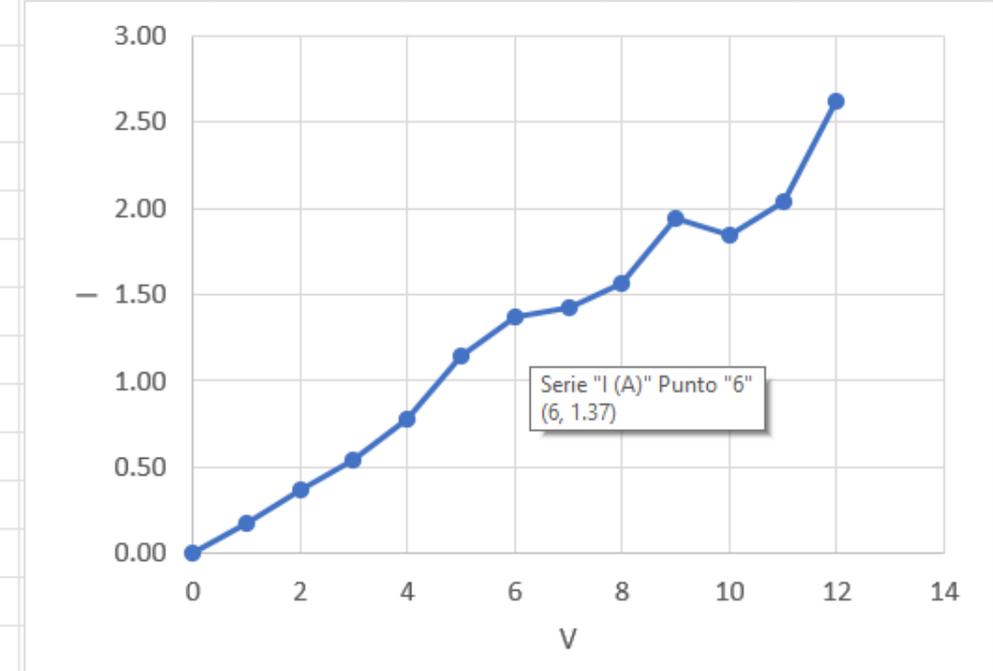
	V (V)	I (A)
1	0	0.00
2	1	0.18
3	2	0.37
4	3	0.54
5	4	0.78
6	5	1.14
7	6	1.37
8	7	1.43
9	8	1.57
10	9	1.94
11	10	1.85
12	11	2.04
13	12	2.62



y1 = a*x1+b
y2 = a*x2+b

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

Datos		Interpolación	
V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
9	1.94	9.5	1.90
10	1.85		



Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

Complementos Analizar datos

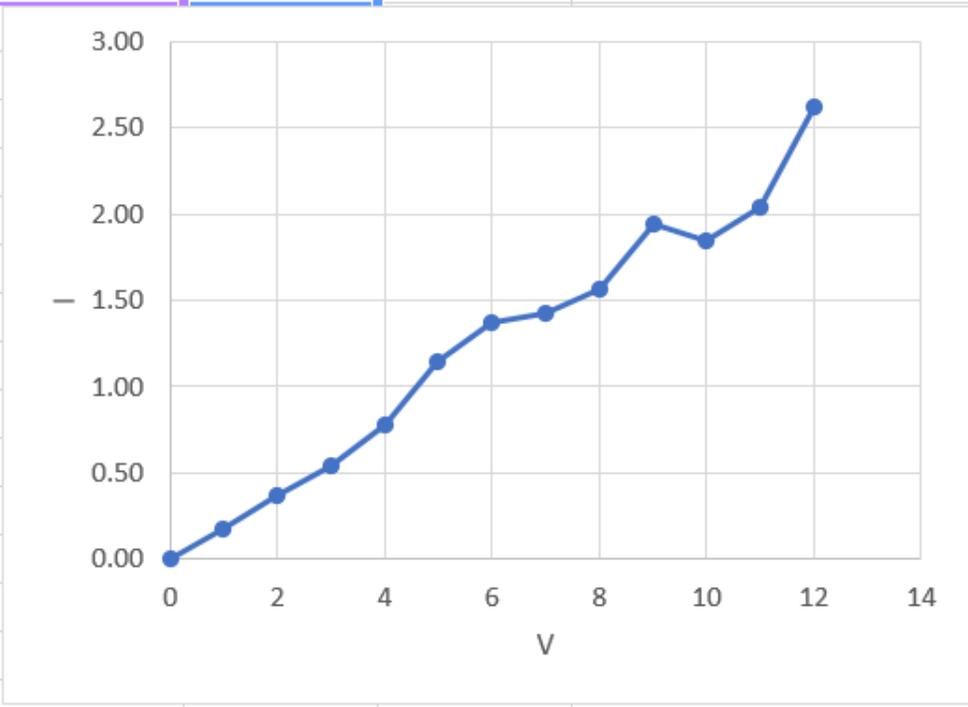
I3 =(G4-G3)/(F4-F3)*(H3-F3)+G3

	A	B
1	V (V)	I (A)
2	0	0
3	1	0.18
4	2	0.37
5	3	0.54
6	4	0.78
7	5	1.14
8	6	1.37
9	7	1.43
10	8	1.57
11	9	1.94
12	10	1.85
13	11	2.04
14	12	2.62



$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

Datos		Interpolación	
V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
9	1.94	9.5	$=(G4-G3)/(F4-F3)*(H3-F3)+G3$
10	1.85		

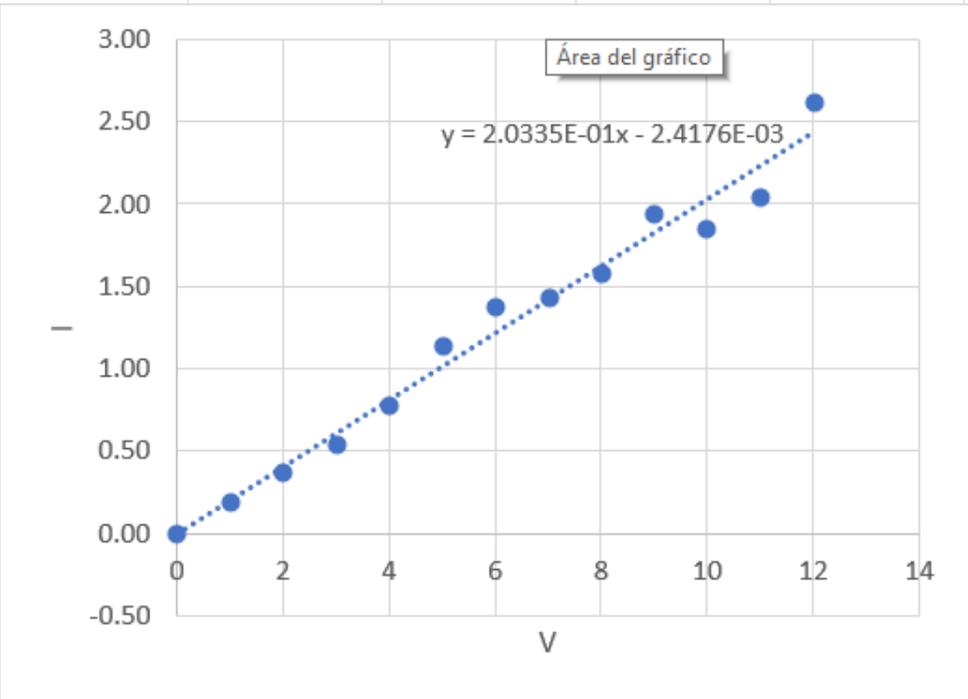


Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Comentarios Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	V (V)	I (A)											
2	0	0.00											
3	1	0.18											
4	2	0.37											
5	3	0.54											
6	4	0.78											
7	5	1.14											
8	6	1.37											
9	7	1.43											
10	8	1.57											
11	9	1.94											
12	10	1.85											
13	11	2.04											
14	12	2.62											

Regresión	
V (V)	I (A)
9	1.83



Área del gráfico

$$y = 2.0335E-01x - 2.4176E-03$$

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

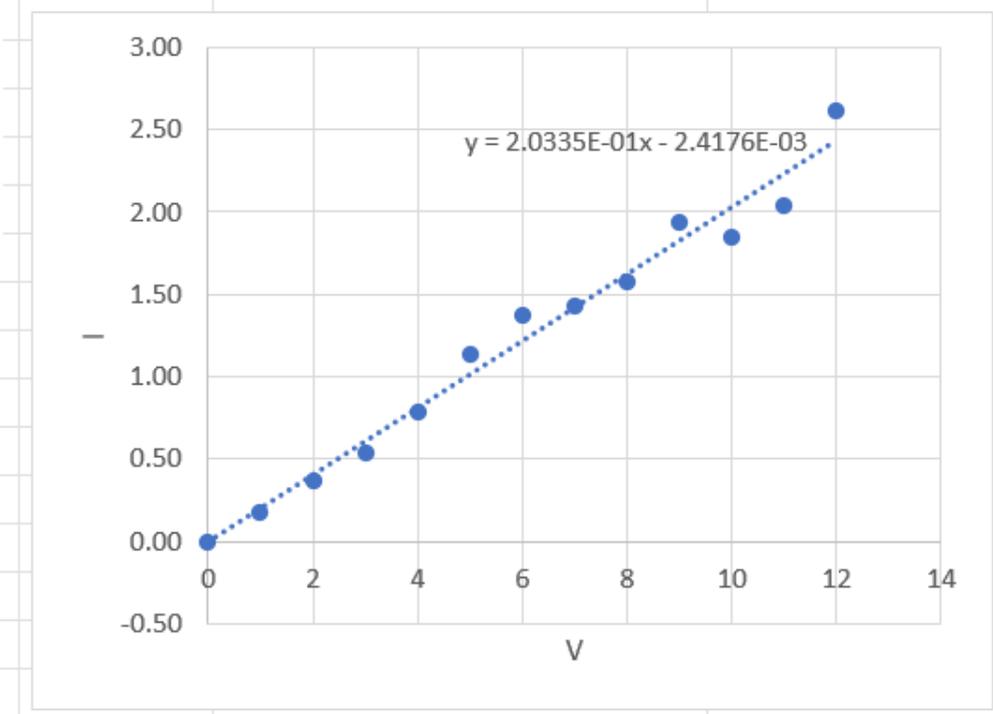
Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

G3 : $= 0.20335 * F3 - 0.0024176$

	A	B
1	V (V)	I (A)
2	0	0
3	1	0.18
4	2	0.37
5	3	0.54
6	4	0.78
7	5	1.14
8	6	1.37
9	7	1.43
10	8	1.57
11	9	1.94
12	10	1.85
13	11	2.04
14	12	2.62

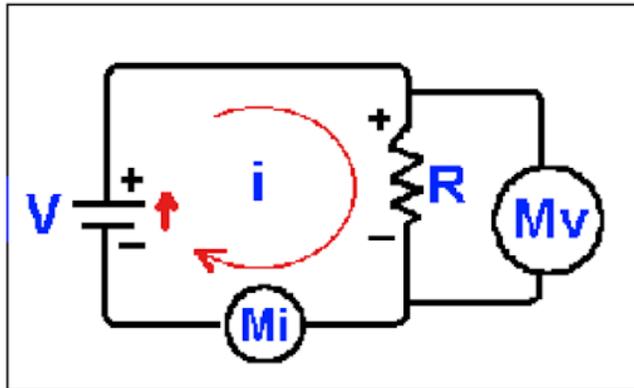


F	G
Regresión	
V (V)	I (A)
9	$= 0.20335 * F3 - 0.0024176$



Calentador de agua

Modelo teórico



$$I = \frac{V}{R} = aV$$

Sistema



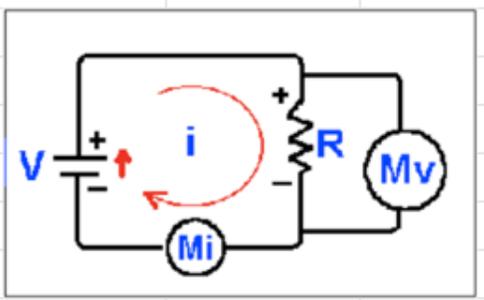
Archivos Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Insertar función Σ Autosuma \mathcal{L} Lógicas \mathcal{A} Texto \mathcal{C} Fecha y hora \mathcal{P} Python \mathcal{D} Diagnósticos \mathcal{I} Inicialización Python (versión preliminar) Restablecer \mathcal{A} Asignar nombre \mathcal{U} Utilizar en la fórmula \mathcal{C} Crear desde la selección Administrador de nombres Nombres definidos \mathcal{R} Rastrear precedentes \mathcal{R} Rastrear dependientes \mathcal{Q} Quitar flechas Auditoría de fórmulas \mathcal{V} Ventana Inspección Opciones para el cálculo Cálculo

H3 \mathcal{F} \mathcal{G} \mathcal{H} \mathcal{I} \mathcal{J} \mathcal{K} \mathcal{L} \mathcal{M}

	A	B
1	V (V)	I (A)
2	0	0.00
3	1	0.18
4	2	0.37
5	3	0.54
6	4	0.78
7	5	1.14
8	6	1.37
9	7	1.43
10	8	1.57
11	9	1.94
12	10	1.85
13	11	2.04
14	12	2.62



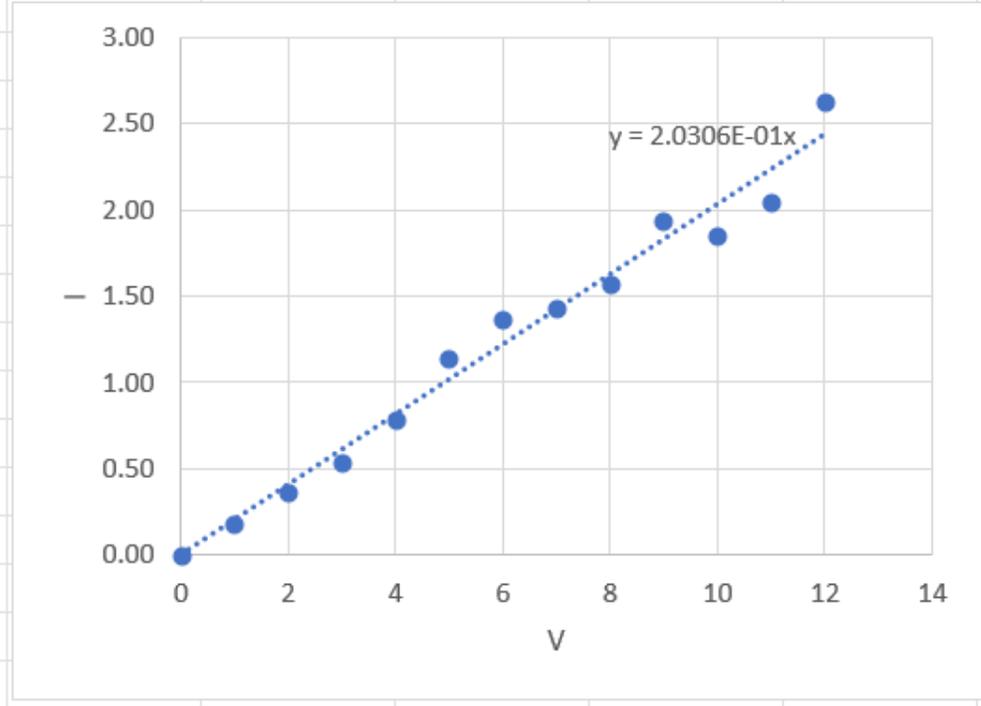
$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = aV$$

Modelo teórico

V (V)	I (A)
20	4.06

Extrapolación



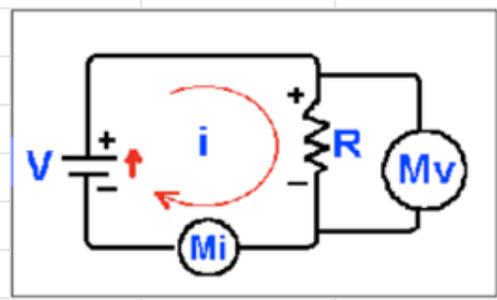
Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

G3 : $=0.20306 * F3$

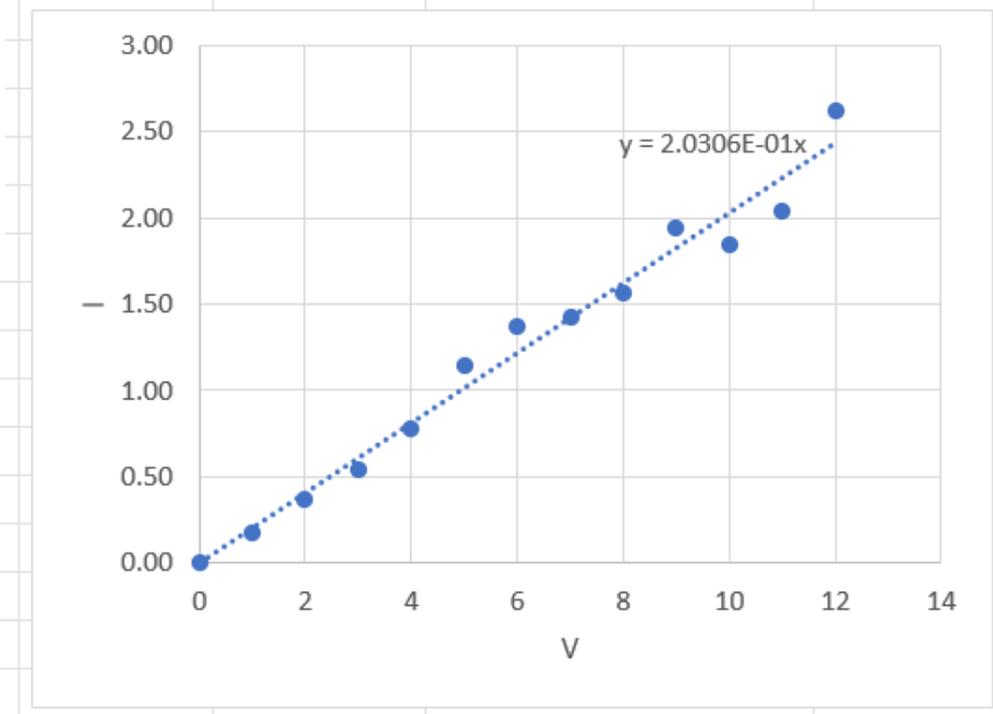
	A	B
1	V (V)	I (A)
2	0	0
3	1	0.18
4	2	0.37
5	3	0.54
6	4	0.78
7	5	1.14
8	6	1.37
9	7	1.43
10	8	1.57
11	9	1.94
12	10	1.85
13	11	2.04
14	12	2.62



$$I = \frac{V}{R}$$

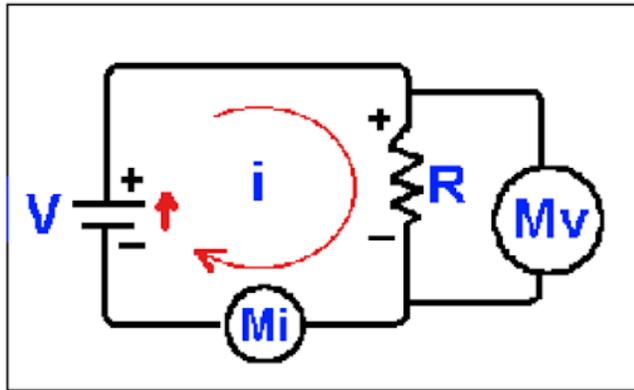
$$I = aV$$

Modelo teór	
V (V)	I (A)
20	$=0.20306 * F3$



Calentador de agua

Modelo teórico



$$I = \frac{V}{R} = aV$$

Sistema



Si se conecta otra resistencia igual en serie o en paralelo, no es necesario modificar el modelo.

Tunguska, 1908



[Incidente Tunguska](#)

[Simulación](#)

Meteoroides

- Un meteoroides es una pieza de roca o de restos metálicos que viaja en el espacio exterior.



NEO Earth Close Approaches

Home About Orbits Close Approaches Impact Risk Planetary Defense Discovery Statistics Tools Extras

HOME -> CLOSE APPROACHES -> NEOS

Show 10 entries

Showing 51 to 60 of 137 entries

Search: Search object

Object	Close-Approach (CA) Date	CA Distance Nominal (LD au)	CA Distance Minimum (LD au)	V relative (km/s)	V infinity (km/s)	H (mag)	Estimated Diameter
(2020 NN)	2020-Jul-25 12:56 ± < 00:01	16.22 0.04167	16.17 0.04155	10.13	10.12	24.6	32 m - 71 m
(2018 GO4)	2020-Jul-25 15:20 ± < 00:01	11.79 0.03029	11.79 0.03029	9.07	9.06	24.5	33 m - 75 m
(2020 OW5)	2020-Jul-25 18:07 ± < 00:01	2.41 0.00618	2.40 0.00615	7.48	7.42	26.2	16 m - 35 m
(2020 OY5)	2020-Jul-26 04:07 ± < 00:01	9.05 0.02325	9.01 0.02316	18.87	18.87	23.7	48 m - 110 m
(2020 OA5)	2020-Jul-27 07:25 ± 00:14	16.70 0.04292	16.63 0.04273	10.22	10.21	26.8	11 m - 26 m
(2020 OO1)	2020-Jul-27 15:23 ± < 00:01	1.74 0.00447	1.74 0.00447	7.27	7.19	26.4	14 m - 31 m
(2020 NZ)	2020-Jul-28 00:54 ± < 00:01	8.21 0.02111	8.14 0.02091	7.80	7.78	25.3	23 m - 52 m
(2020 OE2)	2020-Jul-28 03:04 ± < 00:01	4.47 0.01148	4.47 0.01147	2.91	2.83	27.0	10 m - 23 m
(2020 OY4)	2020-Jul-28 05:30 ± < 00:01	0.11 0.00028	0.11 0.00028	12.39	11.59	30.2	2.4 m - 5.5 m
(2020 PY)	2020-Jul-28 17:55 ± 00:07	15.93 0.04094	15.74 0.04044	10.45	10.44	25.7	19 m - 43 m

Print CSV Excel

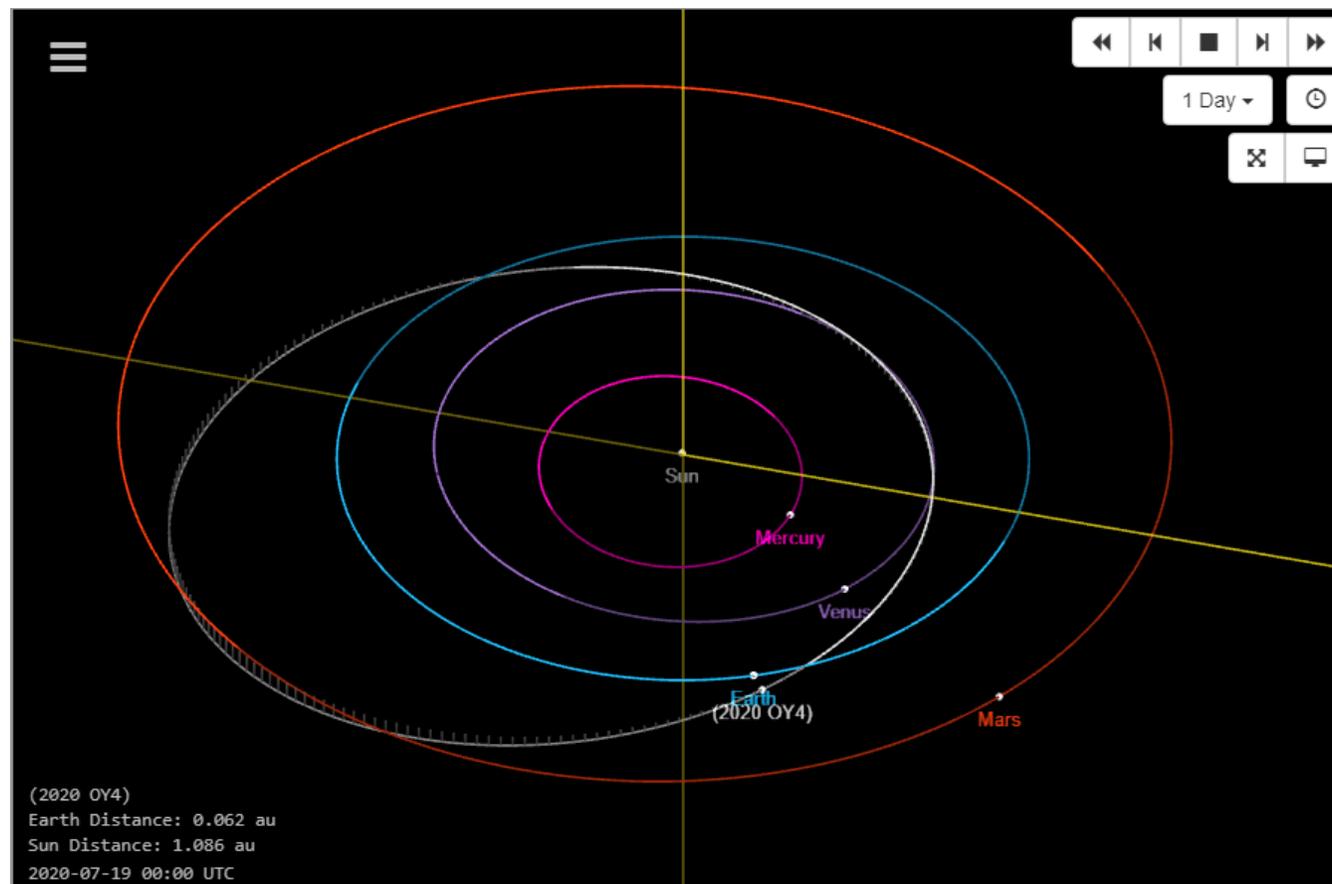
Previous 1 ... 5 **6** 7 ... 14 Next

Use the "Print" button above to print data contained in this table. Use the "CSV" or "Excel" buttons to download the data for use in your spreadsheet program. Allow a few seconds for downloads of large datasets.

Machine-readable data are available. See the [API document](#) for details.

<https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/>

2020 OY4



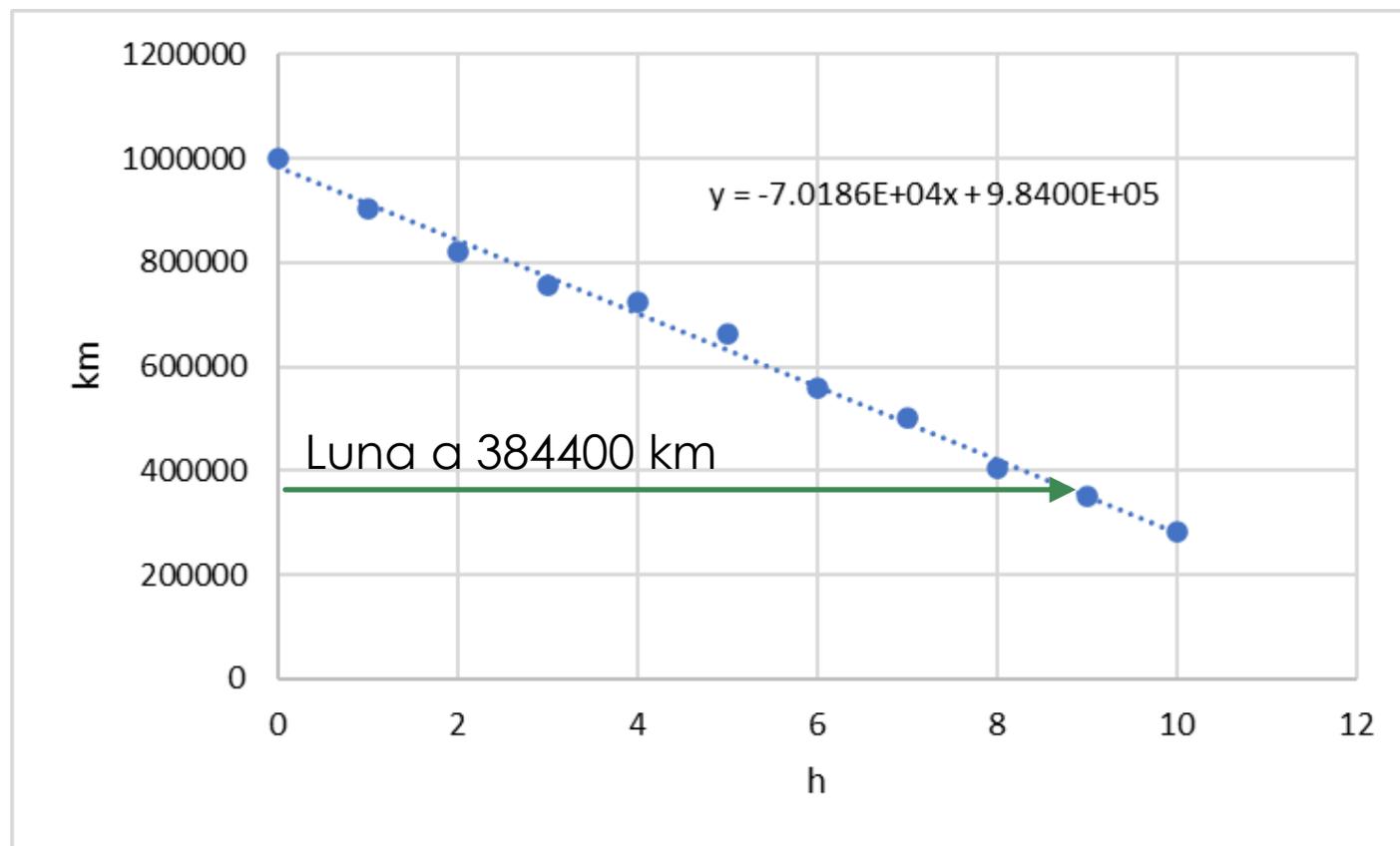
Observaciones

t (h)	d (km)
0	1000000
1	901892
2	821209
3	757918
4	724129
5	661623
6	558060
7	500666
8	403836
9	352063
10	282301



Meteoroides.xlsx

Interpolación



Extrapolación

○ Movimiento uniforme

