

Optimización Introducción Parte III

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

Extracción por solvente

Extracción por solvente

Un equipo extractor por solvente opera por lotes. La preparación del equipo para cada ciclo de operación consume 15 min. La cantidad M (kg) de producto extraído en un tiempo de operación t (h) está dada por la siguiente correlación:

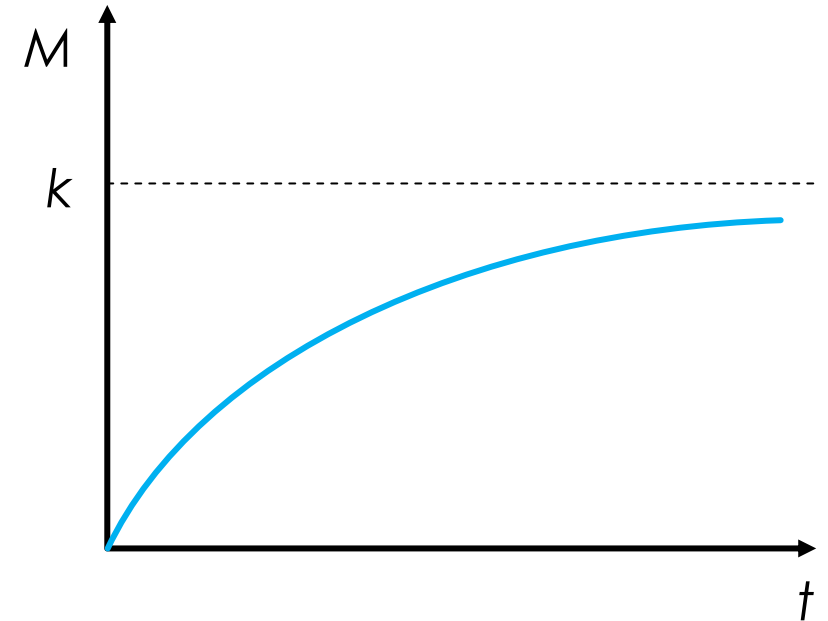
$$M = k(1 - e^{-t/\tau})$$

donde $k = 15$ kg, $\tau = 10$ h.

Se deben extraer $M_o = 150$ kg en el menor tiempo t_o posible.

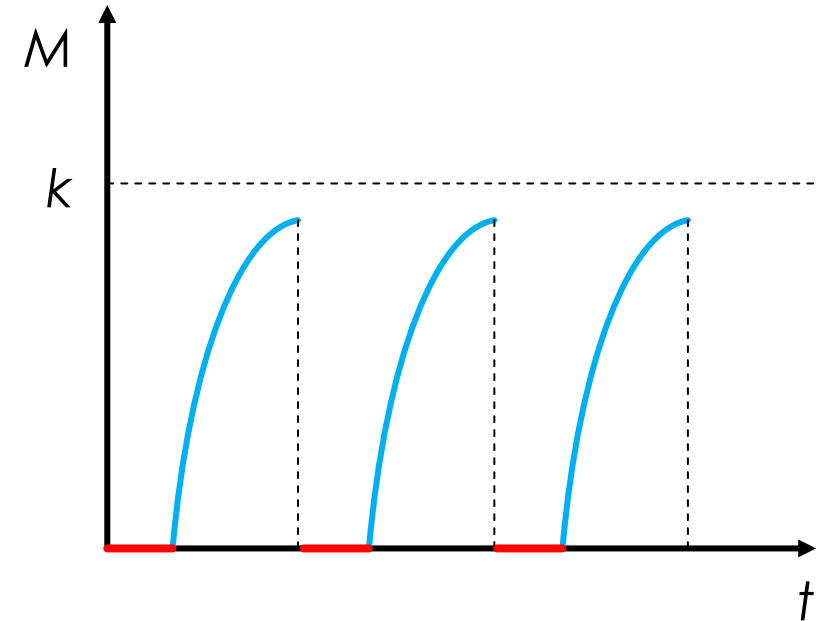
Extracción por solvente

- En ciclo: $M = k(1 - e^{-t/\tau})$.
- Un $n = 1$ ciclo no es suficiente porque $M_o > k$.

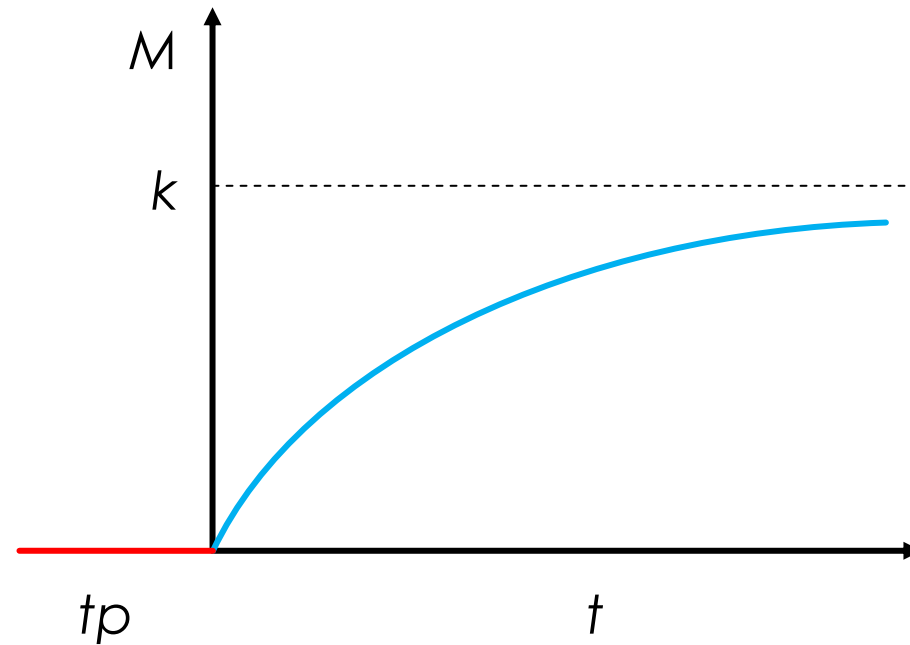


Extracción por solvente

- Operación con n ciclos.
- Un valor alto de n implica sumar n tiempos muertos.
- Debe haber un valor óptimo de n intermedio.

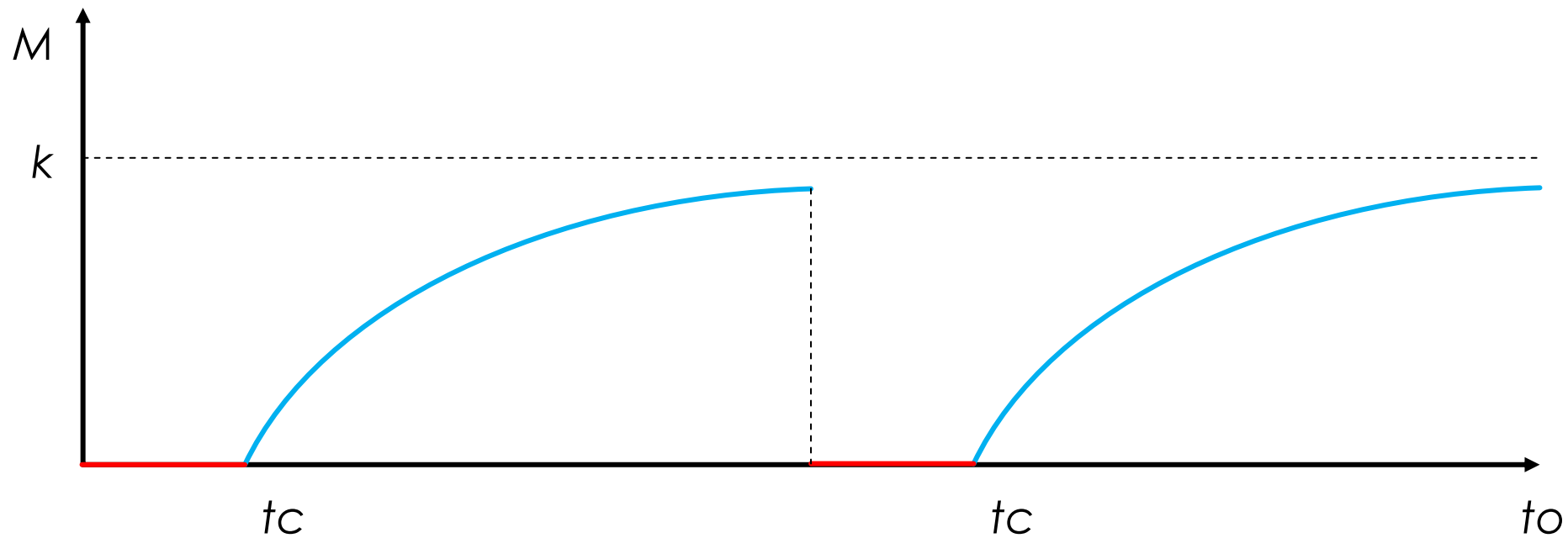


Extracción por solvente



- Tiempo de ciclo (h): $t_c = t_p + t$.
- Extracción de ciclo (kg): $M = k(1 - e^{-t/\tau})$.

Extracción por solvente



- Tiempo de operación (h): $t_o = n t_c$.
- Extracción total (kg): $M_o = n M$.

Extracción por solvente

- Criterio: Técnico
- Función objetivo:
 - Tiempo de operación (h): t_o .
- Restricción:
 - Tiempo de ciclo (h): $t_c = t_p + t$.
 - Tiempo de operación (h): $t_o = n t_c$.
 - Extracción total (kg): $M_o = n M$.
 - Extracción de ciclo (kg): $M = k(1 - e^{-t/\tau})$.

Extracción por solvente

Parámetros

- $t_p = 0.25$ h/ciclo
- $k = 15$ kg/ciclo
- $\tau = 10$ h/ciclo
- $M_o = 150$ kg

Variables de decisión

- t : Duración de la extracción en un ciclo (h/ciclo).
- t_c : Duración del ciclo (h/ciclo).
- M : Masa extraída en un ciclo (kg/ciclo).
- n : Cantidad de ciclos (ciclo).
- t_o : Tiempo total de operación (h).

Extracción por solvente

$$\text{Min}_{to, t, tc, n, M} \quad to$$

s. a:

$$tc = tp + t$$

$$to = n tc$$

$$Mo = n M$$

$$M = k \left(1 - e^{-t/\tau} \right)$$

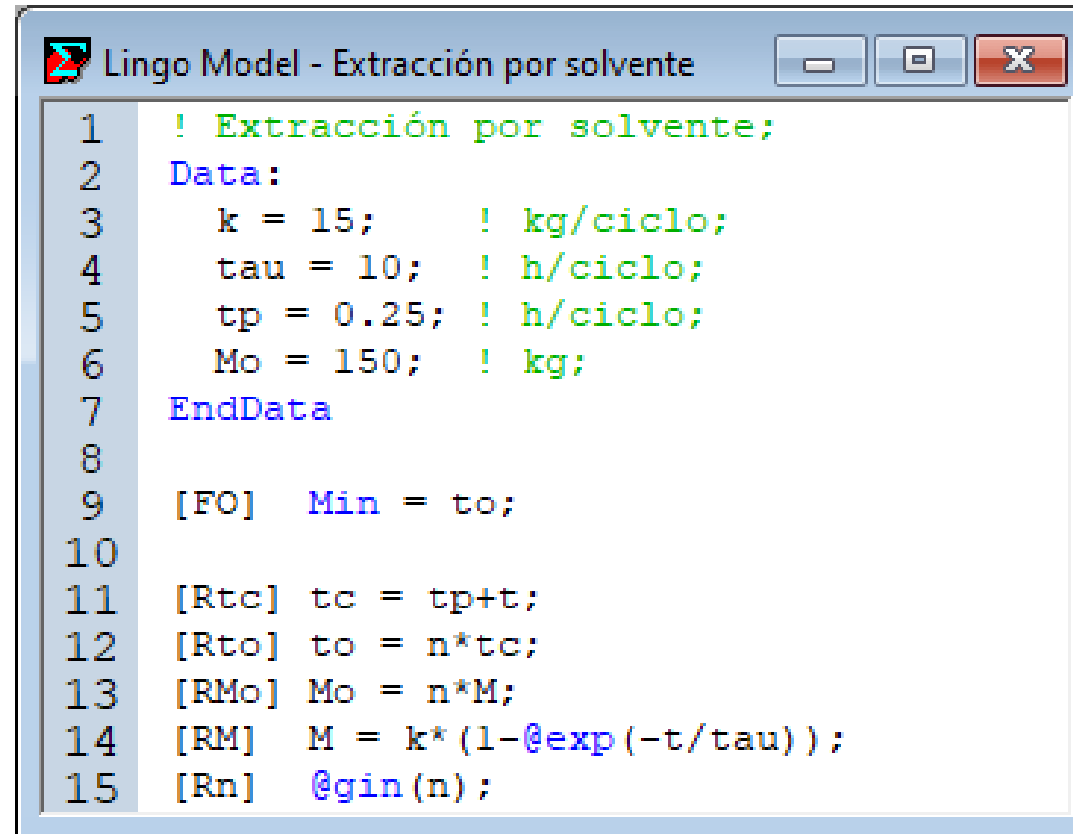
$$n \in \mathbb{N}, M \geq 0$$

$$to \geq 0, t \geq 0, tc \geq 0$$

- $tp = 0.25$ h/ciclo
- $k = 15$ kg/ciclo
- $\tau = 10$ h/ciclo
- $Mo = 150$ kg

Extracción por solvente.lg4

Modelo en LINGO



```
1  ! Extracción por solvente;  
2  Data:  
3      k = 15;      ! kg/ciclo;  
4      tau = 10;    ! h/ciclo;  
5      tp = 0.25;  ! h/ciclo;  
6      Mo = 150;   ! kg;  
7  EndData  
8  
9  [FO]  Min = to;  
10  
11  [Rtc] tc = tp+t;  
12  [Rto] to = n*tc;  
13  [RMo] Mo = n*M;  
14  [RM]  M = k*(1-@exp(-t/tau));  
15  [Rn]  @gin(n);
```

Resultados en LINGO

Variable	Value	Reduced Cost
K	15.00000	0.000000
TAU	10.00000	0.000000
TP	0.2500000	0.000000
MO	150.0000	0.000000
TO	124.0585	0.000000
TC	2.385741	0.000000
T	2.135741	0.000000
N	52.00000	0.4788611E-02
M	2.884615	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
FO	124.0585	-1.000000
RTC	0.000000	-52.00000
RTO	0.000000	-1.000000
RMO	0.000000	0.8253968
RM	-0.4748330E-07	42.92063

Regresión

Línea de tendencia

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



Conductividad Ge - Regresión.xlsx

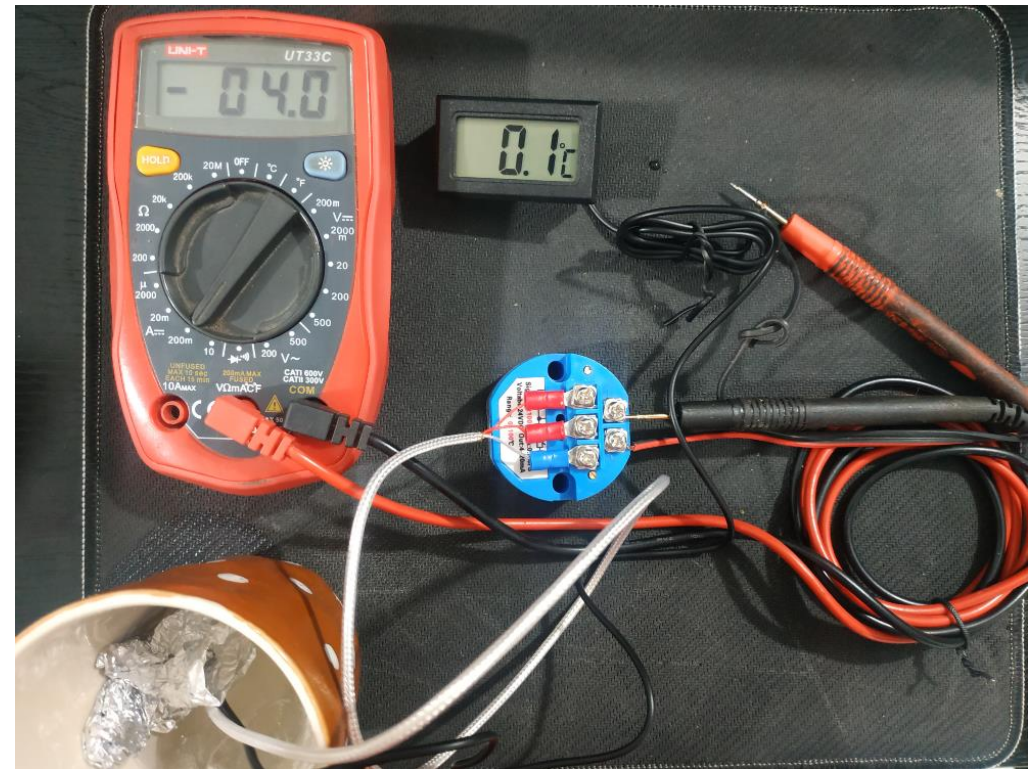
Regresión lineal

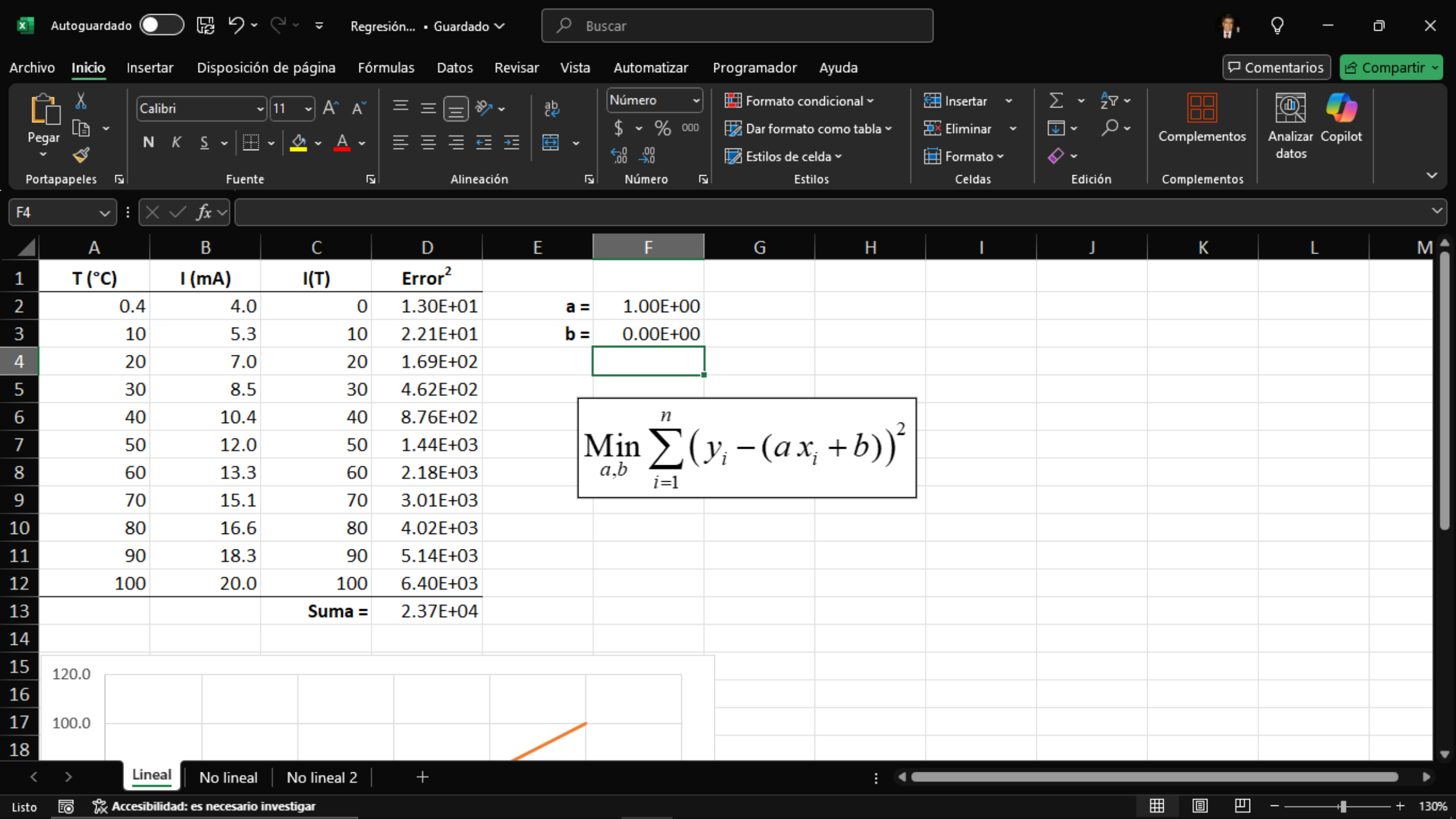
- n : Cantidad de puntos (x_i, y_i) a ajustar.
- $y = ax + b$
- a y b : parámetros a ajustar

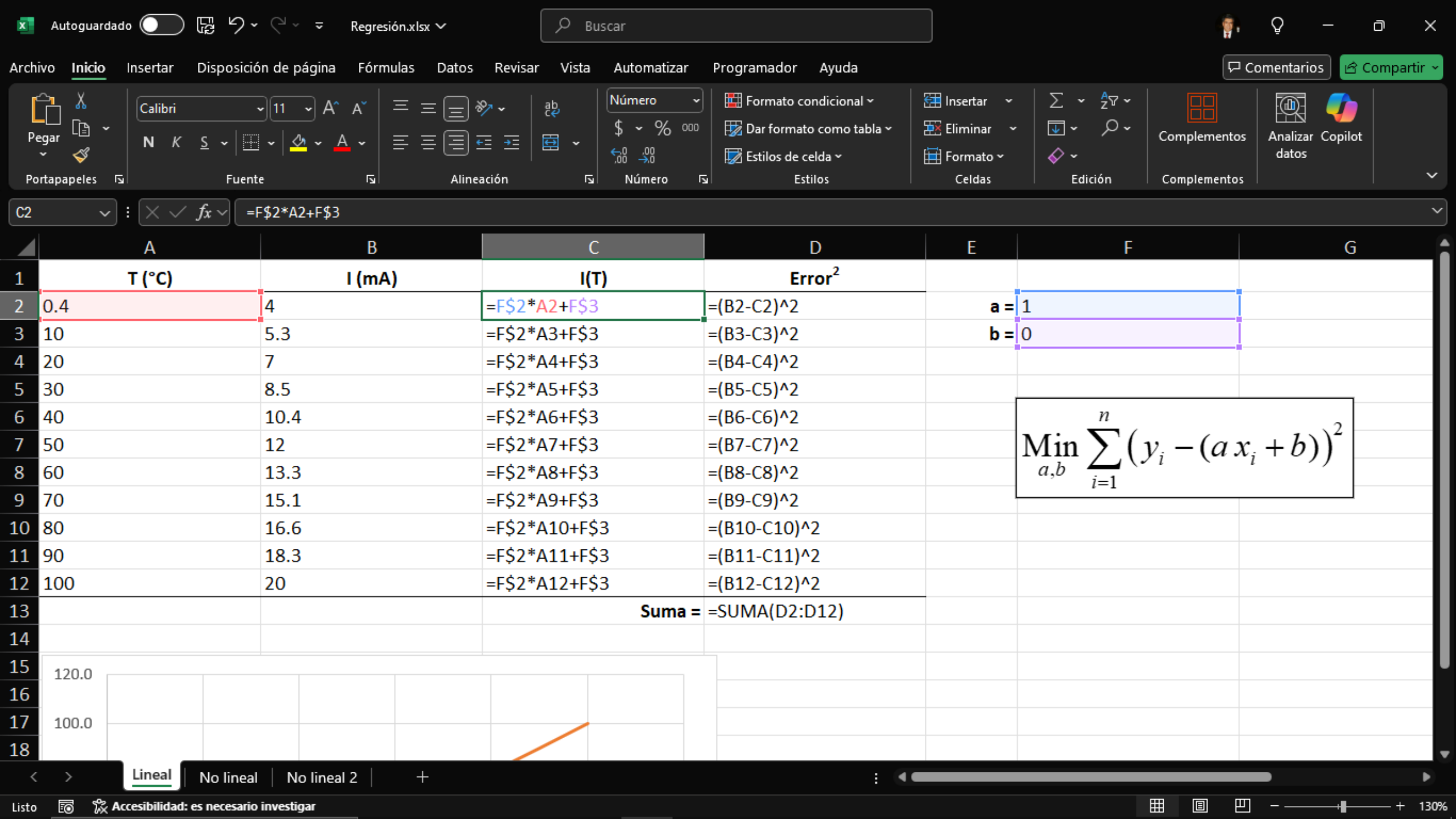
$$\text{Min}_{a,b} \sum_{i=1}^m (y_i - (a x_i + b))^2$$

Calibración de un transmisor para una PT100

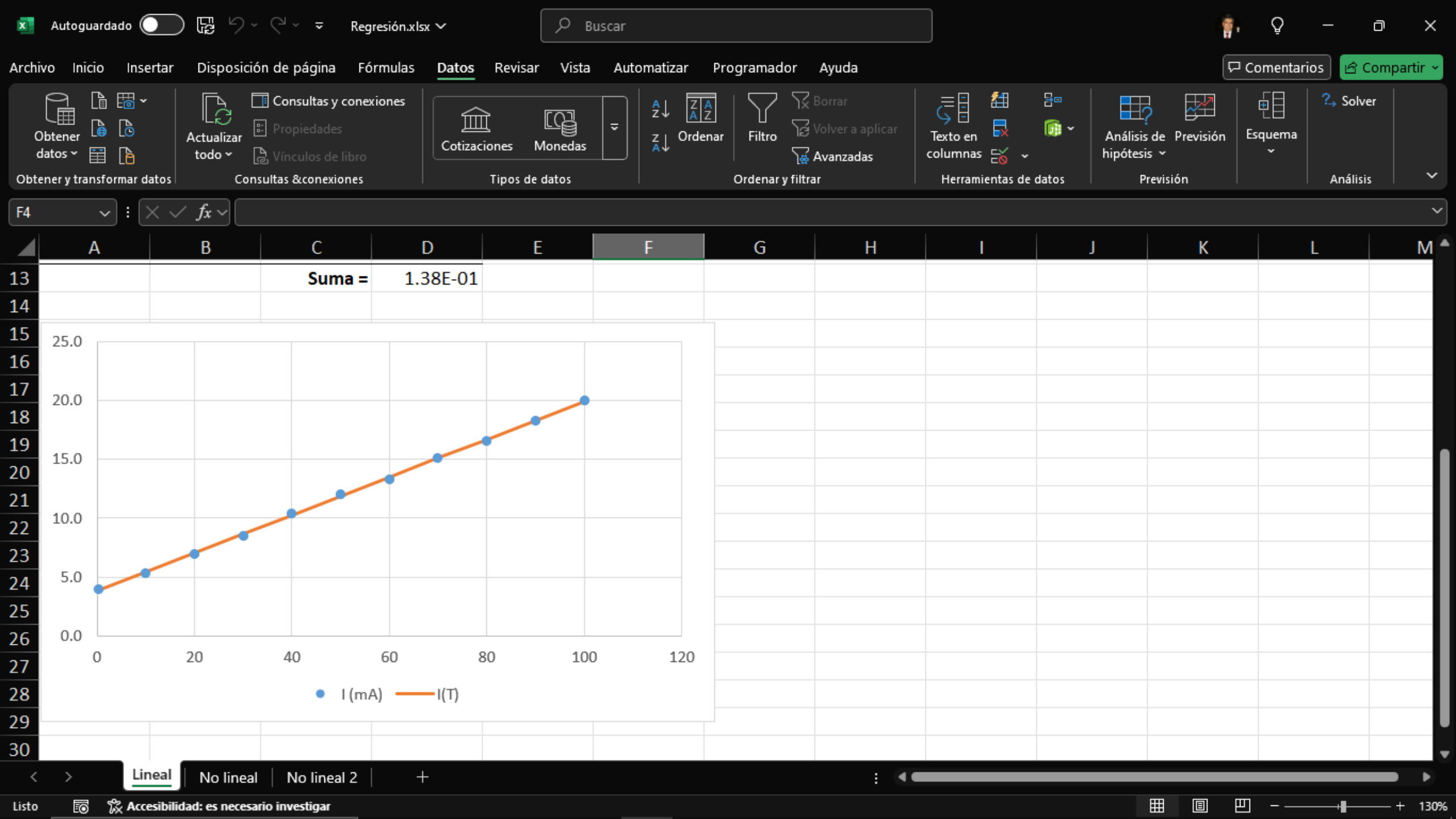
T (°C)	I (mA)
0.4	4.0
10	5.3
20	7.0
30	8.5
40	10.4
50	12.0
60	13.3
70	15.1
80	16.6
90	18.3
100	20.0







$$\text{Min}_{a,b} \sum_{i=1}^n (y_i -$$
Señalar **Accesibilidad: es necesario investigar**



Regresión no lineal

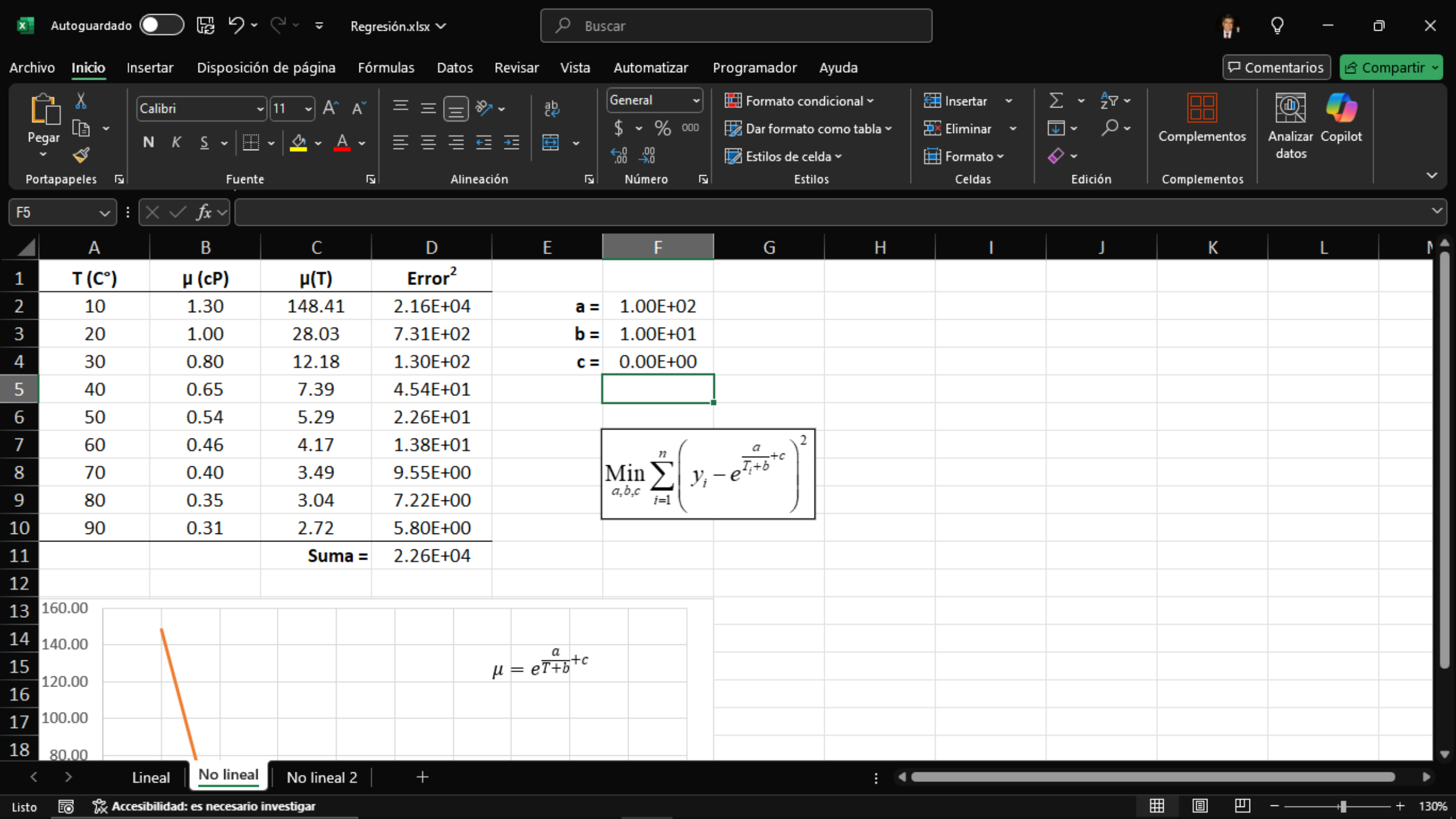
- Correlación de Vogel para ajustar la viscosidad del agua de mar.

- $\mu = e^{\frac{a}{T+b}+c}$

- a , b y c : Parámetros a ajustar.

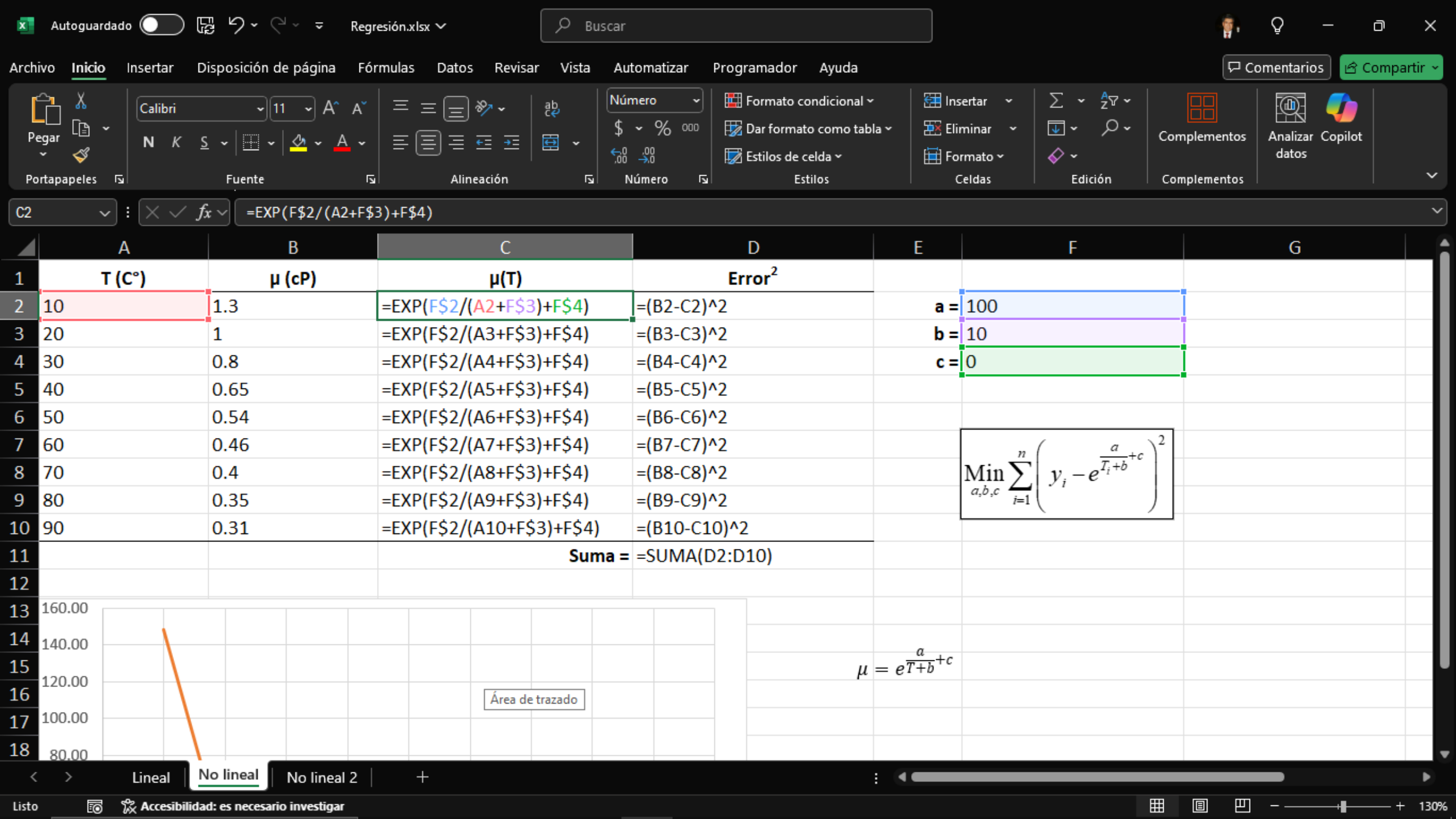
$$\text{Min}_{a,b,c} \sum_{i=1}^m \left(y_i - e^{\frac{a}{T_i+b}+c} \right)^2$$

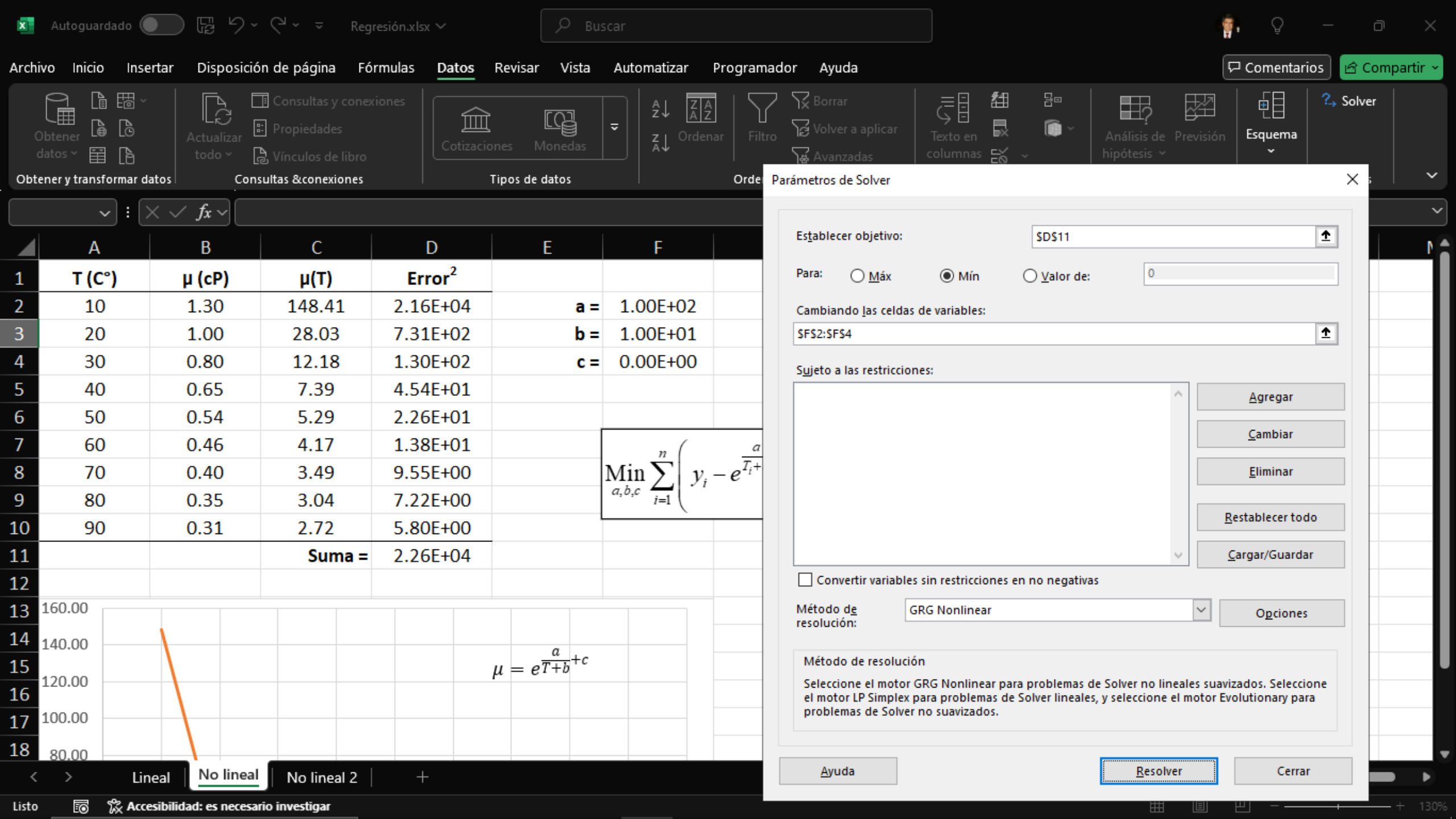
T (C°)	μ (cP)
10	1.30
20	1.00
30	0.80
40	0.65
50	0.54
60	0.46
70	0.40
80	0.35
90	0.31

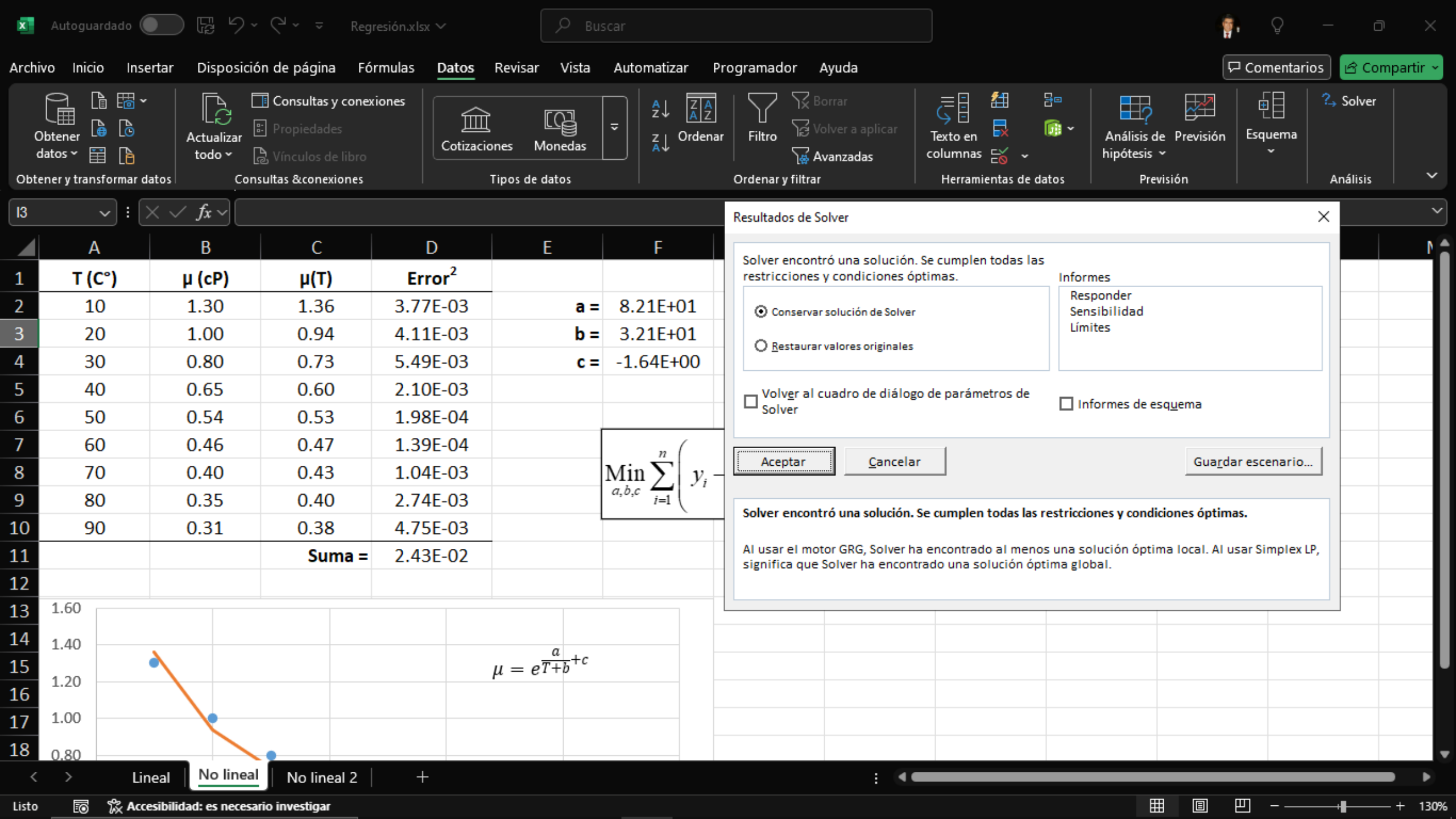


The graph displays the dynamic viscosity μ (cP) as a function of temperature T (°C) for polyethylene glycol 400. The data points (blue dots) show a rapid decrease in viscosity as temperature increases, which is fitted by the equation $\mu = e^{\frac{a}{T+b}+c}$ (orange line). The viscosity starts at approximately 148 cP at 10°C and drops to about 28 cP at 20°C, then continues to decrease more gradually, reaching approximately 1 cP at 90°C.

T (°C)	μ (cP)
10	148
20	28
30	12
40	6
50	4
60	3
70	2
80	1.5
90	1







The graph shows the dynamic viscosity μ (cP) as a function of temperature T (°C). The data points are fitted with the equation $\mu = e^{\frac{a}{T+b}+c}$.

T (°C)	μ (cP)
10	1.30
20	1.00
30	0.80
40	0.65
50	0.55
60	0.48
70	0.42
80	0.38
90	0.32

Reconciliación de lecturas

Reconciliación de lecturas

- Los balances no se cumplen por errores en las mediciones.
- Reconciliación de lecturas o de datos: Estima los valores reales de las variables a partir de sus mediciones y del modelo del proceso.
- Asegura el cumplimiento de los balances.

Reconciliación de lecturas

$$\text{Min}_{x_i, y_j} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{l_i} \left(\frac{s_{i,k} - x_i}{\sigma_{i,k}} \right)^2$$

s. a:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m) = 0$$

$$x_i \geq 0 \quad \forall i$$

$$y_j \geq 0 \quad \forall j$$

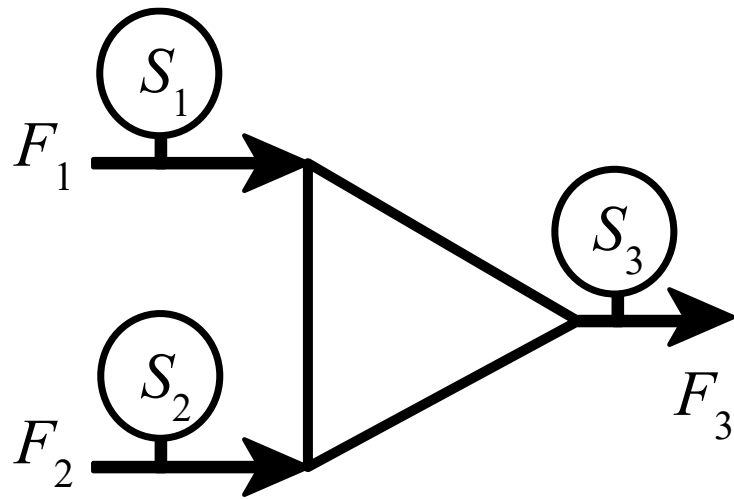
- Estima los valores de n variables medidas x y los valores de m variables no medidas y a partir de n_1 mediciones s con desviación estándar σ .
- $s_{i,k}$ es la medición k de la variable i , y $\sigma_{i,k}$ es la desviación estándar correspondiente.
- En la FO, hay un término por cada medición $s_{i,k}$.

Reconciliación de lecturas

- $F(.) = 0$: Modelo del sistema. Vector con tamaño m_1 .
- Cantidad de mediciones: $n_1 = \sum_{i=1}^n l_i$
- Condición necesaria:
 - Redundancia de sensores: $grs = n_1 - n$
 - Redundancia topológica: $grt = m_1 - m$
 - Se debe cumplir $grs + grt > 0$

Mezclador 1

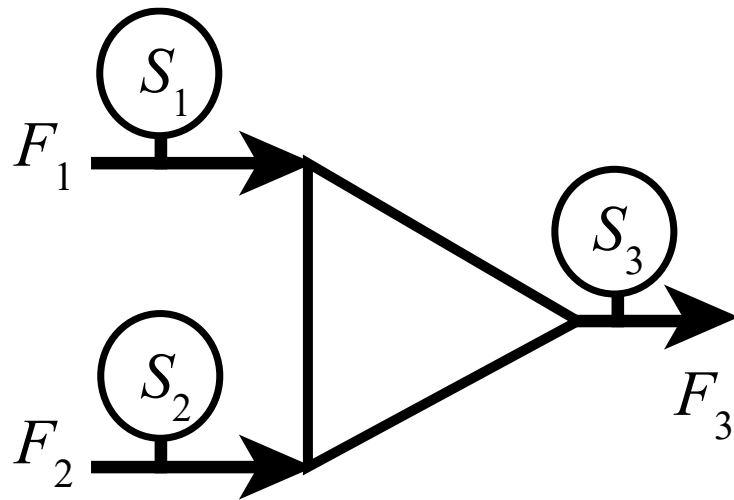
Mezclador 1



S_1 (l/s)	S_2 (l/s)	S_3 (l/s)
10	15	27

No se verifica el balance de materia.

Mezclador 1



Se eliminó la desviación estándar.

$$\text{Min}_{F_1, F_2, F_3} \sum_{i=1}^3 (S_i - F_i)^2$$

s. a:

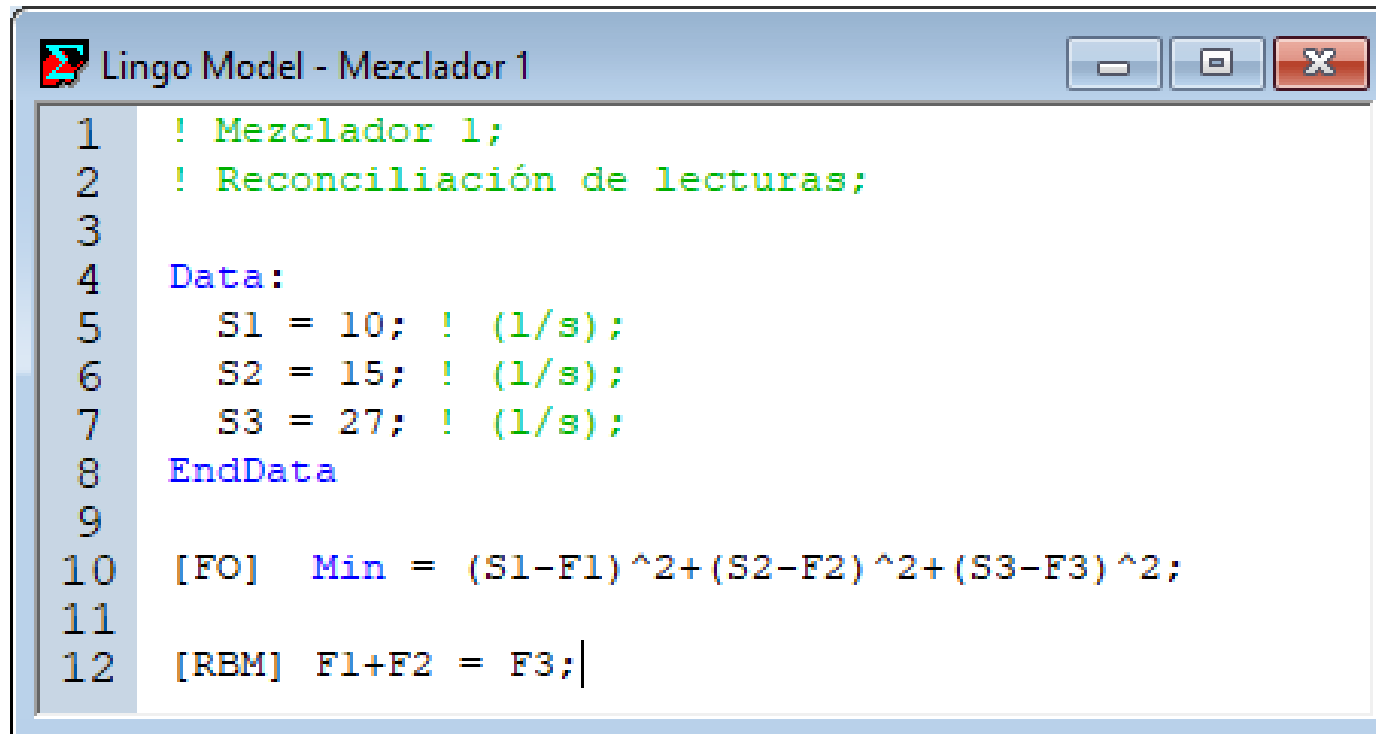
$$F_1 + F_2 = F_3$$

$$F_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3$$

- $grs = 3 - 3 = 0$
- $grt = 1 - 0 = 1$
- $grs + grt = 1 > 0$

Mezclador 1.lg4

Modelo en LINGO

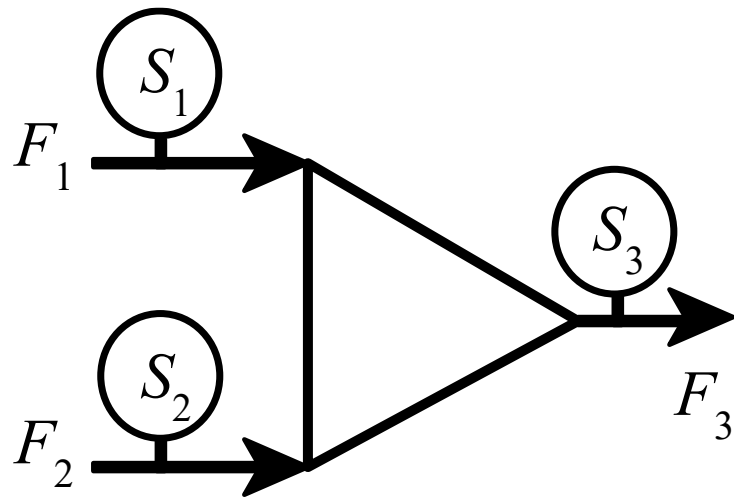


```
1  ! Mezclador 1;
2  ! Reconciliación de lecturas;
3
4  Data:
5      S1 = 10; ! (1/s);
6      S2 = 15; ! (1/s);
7      S3 = 27; ! (1/s);
8  EndData
9
10 [FO]  Min = (S1-F1)^2+(S2-F2)^2+(S3-F3)^2;
11
12 [RBM] F1+F2 = F3;
```

Resultados en LINGO

Variable	Value	Reduced Cost
S1	10.00000	0.000000
S2	15.00000	0.000000
S3	27.00000	0.000000
F1	10.66667	0.7982303E-07
F2	15.66667	0.1457392E-07
F3	26.33333	0.6592139E-08
Row	Slack or Surplus	Dual Price
FO	1.333333	-1.000000
RBM	0.000000	-1.333333

Mezclador 1



S_1 (l/s)	S_2 (l/s)	S_3 (l/s)
10	15	27

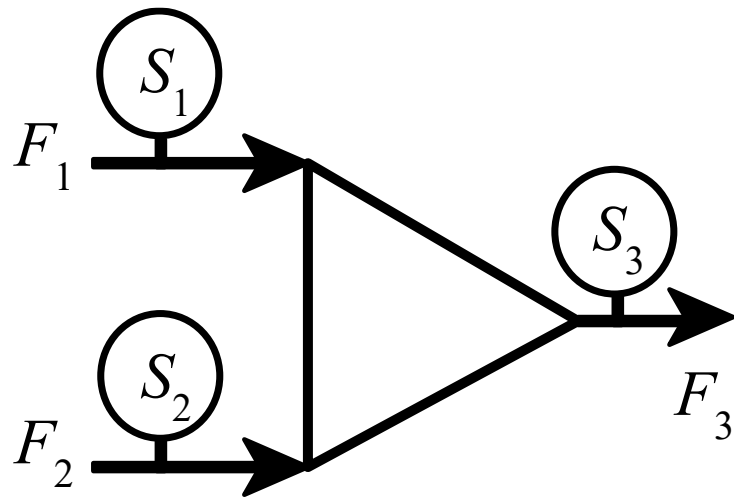


F_1 (l/s)	F_2 (l/s)	F_3 (l/s)
10.67	15.67	26.34



Mezclador 2

Mezclador 2



	Corrientes		
	1	2	3
F (l/s)	10.0	20.0	27.0
C (mol/l)	30	10	15

- Agua y metanol.
- C es la concentración de metanol.

- E_F : 0.1 l/s
- E_C : 0.5 mol/l

Mezclador 2

$$\text{Min}_{F_i, C_i} \frac{1}{0.1^2} \left((10 - F_1)^2 + (20 - F_2)^2 + (27 - F_3)^2 \right) + \frac{1}{0.5^2} \left((30 - C_1)^2 + (10 - C_2)^2 + (15 - C_3)^2 \right)$$

s. a:

$$F_1 + F_2 - F_3 = 0$$

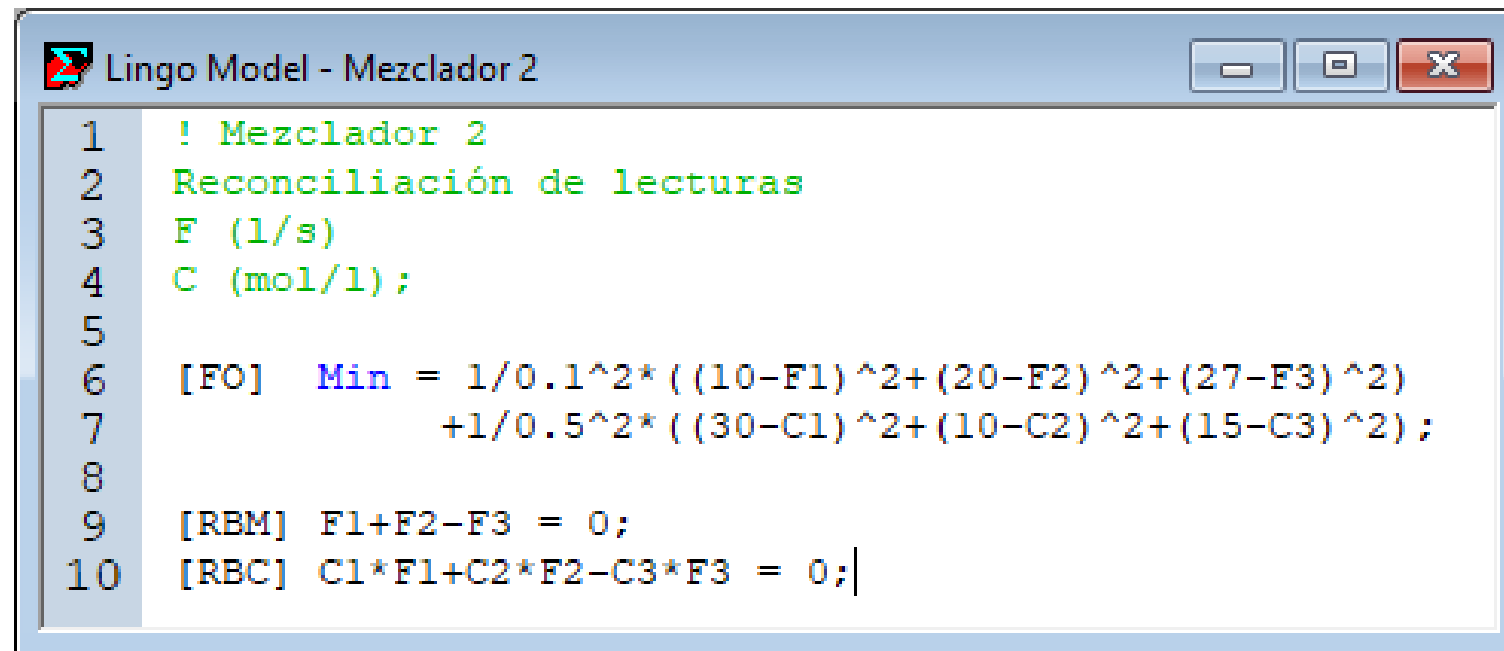
$$C_1 F_1 + C_2 F_2 - C_3 F_3 = 0$$

$$F_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3$$

$$C_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3$$

- $grs = 6 - 6 = 0$
- $grt = 2 - 0 = 2$
- $grs + grt = 2 > 0$ Mezclador 2.lg4

Modelo en LINGO



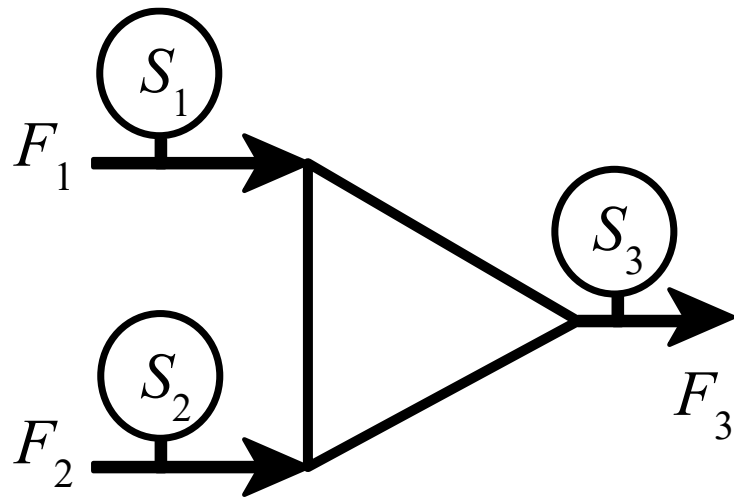
```
1  ! Mezclador 2
2  Reconciliación de lecturas
3  F (1/s)
4  C (mol/l);
5
6  [FO]  Min = 1/0.1^2*((10-F1)^2+(20-F2)^2+(27-F3)^2
7         +1/0.5^2*((30-C1)^2+(10-C2)^2+(15-C3)^2);
8
9  [RBM] F1+F2-F3 = 0;
10 [RBC] C1*F1+C2*F2-C3*F3 = 0;
```

Resultados en LINGO

Variable	Value	Reduced Cost
F1	8.985258	-0.2514405E-06
F2	19.01160	0.000000
F3	27.99686	0.6813677E-06
C1	29.70889	0.000000
C2	9.384048	-0.2909656E-07
C3	15.90706	0.5286781E-07

Row	Slack or Surplus	Dual Price
FO	305.1838	-1.000000
RBM	0.000000	195.2482
RBC	0.000000	0.2591901

Mezclador 2



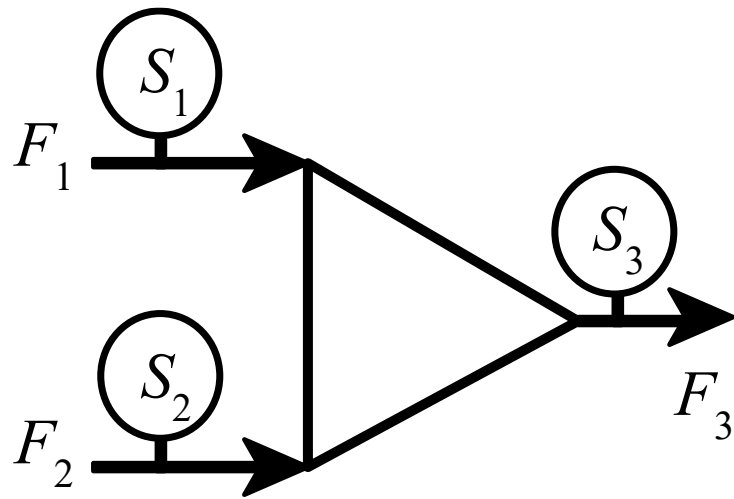
	Corrientes		
	1	2	3
F (l/s)	10.0	20.0	27.0
C (mol/l)	30	10	15



	Corrientes		
	1	2	3
F (l/s)	8.99	19.01	28.00
C (mol/l)	29.71	9.38	15.91



Mezclador 2b



	Corrientes		
	1	2	3
F (l/s)	10.0	20.0	27.0
C (mol/l)	30	10	15

E_F : 0.1 l/s
 E_C : 0.5 mol/l

Mezclador 2b

$$\text{Min}_{F_i, C_i} \frac{1}{0.1^2} \left((10 - F_1)^2 + (20 - F_2)^2 + (27 - F_3)^2 \right) + \frac{1}{0.5^2} \left((30 - C_1)^2 + (10 - C_2)^2 + (15 - C_3)^2 \right)$$

s. a:

$$F_1 + F_2 - F_3 = 0$$

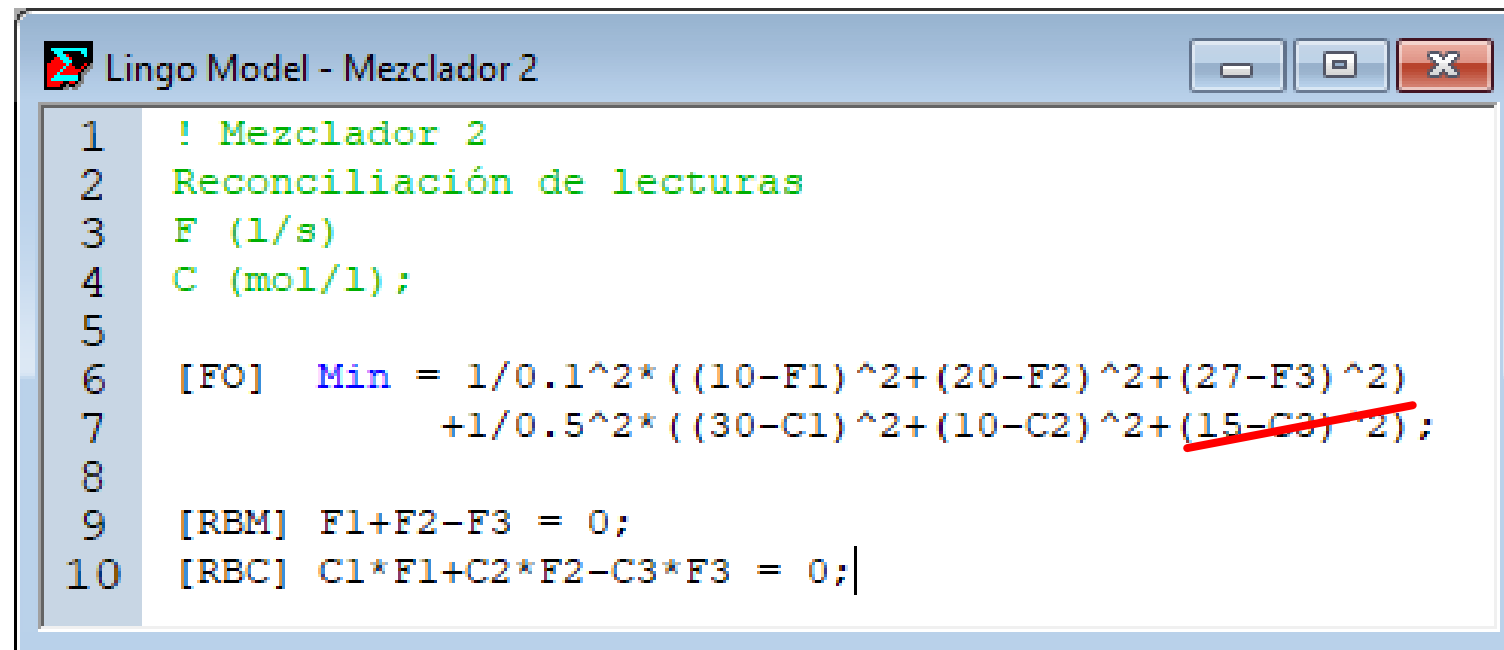
$$C_1 F_1 + C_2 F_2 - C_3 F_3 = 0$$

$$F_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3$$

$$C_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3$$

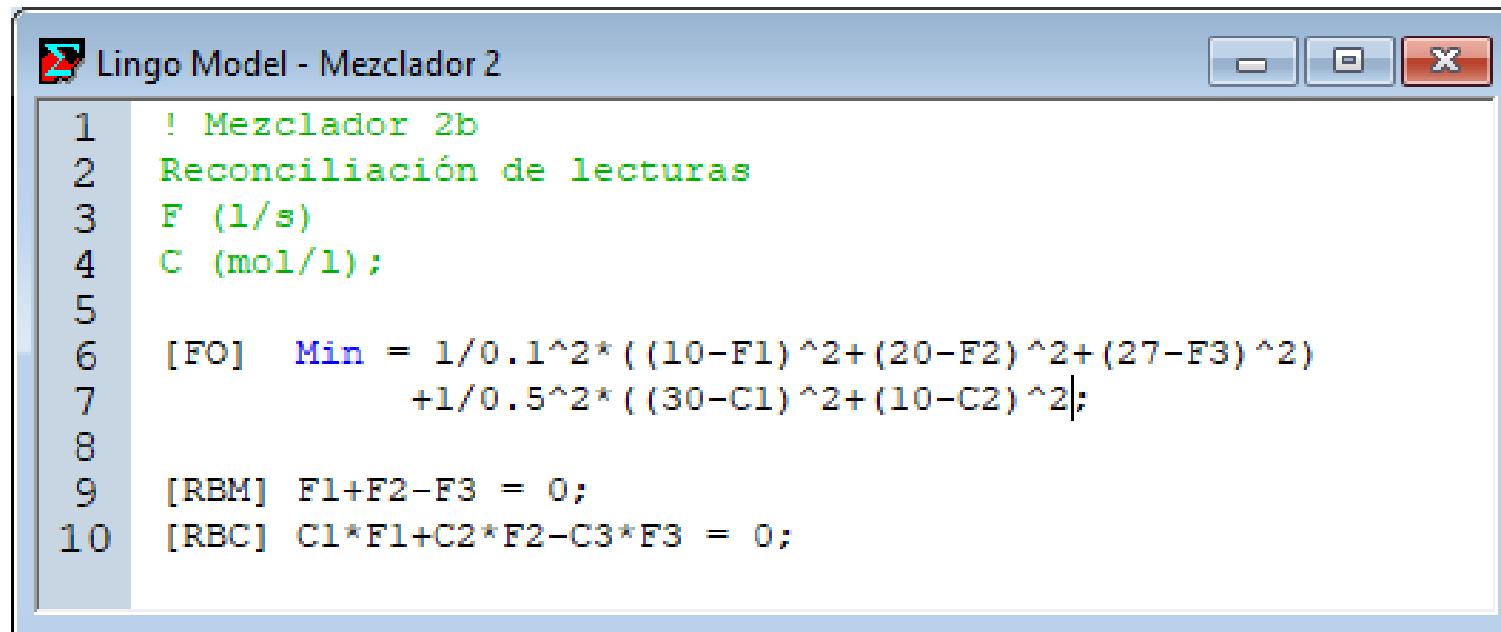
- $grs = 5 - 5 = 0$
- $grt = 2 - 1 = 1$
- $grs + grt = 1 > 0$ Mezclador 2b.lg4

Modelo en LINGO



```
1  ! Mezclador 2
2  Reconciliación de lecturas
3  F (1/s)
4  C (mol/l);
5
6  [FO]  Min = 1/0.1^2*((10-F1)^2+(20-F2)^2+(27-F3)^2)
7         +1/0.5^2*((30-C1)^2+(10-C2)^2+(15-C3)^2);
8
9  [RBM] F1+F2-F3 = 0;
10 [RBC] C1*F1+C2*F2-C3*F3 = 0;
```

Modelo en LINGO



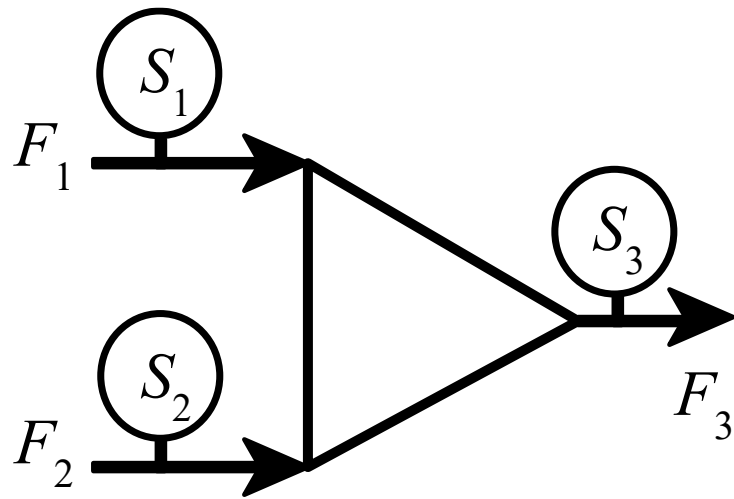
```
1  ! Mezclador 2b
2  Reconciliación de lecturas
3  F (1/s)
4  C (mol/l);
5
6  [FO]  Min = 1/0.1^2*((10-F1)^2+(20-F2)^2+(27-F3)^2)
7         +1/0.5^2*((30-C1)^2+(10-C2)^2);
8
9  [RBM] F1+F2-F3 = 0;
10 [RBC] C1*F1+C2*F2-C3*F3 = 0;
```

Resultados en LINGO

Variable	Value	Reduced Cost
F1	8.985258	-0.2514405E-06
F2	19.01160	0.000000
F3	27.99686	0.6813677E-06
C1	29.70889	0.000000
C2	9.384048	-0.2909656E-07
C3	15.90706	0.5286781E-07

Row	Slack or Surplus	Dual Price
FO	305.1838	-1.000000
RBM	0.000000	195.2482
RBC	0.000000	0.2591901

Mezclador 2b



	Corrientes		
	1	2	3
F (l/s)	10.0	20.0	27.0
C (mol/l)	30	10	-

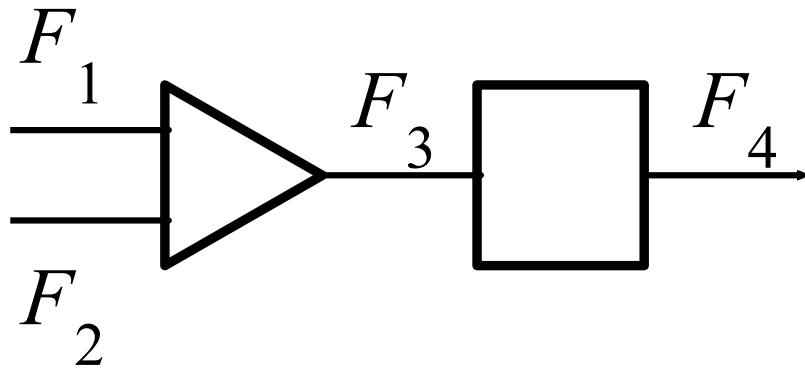


	Corrientes		
	1	2	3
F (l/s)	8.99	19.01	28.00
C (mol/l)	29.71	9.38	15.91



Calculabilidad

Sistema calculable



$$F_1 + F_2 - F_3 = 0$$

$$F_3 - F_4 = 0$$



Sistema no calculable.lg4

Sistema calculable.lg4

	Corrientes			
	1	2	3	4
F (l/s)	-	-	29.5	30.3
			28.2	



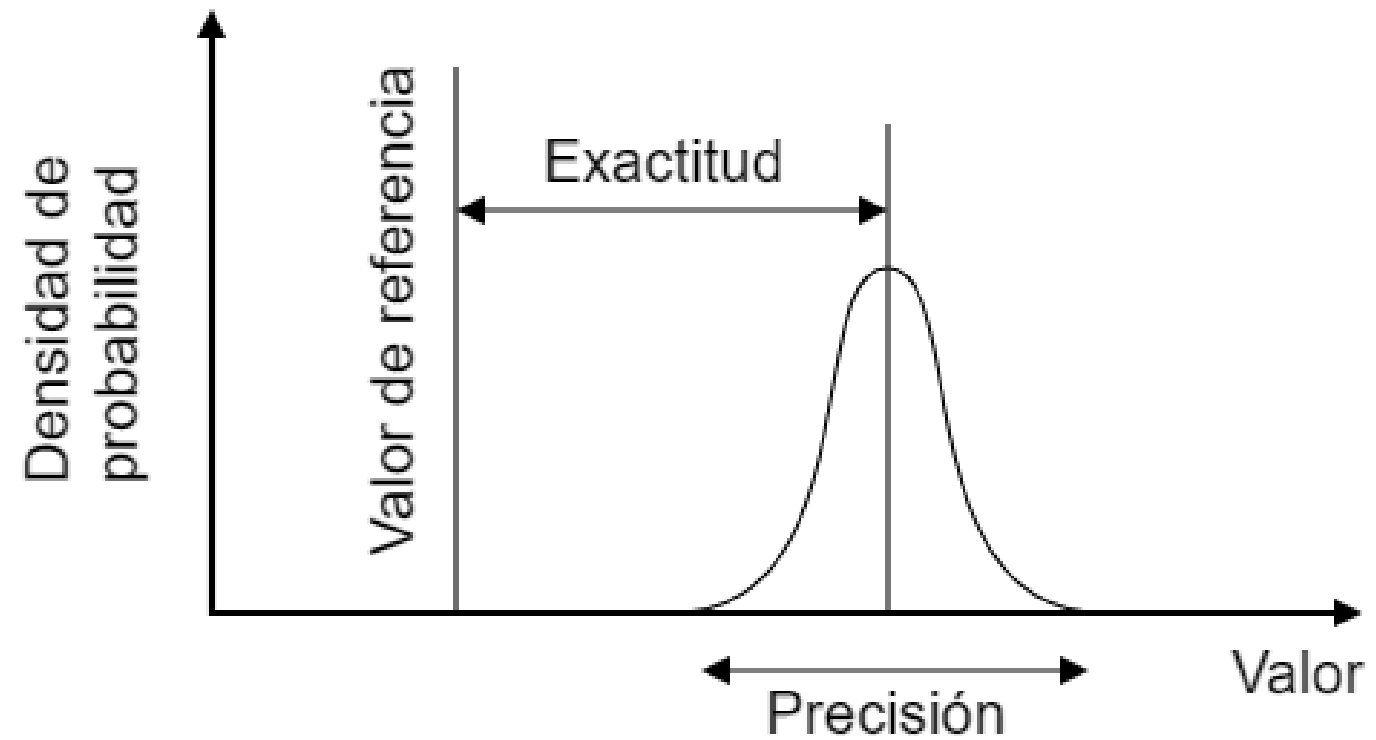
	Corrientes			
	1	2	3	4
F (l/s)	8.9	-	-	28.0
	7.6			



- $grs = 3 - 2 = 1$
- $grt = 2 - 2 = 0$
- $grs + grt = 1 > 0$

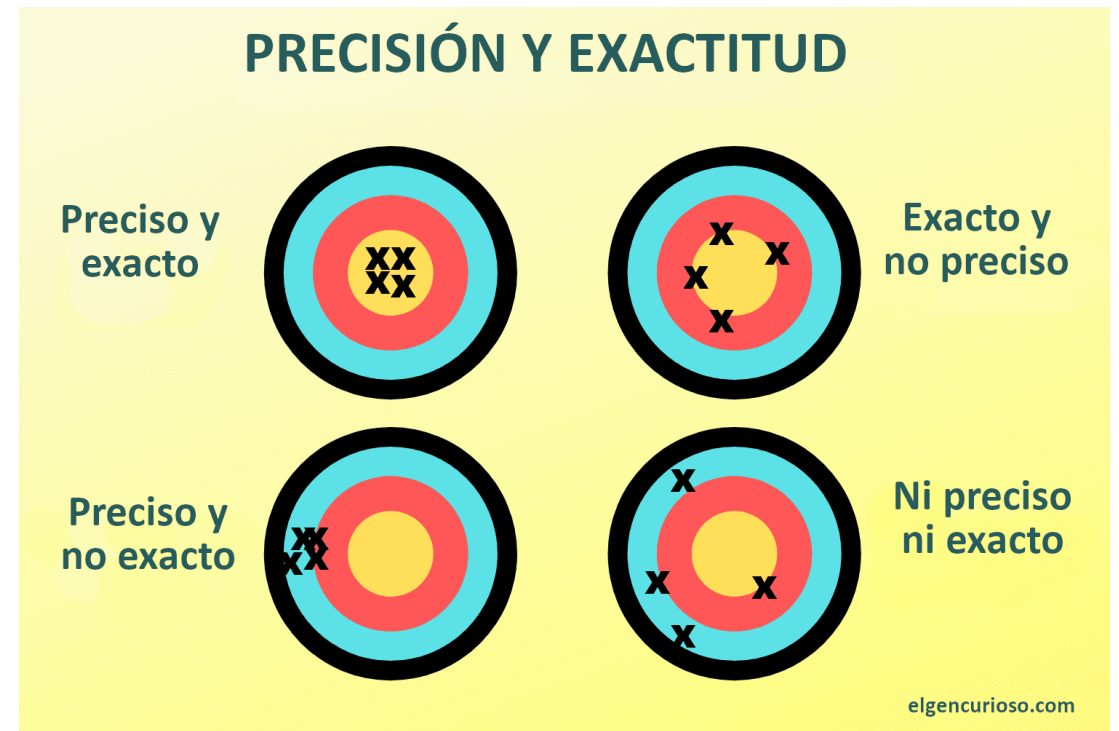
Instrumentación

Instrumentación



Instrumentación

- Es importante dónde se colocan los instrumentos.
- Los instrumentos más precisos, tienen mayor peso en la función objetivo.
- La calibración mejora la exactitud.



Modelo no lineal

Programación matemática

$$\text{Max}_{x_j} FO(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

s. a:

$$h_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$g_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, o$$

$$GL = n - m$$

Clasificación de modelos

- Programación Lineal (LP, *Linear Programming*)
- Programación No Lineal (NLP, *Nonlinear Programming*)
- Programación Lineal Entera (ILP, *Integer Linear Programming*)
- Programación No Lineal Entera (INLP, *Integer Nonlinear Programming*)
- Programación Lineal Entera Mixta (MILP, *Mixed Integer Linear Programming*)
- Programación No Lineal Entera Mixta (MINLP, *Mixed Integer Nonlinear Programming*)

$$FO(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Modelo no lineal

$$\text{Max}_{x} x^3 - 9x^2 + 26x - 24$$

s.a :

$$x \geq 1.5$$

$$x \leq 4.5$$

Modelo no lineal.xlsx

Modelo no lineal.lg4

D4 $\times \checkmark f_x$ 1

[illegible]

- Administrador de nombres
- Asignar nombre
- Utilizar en la fórmula
- Crear desde la selección

Nombres definidos

 Rastrear precedentes  Rastrear dependientes  Quitar flechas



Ventana
Inspección

Opciones para el cálculo ▾

Cálculo

D4

✕ ✓ f_x

1

	A	B	C	D	E	F
1	Modelo no lineal					
2						
3	FO		Variables			
4	=D4^3-9*D4^2+26*D4-24		x =	1		
5						
6	MI	Tipo	MD			
7	=D4	>=	1.5			
8	=D4	<=	4.5			
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Autoguardado

Modelo no line...

Última modificación: 16/6/2021

Buscar

Enrique Eduardo Tarifa

ArchivoInicioInsertarDisposición de páginaFórmulasDatosRevisarVistaProgramadorAyuda

Obtener y transformar datos

Consultas & conexiones

Tipos de datos

Ordenar y filtrar

Comentarios

Compartir

Obtener datos

Actualizar todo

Consultas y conexiones

Propiedades

Vínculos de libro

Cotizaciones

Monedas

Ordenar

Filtro

Borrar

Volver a aplicar

Texto en

Análisis de

Previsión

Esquema

Solver

A4

fx

1

	A	B	C	D	E	F	G
1	Modelo no lineal						
2							
3	FO		Variables				
4	-6		x =	1			
5							
6	MI	Tipo	MD				
7	1	>=	1.5				
8	1	<=	4.5				
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

Modelo estándar

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

SD\$4

Para:

☒ Máx

☐ Mín

☐ Valor de:

0

Cambiando las celdas de variables:

SD\$4

Sujeto a las restricciones:

SA\$7 >= SC\$7
SA\$8 <= SC\$8

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

GRG Nonlinear

Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda

Resolver

Cerrar

Señalar

Accesibilidad: todo correcto

130%

Autoguardado

Modelo no line...

Última modificación: 16/6/2021

Buscar

Enrique Eduardo Tarifa

Comentarios

Compartir

Archivo

Inicio

Insertar

Disposición de página

Fórmulas

Datos

Revisar

Vista

Programador

Ayuda

Obtener datos

Obtener y transformar datos

Actualizar todo

Consultas y conexiones

Propiedades

Vínculos de libro

Cotizaciones

Monedas

Tipos de datos

Ordenar

Ordenar y filtrar

Filtro

Borrar

Volver a aplicar

Avanzadas

Texto en columnas

Herramientas de datos

Análisis de hipótesis

Previsión

Esquema

Análisis

Solver

2.42264973583779

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Modelo no lineal												
2													
3	FO		Variables										
4	0.3849002		x =	2.4226497									
5													
6	MI	Tipo	MD										
7	2.4226497	>=	1.5										
8	2.4226497	<=	4.5										
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													

Modelo estándar

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver

Restaurar valores originales

Volver al cuadro de diálogo de parámetros de Solver

Informes de esquema

Responder

Sensibilidad

Límites

Aceptar

Cancelar

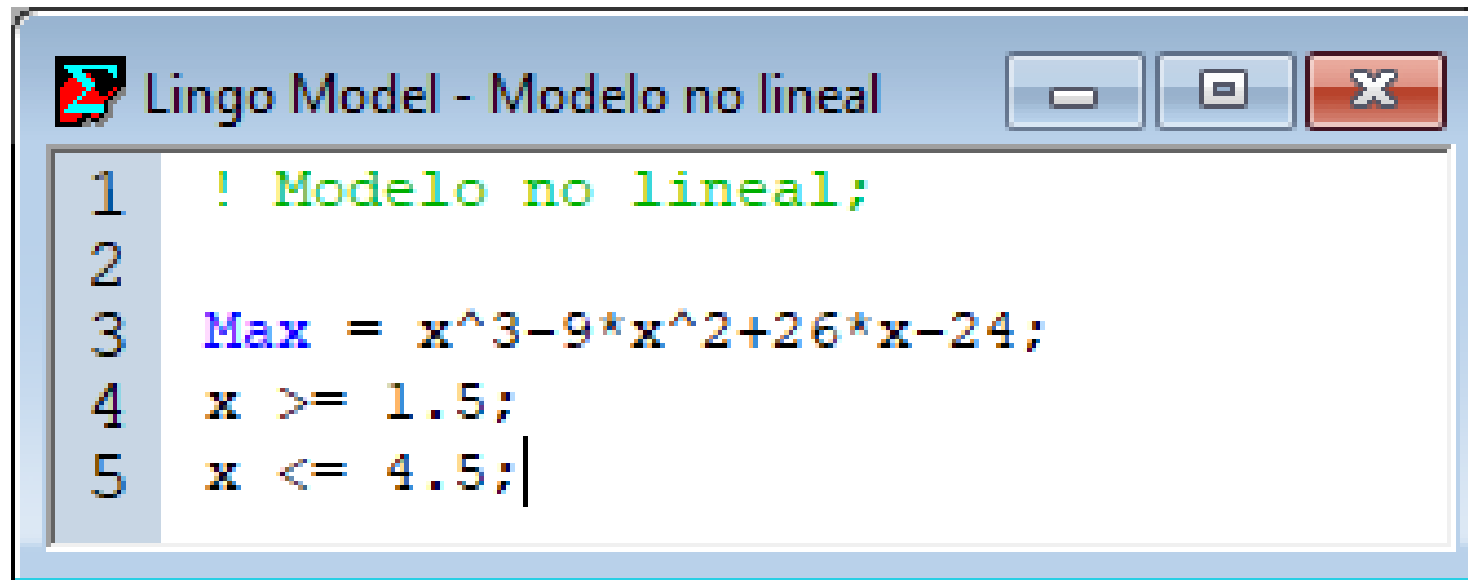
Guardar escenario...

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Al usar el motor GRG, Solver ha encontrado al menos una solución óptima local. Al usar Simplex LP, significa que Solver ha encontrado una solución óptima global.

130%

Modelo en LINGO



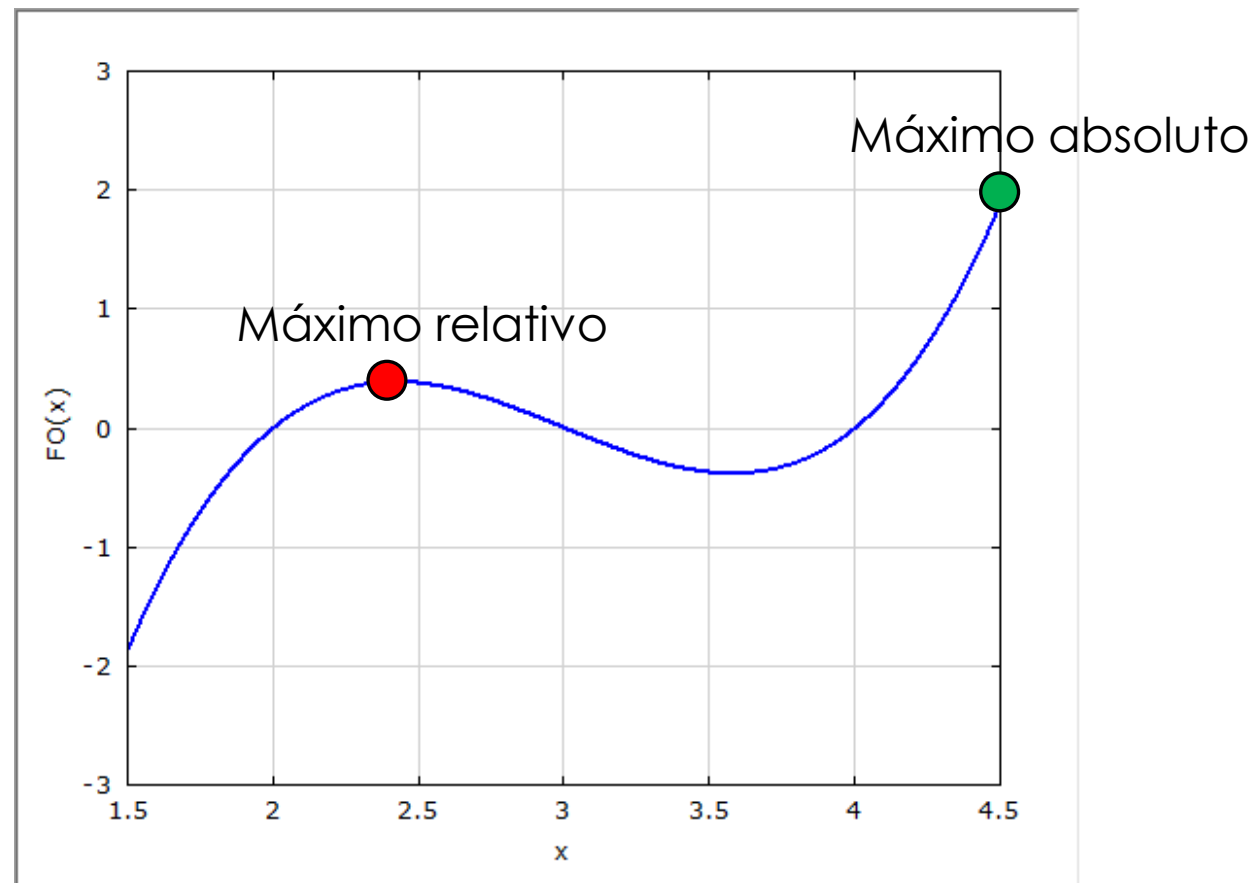
```
1      ! Modelo no lineal;  
2  
3      Max = x^3-9*x^2+26*x-24;  
4      x >= 1.5;  
5      x <= 4.5;
```

Resultados en LINGO

Variable	Value	Reduced Cost
X	4.500000	-5.750000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1.875000	1.000000
2	3.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000

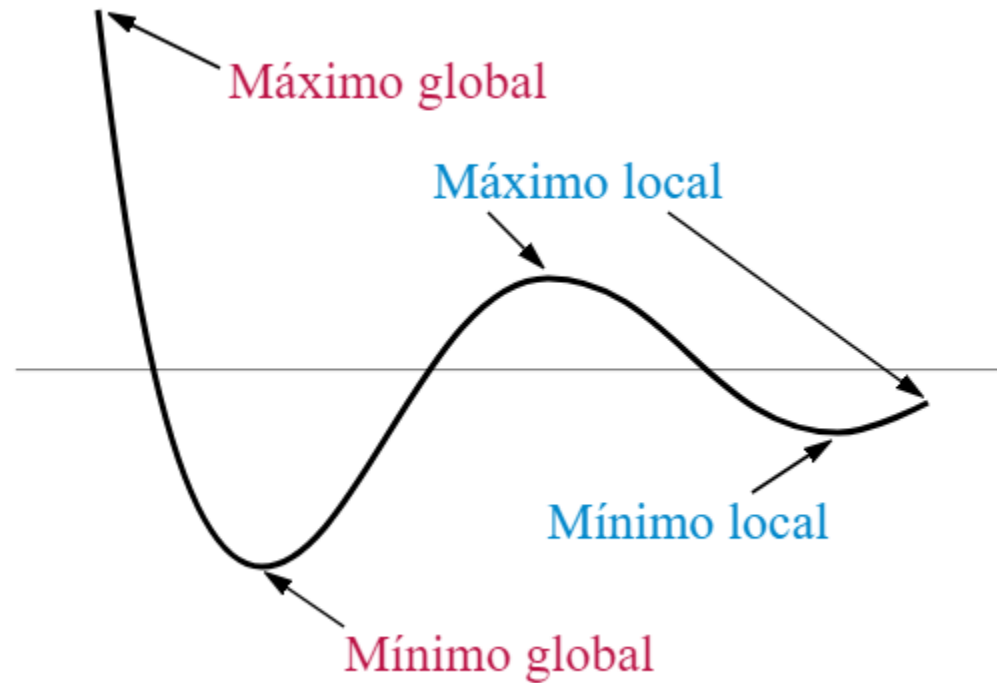
Modelo no lineal



Definiciones

- Punto crítico: La derivada es nula o no existe. Frontera.
- Sea $f: A \subset \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$, sea $x_0 \in A$ y sea $P = (x_0, f(x_0))$ un punto crítico:
 - P es un máximo local o relativo si $\exists \delta > 0: f(x) \leq f(x_0) \forall x \in A \wedge |x - x_0| \leq \delta$.
 - P es un mínimo local o relativo si $\exists \delta > 0: f(x) \geq f(x_0) \forall x \in A \wedge |x - x_0| \leq \delta$.
 - P es un máximo global o absoluto si $f(x) \leq f(x_0) \forall x \in A$.
 - P es un mínimo global o absoluto si $f(x) \geq f(x_0) \forall x \in A$.
- En optimización se desea encontrar el óptimo global o absoluto.

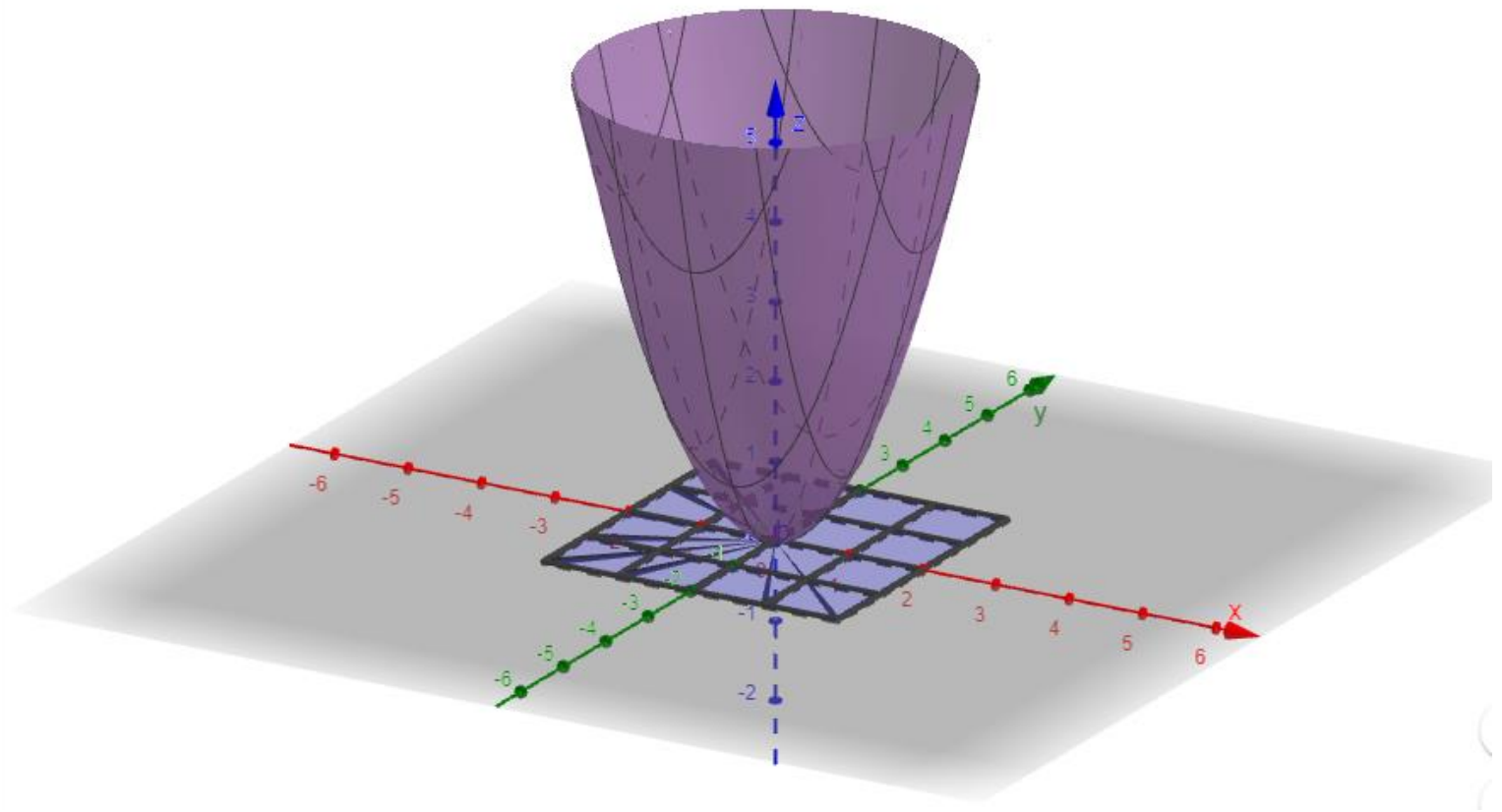
Definiciones



Condiciones suficientes

●	$a(x,y) = x^2 + y^2$	⋮
●	$b: -2 \leq x \leq 2 \wedge -2 \leq y \leq 2$	⋮
+	Entrada...	

5





Lingo Options

Nonlinear Solver	Integer Pre-Solver	Integer Solver
Interface	General Solver	Linear Solver
Global Solver	Model Generator	SP Solver

Global Solver Options:

☐ Use Global Solver

Variable Upper Bound:

Value: Application:

Tolerances:

Optimality: Delta:

Strategies:

Branching: Box Selection: Reformulation:

Multistart Solver:

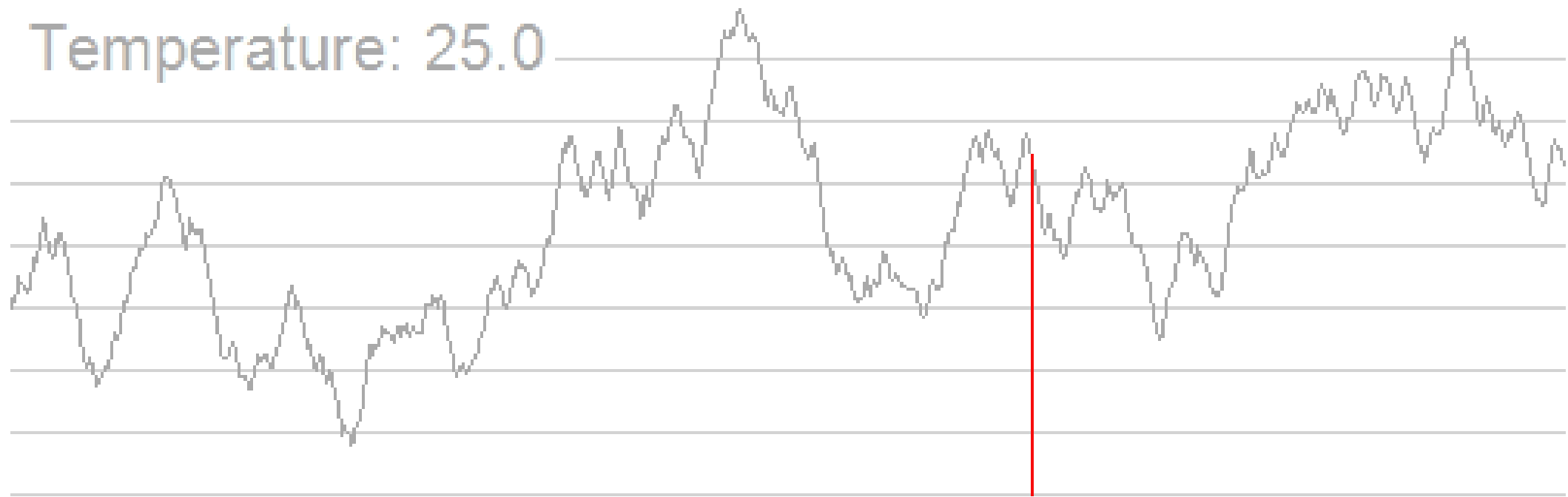
Attempts:

Multistart Hurdle:

Help Cancel Default Save Aplicar OK

Simulated annealing

Simulated annealing, maximización

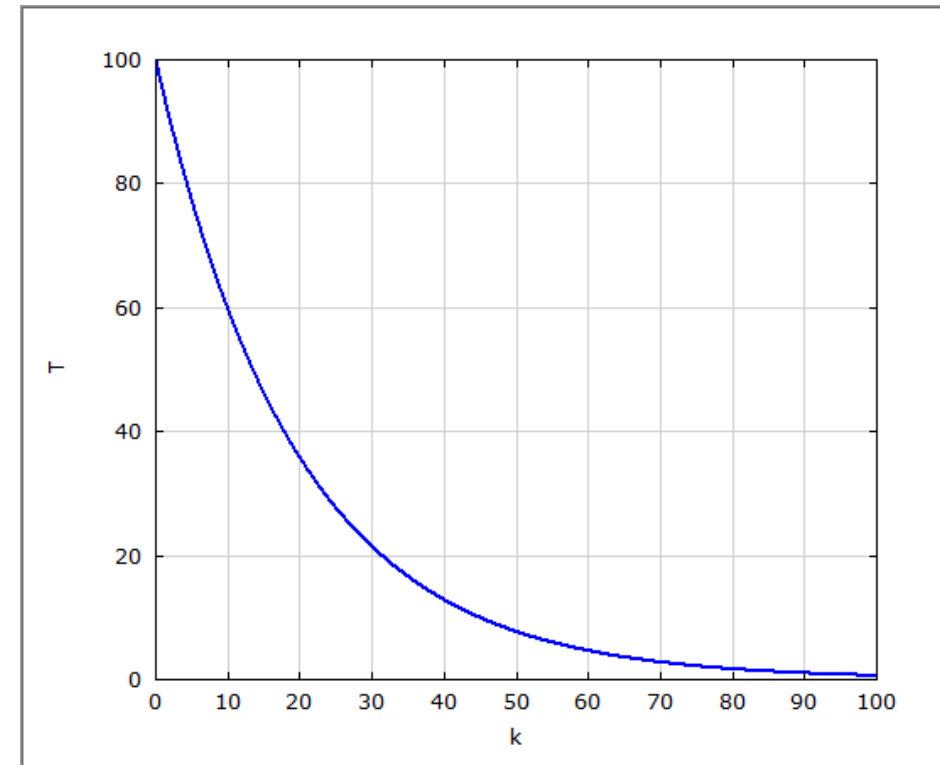


Simulated annealing (minimización)

- $x \leftarrow x_0$
- Para $k = 0$ hasta $k_{\max}$
 - $T \leftarrow \text{temperatura}(k/k_{\max})$
 - $x_{\text{new}} \leftarrow \text{vecino}(x, T)$
 - Si $P(E(x), E(x_{\text{new}}), T) \geq \text{Aleatorio}()$ entonces $x \leftarrow x_{\text{new}}$
- Siguiendo k
- Reportar x

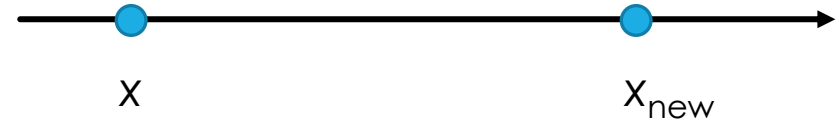
Simulated annealing

- T_0 : temperatura inicial, e. g. 100.
- Funciones de enfriamiento:
 - Exponencial: $T \leftarrow T_0 0.95^k$
 - Rápida: $T \leftarrow T_0/k$
 - Boltzmann: $T \leftarrow T_0/\ln(k)$



Simulated annealing

- Funciones de selección de vecinos:
 - Rápida: La longitud del salto es igual a la temperatura. La dirección es aleatoria.
 - Boltzmann: La longitud del salto es igual a la raíz cuadrada de la temperatura. La dirección es aleatoria.



Simulated annealing (minimización)

- Distribución de probabilidad de Boltzmann:

- $P(E,T) \sim \exp(-E/(k T))$

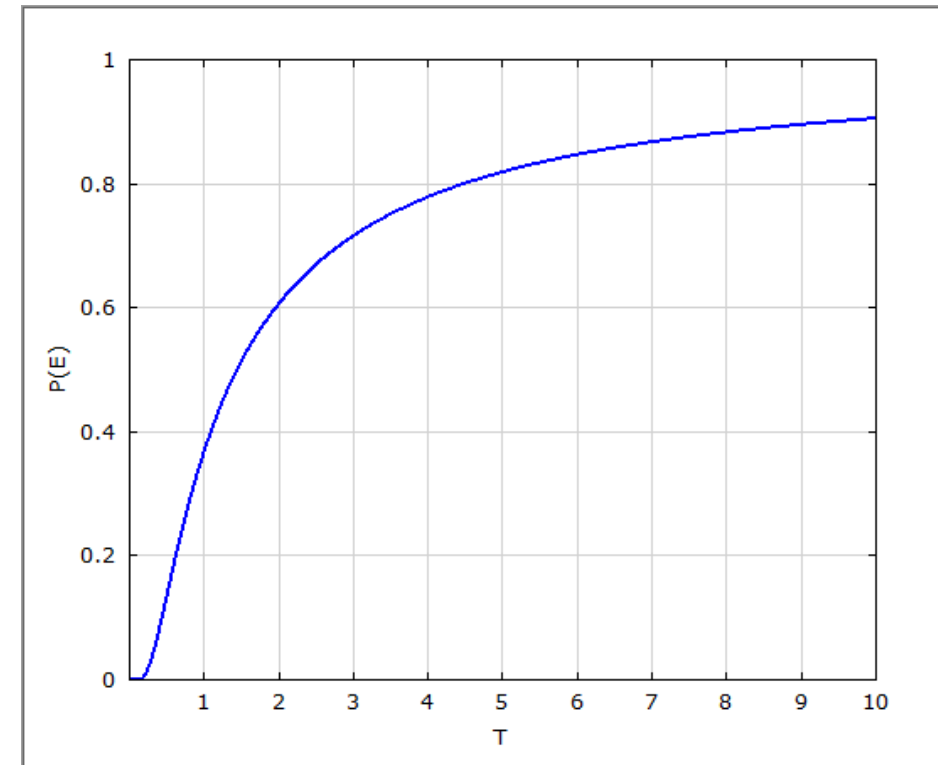
- $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

- Metropolis et al. (1953):

- $p = \exp[-(E_2 - E_1)/(k T)]$

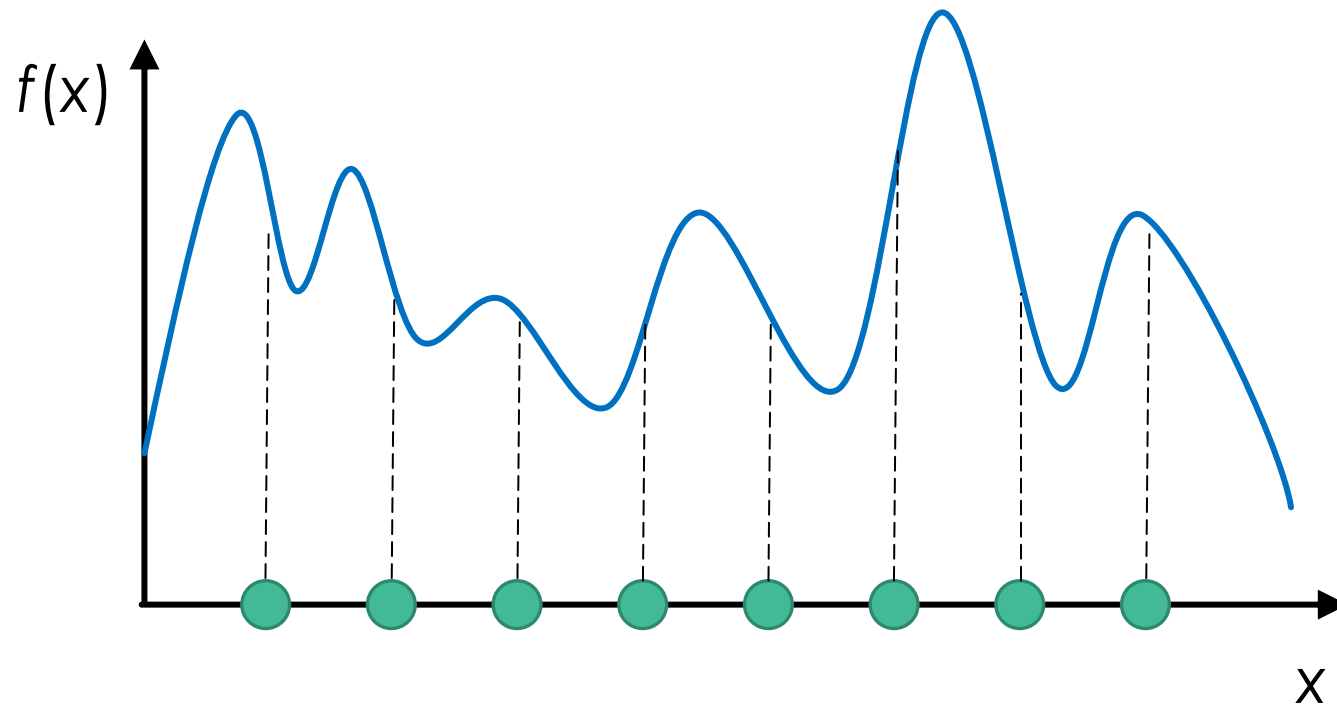
- Si $E_2 < E_1$, $p \leftarrow 1$

- Si $E_2 > E_1$, $p \in [0,1]$

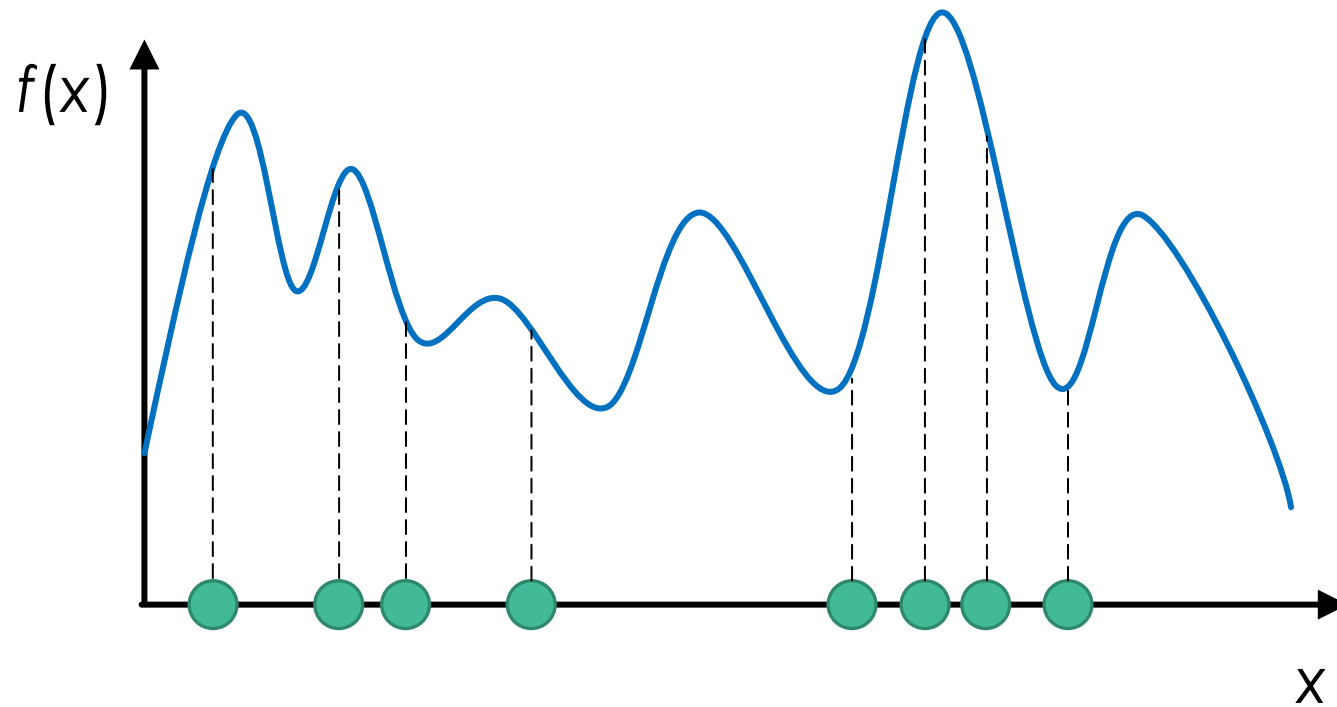


Algoritmo genético

Algoritmo genético



Algoritmo genético



Algoritmo genético

