Tabla ANOVA:

Fuente de variación	SS	g.l	MS	F
Regresión (β_1, β_2)	2.8250	2	1.4125	47.83
Error	0.1772	6		
Int	(0,0025)	1	0.0025	0.058
Cuadrático Puro	(0,0027)	1	0.0027	0.063
Error Puro	(0,1720)	4	0.0430	
Total	3.0022	8		

Con todo lo anterior se ha verificado que el modelo de primer orden propuesto inicialmente es adecuado.

Paso 2: Búsqueda del óptimo

Recordando el modelo ajustado:

$$\boxed{\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{40.44} + \mathbf{0.775x_1} + \mathbf{0.325x_2}}$$

Hay que desplazarse $\mathbf{0,775}$ unidades en la dirección de $\mathbf{x_1}$ por cada $\mathbf{0,325}$ unidades en la dirección de $\mathbf{x_2}$, para alejarse del centro del diseño, $\mathbf{x_1} = \mathbf{0}$, $\mathbf{x_2} = \mathbf{0}$, a lo largo de la trayectoria de máximo ascenso.

Luego la trayectoria de máximo ascenso pasa por el punto $(\mathbf{0}, \mathbf{0})$ y con pendiente:

$$\boxed{\frac{\hat{\beta}_2}{\hat{\beta}_1} = \frac{\mathbf{0,325}}{\mathbf{0,775}} = \mathbf{0.42}.}$$

El operario decide usar cinco minutos como tamaño del incremento básico del tiempo de reacción.

METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Paso 2: Búsqueda del óptimo Cont.

A partir de la relación entre ξ_1 y $\mathbf{x_1}$ es decir:

$$\boxed{\xi_1 = 5\mathbf{x_1} + 35},$$

se tiene que:

$$\boxed{\Delta\mathbf{x_1} = \frac{\Delta\xi_1}{5} = \frac{5}{5} = 1}$$

$$\boxed{\Delta\,\mathbf{x_2} = \frac{0,325}{0,775}\star\Delta\mathbf{x_1} = 0.42 = \frac{\Delta\,\xi_2}{5} \text{ ya que } \mathbf{x_2} = \frac{\xi_2 - 155}{5}}.$$

Es decir, 5 -minutos en el tiempo de reacción es equivalente a **un** (1) paso en la variable codificada.

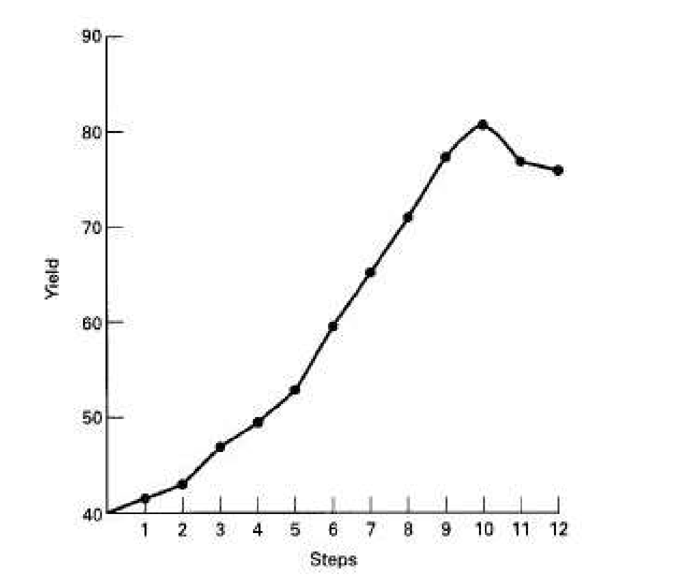
Luego el operario calcula puntos a lo largo de esta trayectoria y observa el rendimiento en cada punto:

Paso 2: Búsqueda del óptimo Cont.

Incrementos	x_1	x_2	ξ_1	ξ_2	Y
Origen	0	0	35	155	
Δ	1.00	0.42	5	2	
Origen + Δ	1.00	0.42	40	157	41.0
Origen + 2Δ	2.00	0.84	45	159	42.9
Origen + 3Δ	3.00	1.26	50	161	47.0
Origen + 4Δ	4.00	1.68	55	163	49.7
Origen + 5Δ	5.00	2.10	60	165	53.8
Origen + 6Δ	6.00	2.52	65	167	59.9
Origen + 7Δ	7.00	2.94	70	169	65.0
Origen + 8Δ	8.00	3.36	75	171	70.4
Origen + 9Δ	9.00	3.78	80	173	77.6
Origen + 10Δ	10.00	4.20	85	175	80.3
Origen + 11Δ	11.00	4.62	90	177	76.2
Origen + 12Δ	12.00	5.04	95	179	75.1

Paso 2: Búsqueda del óptimo Cont.

A partir del **undécimo** (**11**)incremento se produce una disminución en el rendimiento, como se observa en la siguiente gráfica:



Se ajusta otro modelo de primer orden en la cercanía del punto $(\mathbf{85}, \mathbf{175}) = (\xi_1, \xi_2)$.

Paso 2: Búsqueda del óptimo Cont.

La nueva región de exploración es:

$$\boxed{\xi_1 \in: [80, 90] \quad \text{y} \quad \xi_2 \in: [170, 180].}$$

Variables Codificadas:

$$\boxed{x_1 = \frac{\xi_1 - 85}{5} \quad \text{y} \quad x_2 = \frac{\xi_2 - 175}{5}}$$

De nuevo se usará un diseño 2^2 con cinco puntos centrales el cual se presenta en la siguiente tabla:

ξ_1	ξ_2	x_1	x_2	Y
80	170	-1	-1	76,5
80	180	-1	1	77,0
90	170	1	-1	78.0
90	180	1	1	79.5
85	175	0	0	79.9
85	175	0	0	80.3
85	175	0	0	80.0
85	175	0	0	79.7
85	175	0	0	79.8

Paso 2: Búsqueda del óptimo Cont.

Ahora el modelo ajustado es:

$$\boxed{\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{78.97} + \mathbf{1.00x_1} + \mathbf{0.50x_2}}$$

Tabla ANOVA:

Fuente de variación	SS	g.l	MS	F
Regresión (β_1, β_2)	5.00	2		
Error	11.12	6		
Interacción	(0,25)	1	0.25	4.72 (10 %)
Cuadrático Puro	(10,6580)	1	10.6580	201.09 (1 %)
Error Puro	(0,2120)	4	0.053	
Total	16.1200	8		

Las pruebas de interacción y del término cuadrático puro implican que el modelo de primer orden no es el adecuado.

Anotaciones

1. Debido a la posible presencia de curvatura en la superficie real, se puede concluir que se está cerca al punto óptimo.

2. Posteriormente se hacen los análisis adicionales necesarios para localizar el óptimo de una manera más precisa.

3. Cuando el experimentador se encuentra relativamente cerca del óptimo, por lo general se requiere un modelo que incorpore la curvatura para aproximar la respuesta.

4. En la mayoría de los casos el Modelo de Segundo Orden siguiente es adecuado:

$$\boxed{\mathbf{Y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_{ii}^2 + \sum_{i<j}\sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon}$$

5. Mediante la técnica de Análisis de una Superficie de Respuesta de **Segundo Orden**, se encuentran las condiciones óptimas de operación del proceso.