



Ensamblajes Unidos, SA

PLB y Análisis de Sensibilidad

Jose Ignacio González Gómez

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad - Universidad de La Laguna

www.jggomez.eu

Nombre	Descripción	Tipo PLB-PCE	Base	Informe	Modelo
Ensamblajes Unidos SA	Determinar el óptimo de técnicas de producción a aplicar por la empresa y cuestiones relacionadas	PL Básica	Cuestiones	SI	Produccion

1.1 Enunciado

Ensamblajes Unidos, SA tiene que tomar una decisión relativa a la producción de un nuevo modelo de calefactor (1.000 unidades) y cuenta con la posibilidad de emplear 3 técnicas alternativas de producción: manual, semi-automática y mediante el empleo de robots. Los requerimientos de cada técnica se resumen en el siguiente cuadro.

Datos Técnicos de Ensamblado

	Manual	Semi - Automática	Robotizada
Mano de Obra Especializada	1,0 min	4,0 min	8,0 min
MO no Especializada	40,0 min	30,0 min	20,0 min
Tiempo Taller Ensamblado	3,0 min	2,0 min	4,0 min

La disponibilidad de recursos para este producto son los siguientes: 4.500 minutos de Mano de Obra Especializada, 36.000 minutos de MO No Especializada y 2.700 minutos de tiempo disponible de Taller de Ensamblado.

El costo total de producción manual es de 7€ por calefactor, de 8€ por calefactor para la producción semi-automática, y de 8.5 € por calefactor para la producción robotizada.

Se pide:

1. Formulación algebraica del problema.
2. Responder a las siguientes cuestiones:
 - 2.1. Determinar el óptimo de técnicas de producción a aplicar por la empresa para la producción del nuevo modelo de calefactor. ¿Cual es el Costo promedio de producción por calefactor?
 - 2.2. ¿En cuanto puede incrementarse el costo de los robots antes que se deba cambiar este Plan de Producción?
 - 2.3. ¿Cuanto esta la empresa dispuesta a pagar por más tiempo disponible para el ensamblado?
 - 2.4. ¿Cuanto se ahorraría la empresa si se decide producir solamente 950 calefactores?
 - 2.5. Un nuevo proceso de producción está disponible, el cual emplea 2 minutos de MOD especializada, 10 minutos de MOD no-especializada, y una cantidad indeterminada de empleo de tiempo de taller de

ensamblado. Su costo de producción está determinado en 10€. Cual es el tiempo máximo de taller de ensamblado que puede tomar el nuevo proceso antes de que sea considerado demasiado costoso para emplearlo?

1.2 Formulación algebraica del problema

min. $Z = 7x_1 + 8x_2 + 8.5x_3$

s. r.

$x_1 + x_2 + x_3 = 1000$	Meta de Producción
$x_1 + 4x_2 + 8x_3 \leq 4500$	MdO especializada
$40x_1 + 30x_2 + 20x_3 \leq 36000$	MdO no especializada
$3x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 2700$	Tiempo de ensamble.
$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$	

1.3 Planteamiento y Resolución en Excel

1.3.1 Identificación y definición de las Variables de Decisión o Celdas Cambiantes (Changing Cells).

No existe una forma única para colocar los datos de un problema de optimización (o de minimización) en la hoja de cálculo podemos colocarlos como deseemos. No obstante, se ganaría bastante en entendimiento y comprensión si estos se organizan de forma lógica acorde al planteamiento del problema y no con datos dispersos.

En este caso definimos y planteamos el problema (programamos las celdas) especificando en primer lugar las **Variables de Decisión o Celdas Cambiantes (Changing Cells)**.

En nuestro caso (ver Ilustración 1) será el rango B21:D21, es decir la cantidad de productos a elaborar según la técnica empleada. Se pueden especificar hasta 200 variables de decisión; no obstante para efectos de este problema solo se necesitan tres variables: Técnica Manual, Semi-automática y Robotizada.

	A	B	C	D	E	F
16	Variables de Decisión		Función Objetivo			
17	Planteamiento del Problema					
18	Planificación de la Producción					
19		Manual	Semi - Automática	Robotizada	Total	
20						
21	Unidades				0 ud	
22	M.O Especializada	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
23	M.O No Especializada	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
24	Taller Ensamblado	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
25	Coste Total	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,0 €	
26						
27	Restricciones					
28	<i>Todas las variables deber ser no negativas</i>					
29	Limitación de disponibilidad de Recursos - RESTRICCIONES					
30	Restricciones	Uso Consumo	Disponibilidad de Recursos y Restricciones RHS (Right Hand Side)		Holgura (Slack)	
31						
32	M.O Especializada	0,0 min	< =	4.500,0 min	E22	4.500,0 min
33	M.O No Especializada	0,0 min	< =	36.000,0 min	E23	36.000,0 min
34	Taller Ensamblado	0,0 min	< =	2.700,0 min	E24	2.700,0 min
35	Nº de calefactores	0 ud	=	1.000 ud	E21	1.000 ud

Ilustración 1

1.3.2 Definición y programación de las restricciones, RHS (Right Hand Side)

Una vez programa las celdas principales es conveniente especificar las **Restricciones (Constraints Cells)**. Las restricciones deben caer dentro de ciertos límites o satisfacer los valores objetivos. Se pueden especificar hasta 500 restricciones –dos par cada una de las variables de decisión.

En nuestro caso contamos solamente con tres restricciones relacionadas con la disponibilidad de recursos (tiempo) Mano de Obra especializada y no especializada así como tiempo de taller y además una limitación de la producción que ha de ser de 1.000 unidades

En el lenguaje de la Programación Lineal a esta disponibilidad y restricciones se le identifica con las letras **RHS** (iniciales de Right Hand Side), lado derecho de la desigualdad, es decir D39:D42, celdas con fondo rojo.

1.3.3 Definición y programación de la celda objetivo

Finalmente debemos identificar la celda objetivo, en nuestro caso será E25, es decir la que nos genera menor coste de producción total para este conjunto de 1.000 unidades de calefactores.

Tomando en consideración la formulación algebraica del problema así como el diseño de la hoja de cálculo y programación de las celdas, pasamos a continuación a programar los parámetros del Solver y que nos permitirá alcanzar nuestro objetivo.

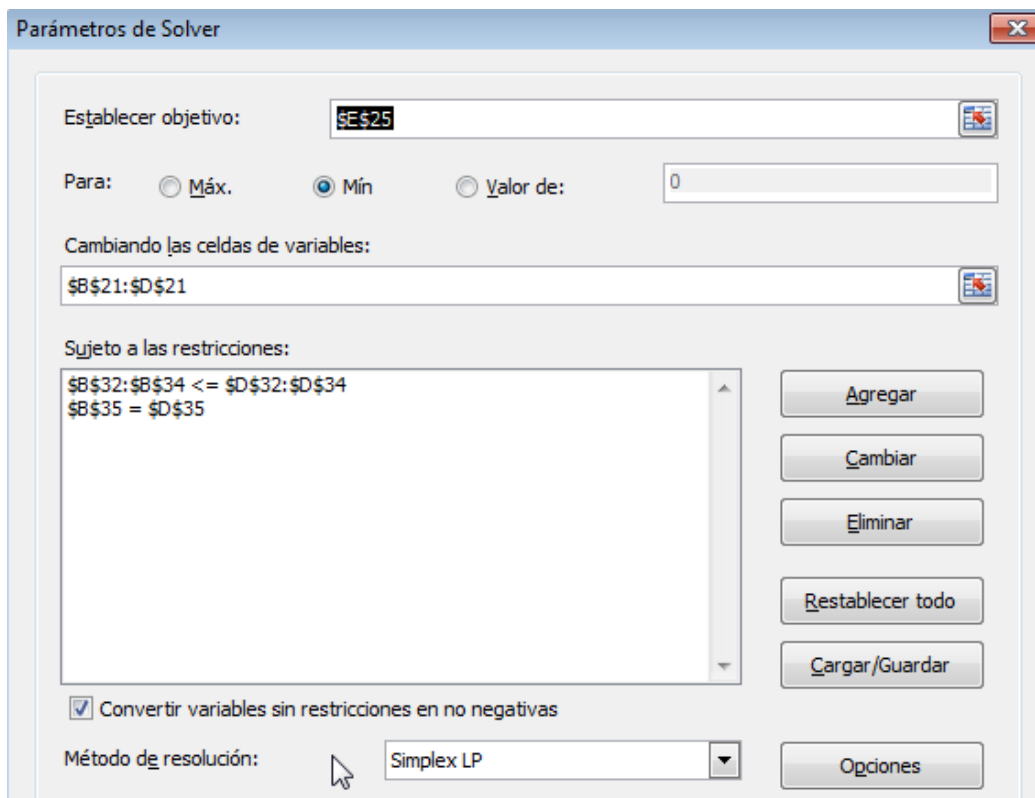


Ilustración 2

En este apartado debemos tomar en consideración el especificar las Restricciones de No negatividad para asegurarse que las celdas cambiantes adopten solo valores no negativos, es decir ≥ 0 . Esta condición tiene su razón de ser pues no se concibe la producción de cantidades negativas de producto.

Pulsando el botón Resolver del formulario anterior (Ilustración 2) accedemos a la resolución del problema.

	A	B	C	D	E	F
16	Variables de Decisión		Función Objetivo			
17	Planteamiento del Problema					
18	Planificación de la Producción					
19		Manual	Semi - Automática	Robotizada	Total	
20						
21	Unidades	633 ud	333 ud	33 ud	1.000 ud	
22	M.O Especializada	633,3 min	1.333,3 min	266,7 min	2.233,3 min	
23	M.O No Especializada	25.333,3 min	10.000,0 min	666,7 min	36.000,0 min	
24	Taller Ensamblado	1.900,0 min	666,7 min	133,3 min	2.700,0 min	
25	Coste Total	4.433,33 €	2.666,67 €	283,33 €	7.383,3 €	
26						
27	Restricciones					
28	<i>Todas las variables deber ser no negativas</i>					
29	Limitación de disponibilidad de Recursos - RESTRICCIONES					
30	Restricciones	Uso Consumo	Disponibilidad de Recursos y Restricciones RHS (Right Hand Side)			Holgura (Slack)
31						
32	M.O Especializada	2.233,3 min	< =	4.500,0 min	E22	2.266,7 min
33	M.O No Especializada	36.000,0 min	< =	36.000,0 min	E23	0,0 min
34	Taller Ensamblado	2.700,0 min	< =	2.700,0 min	E24	0,0 min
35	Nº de calefactores	1.000 ud	=	1.000 ud	E21	0 ud

Ilustración 3

1.4 Análisis de sensibilidad, el informe confidencialidad y respuesta a las cuestiones planteadas

	A	B	C	D	E	F	G	H
6	Celdas de variables							
7				Final	Reducido	Objetivo	Permisible	Permisible
8	Celda	Nombre		Valor	Coste	Coficiente	Aumentar	Reducir
9	\$B\$21	Unidades Manual		633,3333333	0	7	0,5	1E+30
10	\$C\$21	Unidades Semi - Automática		333,3333333	0	8	1E+30	0,25
11	\$D\$21	Unidades Robotizada		33,33333333	0	8,5	0,5	2,5
12								
13	Restricciones							
14				Final	Sombra	Restricción	Permisible	Permisible
15	Celda	Nombre		Valor	Precio	Lado derecho	Aumentar	Reducir
16	\$B\$32	M.O Especializada Uso Consumo		2233,333333	0	4500	1E+30	2266,666667
17	\$B\$33	M.O No Especializada Uso Consumo		36000	-0,083333333	36000	1000	6800
18	\$B\$34	Taller Ensamblado Uso Consumo		2700	-0,166666667	2700	500	100
19	\$B\$35	Nº de calefactores Uso Consumo		1000	10,83333333	1000	170	100

Ilustración 4

Determinar el óptimo de técnicas de producción a aplicar por la empresa para la producción del nuevo modelo de calefactor. ¿Cual es el Costo promedio de producción por calefactor?

Tal y como se desprende de los resultados de las dos ilustraciones anteriores, tenemos:
 Manual=633.3 ; Semi-automatico=333.3; Robotizado=33.3
 Costo Promedio de Producción por tostadora: 7.38 €

¿En cuanto puede incrementarse el costo de los robots antes que se deba cambiar este Plan de Producción?

Puede incrementarse de 0.5 € (Incremento Permitido de c1=0.5)

¿Cuanto esta la empresa dispuesta a pagar por más tiempo disponible para el ensamblado?

El valor marginal es de 0.16€/min, y están dispuestos a comprar 500 unidades adicionales a este precio.

El Rango de Factibilidad es [2700-100 ; 2700+500] = [2600 ; 3200].

¿Cuanto se ahorraría la empresa si se decide producir solamente 950 calefactores?

La Función Objetivo disminuirá de 50*(10.833) = 540.16

Un nuevo proceso de producción está disponible, el cual emplea 2 minutos de MOD especializada, 10 minutos de MOD no-especializada, y una cantidad indeterminada de empleo de tiempo de taller de ensamblado. Su costo de producción está determinado en 10€. Cual es el tiempo máximo de taller de ensamblado que puede tomar el nuevo proceso antes de que sea considerado demasiado costoso para emplearlo?

El Costo de Producción del Nuevo proceso de producción (10) hay que compararlo con el valor marginal de producir una unidad adicional empleando el nuevo proceso de producción:

$$10.8333(1)+0(2)-0.0833(10)-0.1666(T) \geq 10$$

Si se despeja T, T=0 y por lo tanto si el nuevo proceso requiere un mínimo de tiempo de ensamblado, será considerado excesivamente costoso

1.5 Resto de informes del Solver

1.5.1 Informe de Responder o Respuesta. Glosario de términos y conceptos asociados

	A	B	C	D	E	F	G
4	Resultado: Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.						
5	Motor de Solver						
6	Motor: Simplex LP						
7	Tiempo de la solución: 0 segundos.						
8	Iteraciones: 4 Subproblemas: 0						
9	Opciones de Solver						
10	Tiempo máximo Ilimitado, Iteraciones Ilimitado, Precision 0,000001, Usar escala automática						
11	Máximo de subproblemas Ilimitado, Máximo de soluciones de enteros Ilimitado, Tolerancia						
12	de enteros 1%, Asumir no negativo						
13							
14	Celda objetivo (Mín)						
15		Celda	Nombre	Valor original	Valor final		
16		\$E\$25	Coste Total Total	0,0 €	7.383,3 €		
17							
18							
19	Celdas de variables						
20		Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero	
21		\$B\$21	Unidades Manual	0 ud	633 ud	Continuar	
22		\$C\$21	Unidades Semi - Automática	0 ud	333 ud	Continuar	
23		\$D\$21	Unidades Robotizada	0 ud	33 ud	Continuar	
24							
25							
26	Restricciones						
27		Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
28		\$B\$32	M.O Especializada Uso Consumo	2.233,3 min	\$B\$32<=\$D\$32	No vinculante	2266,666667
29		\$B\$33	M.O No Especializada Uso Consumo	36.000,0 min	\$B\$33<=\$D\$33	Vinculante	0
30		\$B\$34	Taller Ensamblado Uso Consumo	2.700,0 min	\$B\$34<=\$D\$34	Vinculante	0
31		\$B\$35	Nº de calefactores Uso Consumo	1.000 ud	\$B\$35=\$D\$35	Vinculante	0

Ilustración 5

1.5.2 Informe de Límite .Glosario de términos y conceptos asociados

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
6			Objetivo							
7		Celda	Nombre	Valor						
8		\$E\$25	Coste Total Total	7.383,3 €						
9										
10										
11			Variable		Inferior	Objetivo		Superior	Objetivo	
12		Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado		Límite	Resultado	
13		\$B\$21	Unidades Manual	633 ud	633 ud	7.383 ud		633 ud	7.383 ud	
14		\$C\$21	Unidades Semi - Auto	333 ud	333 ud	7.383 ud		333 ud	7.383 ud	
15		\$D\$21	Unidades Robotizada	33 ud	33 ud	7.383 ud		33 ud	7.383 ud	

Ilustración 6