

Optimización de la línea de producción de vidrio laminado

Autores:

Marcelo Corbalán, Julián E. Tornillo, Guadalupe Pascal y Andrés Redchuk #

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Argentina

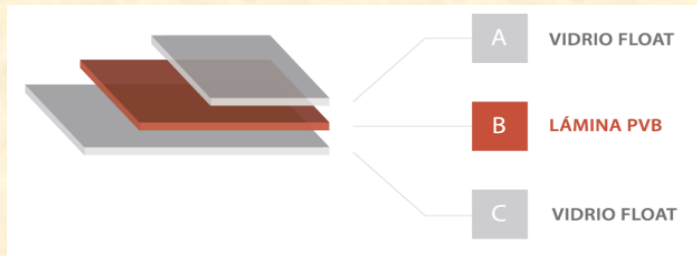
ETSII. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. España.

e-mail: marce_corbalan@hotmail.com

Resumen

- Optimizar la línea de vidrio laminado en una de las empresas más importantes de Argentina.
- Determinar los mixes de producción más eficientes y sus combinaciones óptimas para cumplir con los requerimientos del PMP (Plan Maestro de Producción).
- Software utilizados para modelizar y optimizar el proceso: GAMS, SOLVER de Excel y R.
- Conocimientos necesarios: funcionamiento de la línea de producción, la influencia de otros sectores de la empresa como: ventas, logística, calidad, compras, entre otros.

Vidrio laminado



Inicio

A

B

C

D

E

F

G

Fin

Referencias

A – Carga de máquina

B – Lavado y secado

C – Armado de lámina

D – Calentamiento y extracción de aire entre láminas

E – Preparación de láminas para autoclave

F – Aplicación de presión y calor en autoclave

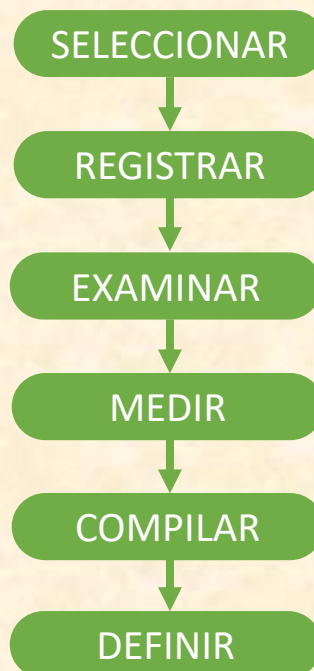
G – Identificación del producto y etiquetado

Código	Grupo	Esp	Color	PVB	Medidas			Hojas	Est
2951	LFL	6,4	IN	I	3600	x	2500	17	3A3
2954	LFL	8,4	IN	I	3600	x	2500	13	4A4
2946	LFL	10,4	IN	I	3600	x	2500	10	5A5
12058	LFL	6,4	IN	I	3210	x	2400	16	3A3
2950	LFL	6,4	IN	E	3600	x	2500	17	3A3
8162	LCL	8,4	GR	I	3210	x	2400	12	4A4
15051	LFL	6,4	GR	I	3600	x	2140	17	3A3

Estudio de métodos y tiempos

Tiempos de producción

Código	Hojas	Tiempo x pl	Tiempo x paq
2951	17	2,46	41,82
2954	13	2,46	31,98
2946	10	2,62	26,2
12058	16	2,48	39,68
2950	17	2,46	41,82
8162	13	2,48	32,24
15051	17	2,5	42,5



Tiempos de cambio de PVB

Código	2951	2954	2946	12058	2950	8162	15051
2951	-	-	-	10,2	10,2	10,2	10,2
2954	-	-	-	10,2	10,2	10,2	10,2
2946	-	-	-	10,2	10,2	10,2	10,2
12058	10,2	10,2	10,2	-	10,2	-	10,2
2950	10,2	10,2	10,2	10,2	-	10,2	10,2
8162	10,2	10,2	10,2	-	10,2	-	10,2
15051	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	-

Optimización



Función Objetivo:

$$[\sum_{d=1}^7 \sum_{t=1}^3 \sum_{p=1}^7 X_{tdp} * TP_p] + Downtime$$



- TP(p): Tiempo de producción
- Downtime: Sumatoria de tiempos obtenidos de las restricciones III, IV y V



Restricciones:

- Demanda
- Producto
- Cambio de PVB
- Cambio de carro
- Carga de máquina
- Disponibilidad de tiempo por turno

Variables: 147 (X_{tdp}) discretas

- Turnos (t): 3
- Días (d): 7
- Productos (p): 7

Programación con



Excel

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

SD\$54 = SE\$54
 \$F\$23:\$L\$25 = entero
 \$F\$33:\$L\$35 = entero
 \$F\$38:\$L\$40 = entero
 \$F\$43:\$L\$45 = entero
 \$F\$18:\$L\$20 = entero
 \$F\$52 = 0
 \$H\$52 = 0
 \$I\$52 = 0
 \$F\$48:\$L\$50 = entero
 \$J\$52 = 0
 \$M\$18 >= \$P\$14
 \$M\$18 <= \$N\$18

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Días	Productos	2951	2954	2946	12058	2950	8162	15051
	Tiempo x Paq	41,82	31,98	26,2	39,68	41,82	32,24	42,5
Día 1	Turno N	0	0	0	5	0	0	4
	Turno M	5	3	0	0	0	2	0
	Turno T	6	0	3	0	0	1	0
	Subtotal	11	3	3	5	0	3	4
	Falta	117	24	12	4	8	4	2
Día 2	Turno N	1	0	0	0	3	2	2
	Turno M	6	0	2	0	0	2	0
	Turno T	6	2	1	0	1	0	0
	Subtotal	13	2	3	0	4	4	2
	Falta	104	22	9	4	4	0	0
Día 3	Turno N	7	0	0	0	2	0	0
	Turno M	7	2	0	0	1	0	0
	Turno T	9	1	0	0	0	0	0
	Subtotal	23	3	0	0	3	0	0
	Falta	81	19	9	4	1	0	0
Día 4	Turno N	6	1	3	0	0	0	0
	Turno M	5	0	1	0	0	0	0
	Turno T	8	2	0	0	0	0	0
	Subtotal	19	3	4	0	0	0	0
	Falta	62	16	5	4	1	0	0
Día 5	Turno N	6	3	1	0	0	0	0
	Turno M	5	2	2	0	1	0	0
	Turno T	8	2	0	0	0	0	0
	Subtotal	19	7	3	0	1	0	0
	Falta	43	9	2	4	0	0	0
Día 6	Turno N	6	4	0	0	0	0	0
	Turno M	8	1	1	0	0	0	0
	Turno T	8	1	1	0	0	0	0
	Subtotal	22	6	2	0	0	0	0
	Falta	21	3	0	4	0	0	0
Día 7	Turno N	6	3	0	1	0	0	0
	Turno M	9	0	0	0	0	0	0
	Turno T	6	0	0	3	0	0	0
	Subtotal	21	3	0	4	0	0	0
	Falta	0	0	0	0	0	0	0
	Total	128	27	15	9	8	7	6

Programación con



Sets

```
P productos /P2951, P2954, P2946, P12058, P2950, P8162, P15051/  
D dias / d1*d7 /  
Tu turnos / TN, TM, TT/;
```

Parameter

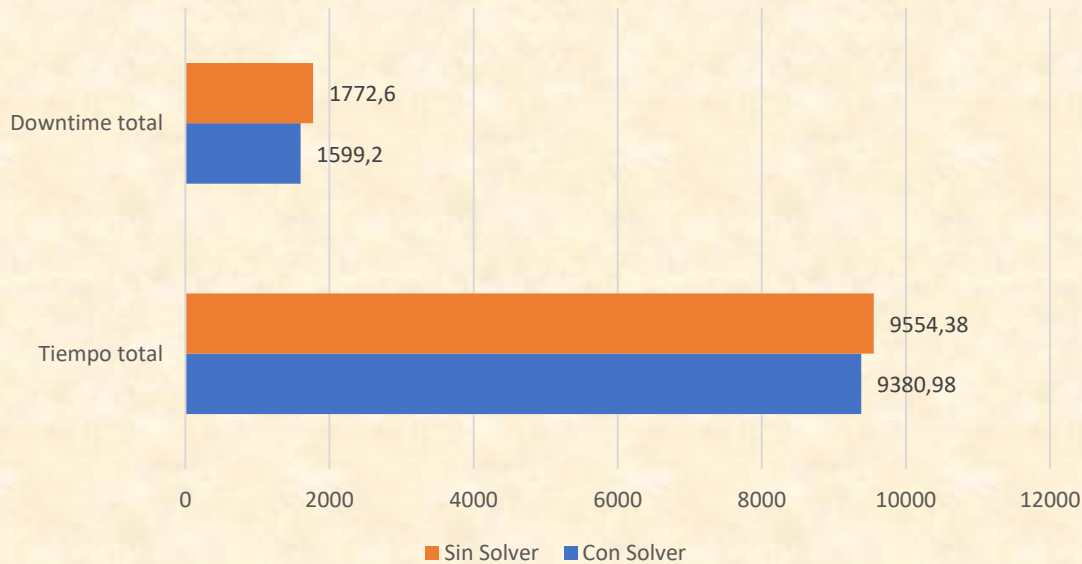
```
TP (P) tiempo de produccion por paquete  
      /P2951  41.82  
      P2954  31.98  
      P2946  26.2  
      P12058 39.68  
      P2950  41.82  
      P8162  32.24  
      P15051 42.5/;
```

```
Total_DW .. Downtime =E= Carro + FIJO + ALT + PVB;  
*****Ecuación que calcula la suma de todos los tiempos de producción.*****  
Tiempo_total_de_ProdT .. TT =E= sum[D, sum(Tu, sum(P, X(Tu,D,P) * TP(P)))] + Downtime;
```

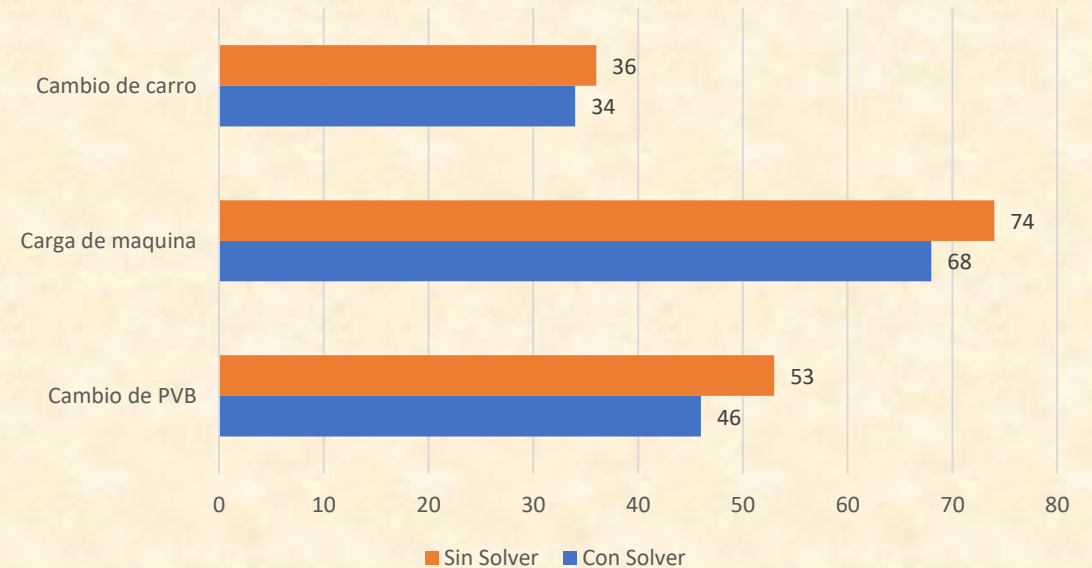
```
*****Disponibilidad de tiempo del día 1 turno noche*****  
Disp_N1 .. TN1 =E= sum[P, X('Tn','d1',P) * TP(P)] + PVB_N1 + CamN1*10 + FIJOaN1*10 + ALTaN1*32;  
TN1.UP = 450;
```

Resultados obtenidos

Comparación de planes semanales



Cantidades de actividades no productivas



Diferencia de *Downtime*: 1,51 %

Conclusiones

Logramos conseguir obtener mejores resultados.

Se puede confirmar que la línea cuenta con dos cuellos de botella.

Teniendo en cuenta que el tiempo de algunas actividades dependen del espesor del producto:

- para espesores mayores o igual al 5+5, el pre-horno es el cuello de botella
- para espesores menores al 5+5, la etapa de armado es el cuello de botella