

# Estampación S.A.

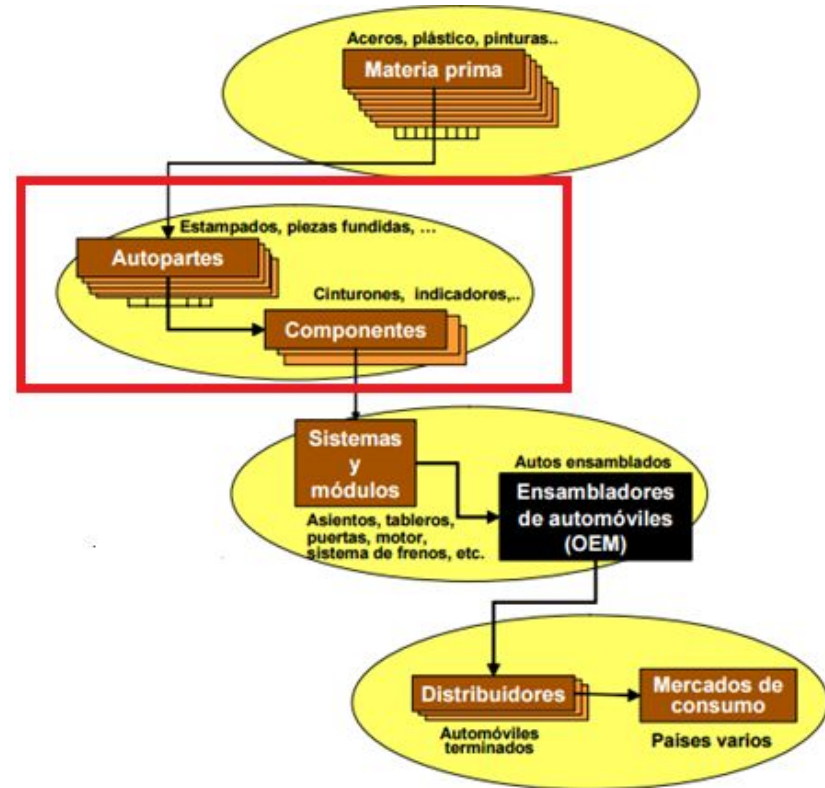
BC SAP

Víctor Bartolomé  
Angela Bordas  
Luisina Massa  
Ferran Noya  
Rodrigo Oliver  
Oscar Perez  
Manel Pujadas

# Presentación

Estampación S.A. es una empresa dedicada a la estampación de materiales metálicos para la industria del automóvil. Especializada en la estampación de Bumper's (travesaños).

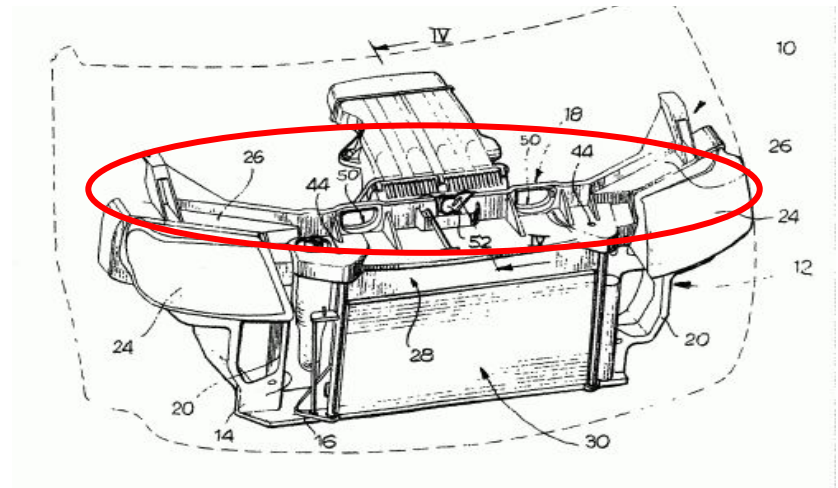
Fundada en 2005 con la finalidad de ofrecer productos acordes con las especificaciones de nuestros clientes a un precio competitivo.



# El Producto

Los Bumper's fabricados por Estampación S.A. son fabricados a medida según especificaciones del cliente.

En estas piezas metálicas es donde se ensamblará el parachoques final. Pueden ser delanteros o traseros. A continuación se presenta un Bumper frontal.



# Variantes del producto

Las variantes fabricadas son:

- largo 1743 mm
- largo 1774 mm
- 3 taladros en base derecha
- 3 taladros en base derecha y un taladro en base izquierda



# Cientes



**OPEL**



**DAIMLER**



**SEAT**

# Proveedores

Materia prima:



**Gonvarri**  
Steel Industries



Piezas parciales estampadas:



# Ubicación

La empresa se sitúa en la localidad dels Monjos (Barcelona). El motivo principal se debe a que está bien comunicado por carretera para nuestros clientes finales:

- SEAT (Martorell)
- Ford (Almussafes)
- Opel (Figueroles)
- Daimler (Vitoria)



# Procesos

Traslado de materia prima a la zona de producción



Proceso de estampación



Proceso de Soldadura



Control de Calidad



Traslado de las piezas al almacén de salida



# Procesos

Traslado de materia prima a la zona de producción

Proceso de estampación

Proceso de Soldadura

Control de Calidad

Traslado de las piezas al almacén de salida

Se trasladan las bobinas de acero desde el almacén de materia prima hasta el inicio de la cadena de producción, mediante una grúa.

# Procesos

Traslado de materia prima a la zona de producción

Proceso de estampación

Proceso de Soldadura

Control de Calidad

Traslado de las piezas al almacén de salida

El proceso de estampación utiliza una **única matriz** para cortar, dar forma y agujerear el acero de forma automática, hasta obtener la pieza final.

# Procesos

Traslado de materia prima a la zona de producción

Proceso de estampación

Proceso de Soldadura

Control de Calidad

Traslado de las piezas al almacén de salida

Las diferentes piezas resultantes del proceso de estampación, se **ensamblan** mediante soldadura utilizando brazos robotizados.

# Procesos

Traslado de materia prima a la zona de producción

Proceso de estampación

Proceso de Soldadura

Control de Calidad

Traslado de las piezas al almacén de salida

De cada lote de fabricación se separan un cierto número de piezas para realizar un **control de calidad** mediante galgas de control.

# Procesos

Traslado de materia prima a la zona de producción

Proceso de estampación

Proceso de Soldadura

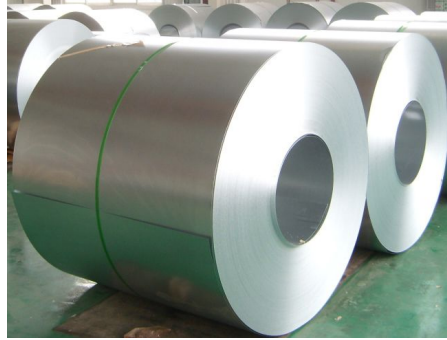
Control de Calidad

Traslado de las piezas al almacén de salida

Finalmente se **trasladan** las piezas al almacén de producto acabado.

# Recursos

- Bobina de metal
- Prensa de estampación
- Soldadora/ Robot
- Operarios
- Galga de Control



# Normas

Las normas de aplicación son:

ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad.

IATF 16949:2016 norma para la gestión de la calidad del sector de la automoción.

ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental.

OSHAS 18001 Sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

Y todos aquellos requisitos facilitados por cliente.

# Plan de demanda & Gestión de RRHH



# Datos demanda

SEAT  
134400

OPEL  
17750

Mercedes  
Benz  
6700

FORD  
59400

**Total**

**218250  
piezas/año**

## Demanda por bimestre



# Capacidad de producción

**Días laborables en un año:** 219

**Fuentes de producción:**

2 turnos de 22 operarios cada uno.

T1: 660u/día

T2: 484 u/día

# Costes



## Coste de mano de obra:

- 20/12/2016 → 6h por turno.
- Coste de un trabajador interno: 15.96€/h
- Coste unitario T1: 4,25€/pieza
- Coste unitario T2: 5,80€/pieza

## Coste de fábrica:

- Energía, mantenimiento de prensas, alquiler de nave industrial, personal indirecto, etc.
- Coste unitario : 5€/pieza

## Coste de materia prima:

Bobina de acero 1500 €/ton.

Dim. de la lámina: 1800 x 250 x 0,8 mm

Coste promedio de las piezas: 4,23 €/pieza

## Coste de posesión de stock:

alquiler+seguridad+asegurado+mantenimiento+energía: 1,1 € / mes·ud

**Coste de diferir demanda:** inasumible (12 millones por día)

# Modelo de Bowman básico-Planificación agregada

$$\text{LP-1: } \min C_T = \sum_{s \in S} \left( c_{u_s} \sum_{t=1}^T x_{t,s} \right) + \sum_{t=1}^T (c_h I_t^+ + c_b I_t^-)$$

s.a:

$$X_t - \sum_{s \in S} x_{t,s} = 0 \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$X_t + I_{t-1} - I_t = d_t \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$I_t - I_t^+ + I_t^- = I_t^* \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$r_{t,s} \leq r_s^{\max} \quad \forall t = 1, \dots, T, \forall s \in S$$

$$x_{t,s} \leq x_{t,s}^{\max} \quad \forall t = 1, \dots, T, \forall s \in S$$

$$x_{t,s} - \lambda_{t,s} \cdot r_{t,s} = 0 \quad \forall t = 1, \dots, T, \forall s \in S$$

$$(x_{t,s}, r_{t,s}) \geq \vec{0} \quad \forall t = 1, \dots, T, \forall s \in S$$

$$(X_t, I_t^+, I_t^-) \geq \vec{0} \quad \forall t = 1, \dots, T$$

Producción por bimestre y turno

Stock/demanda diferida por bimestre

Demanda bimestral

Tasa máxima de producción por turno

Días laborables por bimestre

Stock ideal fin bimestre  
t = 2 turnos de trabajo

# Parámetros

Periodo (t)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	T
Demanda (dt)	32738	39285	43650	32738	32738	37103	218252

Prod max día (rsmax)	
turno1	660
turno2	484

Periodo (t)	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Dias ( $\lambda$ t)	37	41	43	25	40	33

Prod max (xstmax)	B1	B2	B3	B4	B5	B6
xs1tmax	24420	27060	28380	16500	26400	21780
xs2tmax	17908	19844	20812	12100	19360	15972

cu1	13,48
cu2	15,03
ch	1,1
cb	$\infty$

# Variables

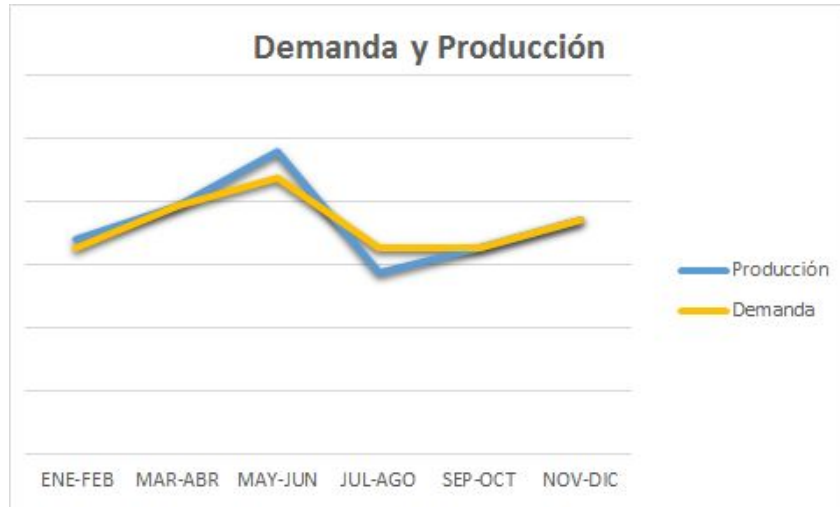
Producción (xst)	B1	B2	B3	B4	B5	B6
xs1t	24420	27060	28380	16500	26400	21780
xs2t	9462	12225	19408	12100	6338	15323
	33882	39285	47788	28600	32738	37103

MIN (CT) 3.078.036,68 €

Periodo (t)	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Inventario (It)	1144,00	1144,00	5282,00	1144,00	1144,00	1144,00
Exceso stock (It+)	0,00	0,00	4138,00	0,00	0,00	0,00
Defecto stock (It-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Prod dia (rst)	B1	B2	B3	B4	B5	B6
rs1	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
rs2	255,73	298,17	451,35	484,00	158,45	464,33

# Demanda y Stock



# Modelo de Bowman básico + RR HH

$$\text{LP-4: } \min C_T = \sum_{t=1}^T c_{u_t} X_t + \sum_{t=1}^T c_{h_t} I_t^+ + \sum_{t=1}^T c_{b_t} I_t^- + \\ + \sum_{t=1}^T c_{w_t}^+ w_t^+ + \sum_{t=1}^T c_{w_t}^- w_t^-$$

s.a:

$$X_t + I_{t-1} - I_t = d_t \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$I_t - I_t^+ + I_t^- = I_t^* \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$X_t - r_H W_t \leq 0 \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$W_t \leq W^\infty \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$W_t - W_{t-1} - w_t^+ + w_t^- = 0 \quad \forall t = 1, \dots, T$$

$$(X_t, I_t^+, I_t^-, w_t^+, w_t^-) \geq \bar{0} \quad \forall t = 1, \dots, T$$

Restricciones de regulación de RRHH:  $\begin{cases} W_t \geq W^0 & \forall t = 1, \dots, T \\ W_t \leq W^\infty & \forall t = 1, \dots, T \end{cases}$

Plantilla por bimestre

Despidos por bimestre

Contratación personal temporal por bimestre

Plantilla mínima

Plantilla máxima



# Parámetros

A los parámetros del modelo de Bowman básico se agregan:

Prod max dia (rsmax)	
rh1max	30
rh2max	22

wt max	30
wt min	15

contrato temporal	2000
despido plantilla	8000

Hipótesis: contratar empleados temporales disminuye el rendimiento en un 20% en el turno mañana y en un 25% en el turno tarde.

# Variables

Producción (xst)	01-feb	03-abr	05-jun	07-ago	09-oct	11-dic
xs1t	22703,41	24600	26818,06	16200	25920	21384
xs2t	11179	16675	19849	11531	7291	15246
	33882	41275	46667	27731	33211	36630
Periodo (t)	01-feb	03-abr	05-jun	07-ago	09-oct	11-dic
Inventario (It)	1144	3134	6151	1144	1617	1144
Exceso stock (It+)	0	1990	5007	0	473	0
Defecto stock (It-)	0	0	0	0	0	0

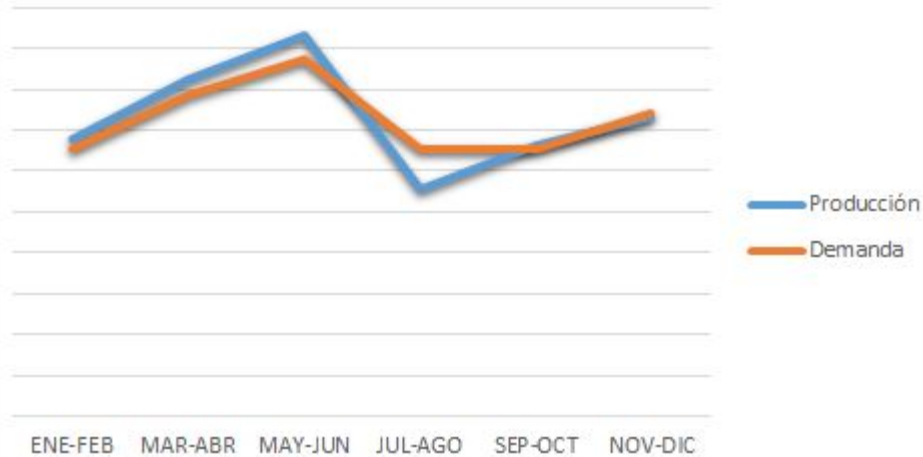
MIN (CT)	779449,9
----------	----------

Prod día (rst)	01-feb	03-abr	05-jun	07-ago	09-oct	11-dic
rs1	29,50	30,00	29,98	30,00	30,00	30,00
rs2	21,20	21,69	21,98	21,96	8,68	22,00

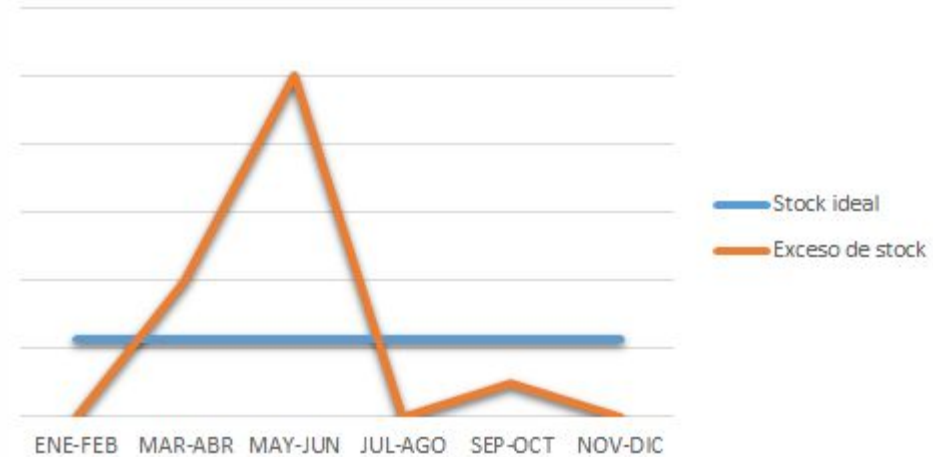
Periodo (t)	01-feb	03-abr	05-jun	07-ago	09-oct	11-dic
PersonalT1 (wt)	26	25	26	27	27	27
ContratacionesT1 (wt+)	26	0	1	1	0	0
DespidosT1 (wt-)	0	1	0	0	0	0
Personal T2(wt)	19	25	28	28	28	28
Contrataciones T2(wt+)	19	6	3	0	0	0
Despidos T2(wt-)	0	0	0	0	0	0

# Demanda y Stock

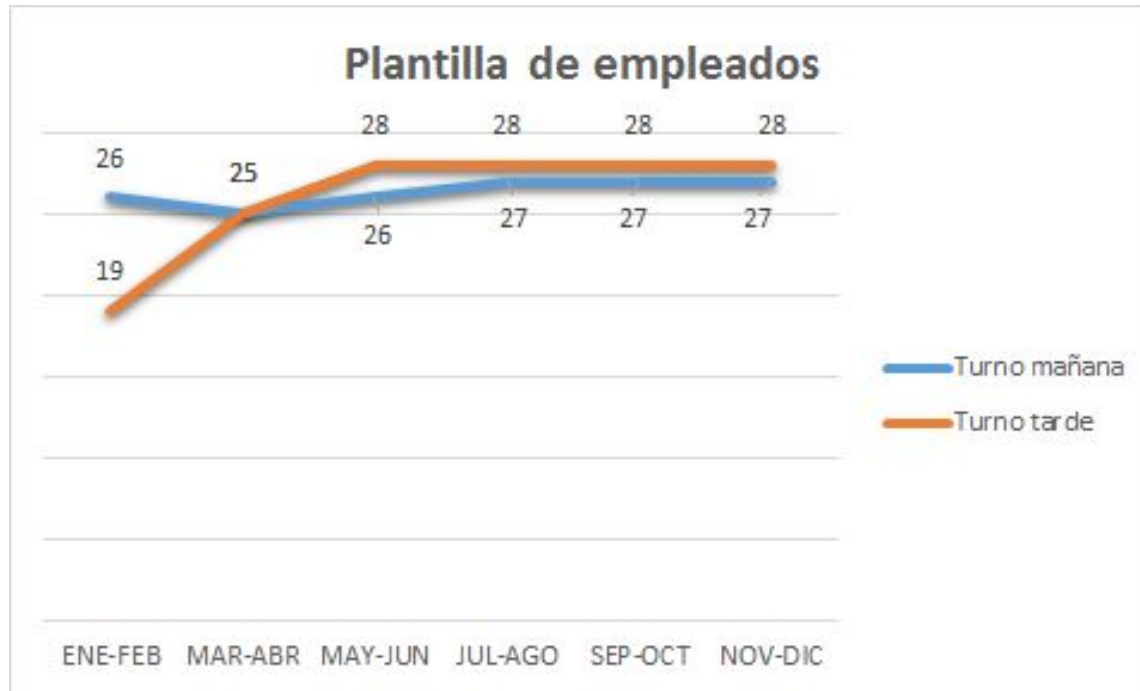
## Demanda y Producción



## Stock y Diferido



# Plantilla de Empleados



# Variantes de producción, costes y plan de producción

# Introducción

La dirección ha tomado la decisión de que el año que viene se fabricarán 3 de las 4 referencias de los productos. Para ello se necesitan individualmente los costes de fabricación, posesión y rotura de stocks.

Las diferentes variantes del producto a fabricar en el próximo año son:

- RFA: Largo 1743 mm y 3 taladros en base derecha
- RFB: Largo 1743 mm y 3 taladros en base derecha y un taladro en base izquierda
- RFC: Largo 1774 mm y 3 taladros en base derecha

# Demanda por producto

La demanda prevista para este próximo año, habiendolo consultado con nuestros clientes, es la siguiente:

	ENE-FEB	MAR-ABR	MAY-JUN	JUL-AGO	SEP-OCT	NOV-DIC
RFA (uds)	11459	11785	17460	11458	14732	12986
RFB (uds)	13095	19643	13095	8184	14732	12986
RFC (uds)	8184	7857	13095	13096	3274	11131
<b>TOTAL (uds)</b>	<b>32738</b>	<b>39285</b>	<b>43650</b>	<b>32738</b>	<b>32738</b>	<b>37103</b>

# Producción, stocks, costes y consumo

Producto	Producción (uds/día)	Limitación stock (uds/mes)	Coste producción (€/pieza)	Coste Stock (€/pieza)	Coste Diferir (€/pieza)	Consumo (kg/pieza)
RFA	440	91800	4,15	0,27	27000*	2,74
RFB	440	91800	4,2	0,27	27000*	2,74
RFC	420	90000	4,3	0,28	30000*	2,79

El almacén tiene la capacidad de almacenar 22500 unidades del mix de producto mensual.

\*Precio del coche entero



# Aprovisionamiento Inicial

Debido a problemas en el suministro (Bamesa), sólo nos podemos abastecer una vez al año de acero para la producción de los Bumper's.

Debido a ello, al inicio del año disponemos de 700000 kg de acero.



# Producción mínima

Debido a compromisos contractuales con Ford, debemos suministrar cada año un mínimo de 5000 unidades del producto.



# Aplicación del Algoritmo

Se trasladan los nuevos datos al departamento de planificación y se ejecuta el algoritmo de Bowman modificado para los 3 productos con demanda para un turno.

$$\min C_T = \sum_{i \in P} \sum_{t=1}^T c_{u_i} X_{i,t} + \sum_{i \in P} \sum_{t=1}^T (c_{h_i} I_{i,t}^+ + c_{b_i} I_{i,t}^-)$$

# Solución

Producto (xst)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
RFA	12032	11801	17902	11000	14896	12899
RFB	15680	18040	12768	7938	15059	12899
RFC	8593	7841	16453	10000	2783	11524

Producción día - producto (rst)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
RFA	325,19	287,84	416,32	440,00	372,39	390,87
RFB	423,79	440,00	296,92	317,54	376,49	390,87
RFC	232,248649	191,235366	382,62674	400	69,5725	349,20758

Coste mínimo de: 927.562,00 €

# Solución

Tenemos stock de la RFA en el bimes 5-6, para la RFB en el primer bimes y finalmente para la RFC el bimes 5-6, respondiendo a los picos de demanda.

Periodo (t)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Inventario RFA	573	589	1031	573	737	649
Exceso stock (It+)	0	0	158	0	0	0
Defecto stock (It-)	0	0	0	0	0	0

Periodo (t)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Inventario RFB	2585	982	655	409	737	649
Exceso stock (It+)	1930	0	0	0	0	0
Defecto stock (It-)	0	0	0	0	0	0

Periodo (t)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Inventario RFC	409	393	3751	655	164	557
Exceso stock (It+)	0	0	3096	0	0	0
Defecto stock (It-)	0	0	0	0	0	0

# Conclusiones

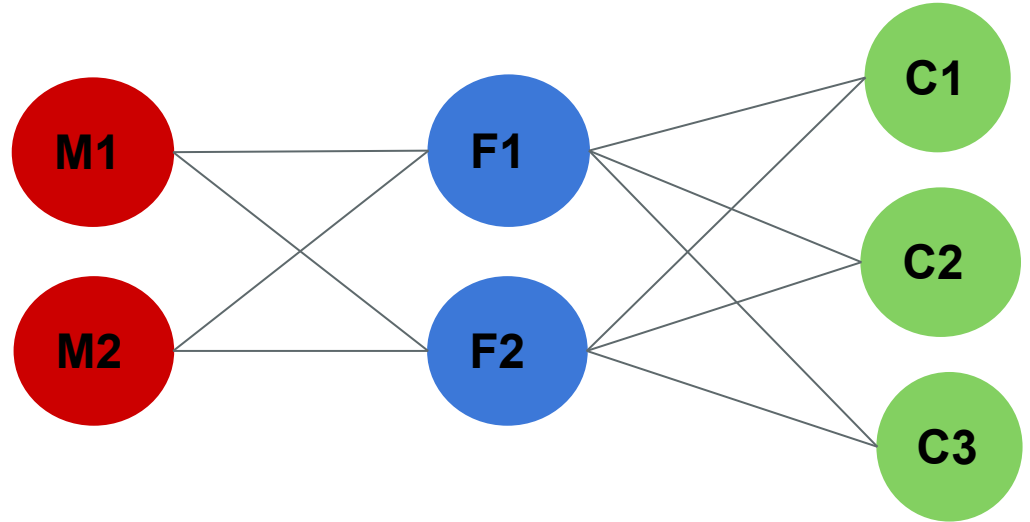
También se ha observado que el aprovisionamiento óptimo de acero al inicio para satisfacer demanda es de: **610119,5185** kg

Existe una diferencia de aproximadamente **+90000** kg con el nivel de aprovisionamiento actual, por lo que ajustando el aprovisionamiento también sería posible ajustar los costes.

# Modelo multicentro y multiproducto

# Modelo multicentro y multiproducto

- ❖ Proveedores de materia prima:
  - Gonvarri Steel (Navarra)
  - Bamesa (Cataluña).
- ❖ 2 plantas de producción:
  - Els Monjos (Barcelona)
  - Noáin (Pamplona).
- ❖ 3 clientes:
  - SEAT (Martorell)
  - Opel (Figueruelas)
  - Ford (Almussafes)





# Demanda por cliente y producto

	<b>Demanda 1° S</b>	<b>Demanda 2° S</b>
<b>SEAT</b>	71232	63168
<b>Ford</b>	31482	27918
<b>Opel</b>	9409	8343

<b>Pto.</b>	<b>Mix de ventas</b>	<b>Prod. 1° S</b>	<b>Prod. 2° S</b>
<b>RFA</b>	0,35	39243	34800
<b>RFB</b>	0,25	28031	24857
<b>RFC</b>	0,25	28031	24857

# Costes de producción

Producto	Coste Producción (€/pieza)	Coste Stock (€/pieza)	Coste Diferir (€/pieza)
RFA	4,15	0,27	27000
RFB	4,20	0,27	27000
RFC	4,30	0,28	30000

Proveedor	Costo de MP
<i>Gonvarri Steel</i>	1,95 €/kg
<i>Bamesa</i>	1,70 €/kg

# Costes de transporte

	<i><b>Els Monjos</b></i>	<i><b>Noáin</b></i>
<i><b>Gonvarri Steel</b></i>	0,35 €/kg	0,05 €/kg
<i><b>Bamesa</b></i>	0,10 €/kg	0,45 €/kg

	<i><b>SEAT</b></i>	<i><b>Opel</b></i>	<i><b>Ford</b></i>
<i><b>Els Monjos</b></i>	1,7 €/u	2,65 €/u	3,06 €/u
<i><b>Noáin</b></i>	3,25 €/u	2,5 €/u	3,5 €/u

## Restricciones

- Capacidad:

Els Monjos: 180.000 kg/6 meses

Noáin: 150.000 kg/6 meses

- Pedido mínimo:

Gonvarri Steel: 500 kg

Bamesa: 1000 kg

- Limitación de stock:

Els Monjos: 10.000 kg

Noáin: 3.000 kg

# Plan de producción: PL

- Horizonte: 1 año.
- Período de planeamiento: 6 meses.
- Función objetivo del modelo: Minimizar costes de producción.
- ST a restricciones de demanda, compra de MP y capacidad.



# Plan de producción

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Durante 1ºS, la planta de Els Monjos estaría dispuesta a pagar 0,16 €/kg adicional de capacidad (hasta una capacidad de 188355 kg).

Las plantas estarían dispuestas a pagar hasta 0,35 €/kg al proveedor Noáin y 0,2 €/kg a Gonvarri Steel para que reduzcan sus requerimientos de compra mínima.

Compra de MP (kg)											
		Els Monjos	Noáin								
1º S	Gonvarri Steel	500	500								
	Bamesa	260537,25	1000								
		Els Monjos	Noáin								
2º S	Gonvarri Steel	500	500								
	Bamesa	230811,21	1000								
Producción (u)											
		A SEAT	A Ford	A Opel	B SEAT	B Ford	B Opel	C SEAT	C Ford	C Opel	
1º S	Els Monjos	24931	0	0	17808	4821	0	17808	0	0	
	Noáin	0	11019	3293	0	3050	2352	0	7871	2352	
		A SEAT	A Ford	A Opel	B SEAT	B Ford	B Opel	C SEAT	C Ford	C Opel	
2º S	Els Monjos	22109	9771	0	15792	6980	2085	0	6980	0	
	Noáin	0	0	2920	0	0	0	15792	0	2085	

# Desagregación de los planes de producción

La dirección desea tener más información sobre los productos que forman el mix.

Por dicha razón desea que se desagreguen los planes de producción que se han presentado anteriormente y tener un control más específico por producto.

Con la información obtenida se pretende poder ser más competitivo en el mercado y alcanzar los objetivos más rápidamente

# Demanda desagregada

La demanda de cada uno de los bumpers por bimestre se recoge en la siguiente tabla:

	ENE-FEB	MAR-ABR	MAY-JUN	JUL-AGO	SEP-OCT	NOV-DIC
RFA (uds)	11459	11785	17460	11458	14732	12986
RFB (uds)	13095	19643	13095	8184	14732	12986
RFC (uds)	8184	7857	13095	13096	3274	11131
<b>TOTAL (uds)</b>	<b>32738</b>	<b>39285</b>	<b>43650</b>	<b>32738</b>	<b>32738</b>	<b>37103</b>

No se permite diferir demanda

# Desagregación proporcional al mix

Mes	Demanda				Stock de seguridad						
	Global	RFA	RFB	RFC	Global	RFA	RFB	RFC	RFA(%)	RFB(%)	RFC(%)
1	32738	11459	13095	8184	1144	400	458	286	3,50	3,50	3,50
2	39285	11785	19643	7857	1144	343	572	229	2,91	2,91	2,91
3	43650	17460	13095	13095	1144	458	343	343	2,62	2,62	2,62
4	32738	11458	8184	13096	1144	400	286	458	3,50	3,50	3,50
5	32738	14732	14732	3274	1144	515	515	114	3,50	3,50	3,50
6	27391	3274	12986	11131	1144	137	542	465	4,18	4,18	4,18
	208540	70168	81735	56637	1144	382	381	381			

El stock de seguridad es igual a lo que producen 2 turnos.



# Desagregación proporcional al mix

Mes	Demanda corregida				Cuotas unitarias de producción			
	Global	RFA	RFB	RFC	Global	RFA	RFB	RFC
1	32738	11477	13172	8089	1,000	0,351	0,402	0,247
2	39285	11728	19757	7800	1,000	0,299	0,503	0,199
3	43650	17574	12866	13209	1,000	0,403	0,295	0,303
4	32738	11401	8127	13210	1,000	0,348	0,248	0,404
5	32738	14846	14961	2931	1,000	0,453	0,457	0,090
6	27391	2896	13014	11481	1,000	0,106	0,475	0,419
	208540	69923	81896	56721	1,000	0,327	0,397	0,277

# Desagregación proporcional al mix

Mes	Demanda corregida				Cuotas teóricas de producción			
	Global	RFA	RFB	RFC	Global	RFA	RFB	RFC
1	32738	11477	13172	8089	32738	11477	13172	8089
2	39285	11728	19757	7800	39285	11728	19757	7800
3	43650	17574	12866	13209	43650	17574	12866	13209
4	32738	11401	8127	13210	32738	11401	8127	13210
5	32738	14846	14961	2931	32738	14846	14961	2931
6	27391	2896	13014	11481	27391	2896	13014	11481
	208540	69923	81896	56721	208540	69923	81896	56721

# Desagregación proporcional al mix

Mes	Cuotas teóricas de producción				Producción real			
	Global	RFA	RFB	RFC	Global	RFA	RFB	RFC
1	32738	11477	13172	8089	32738	11518	13145	8075
2	39285	11728	19757	7800	39285	11769	19730	7786
3	43650	17574	12866	13209	43650	17615	12839	13196
4	32738	11401	8127	13210	32738	11442	8100	13196
5	32738	14846	14961	2931	32738	14887	14934	2917
6	27391	2896	13014	11481	27391	2937	12987	11467
	208540	69923	81896	56721	208540	70168	81735	56637

# Equilibrado de la línea de montaje

# Definición tareas de ensamblado, tiempos de proceso y precedencias

❖ Punto de partida: etapas del proceso



## Demandas

**RFA:** 36,6%

**RFB:** 37,4%

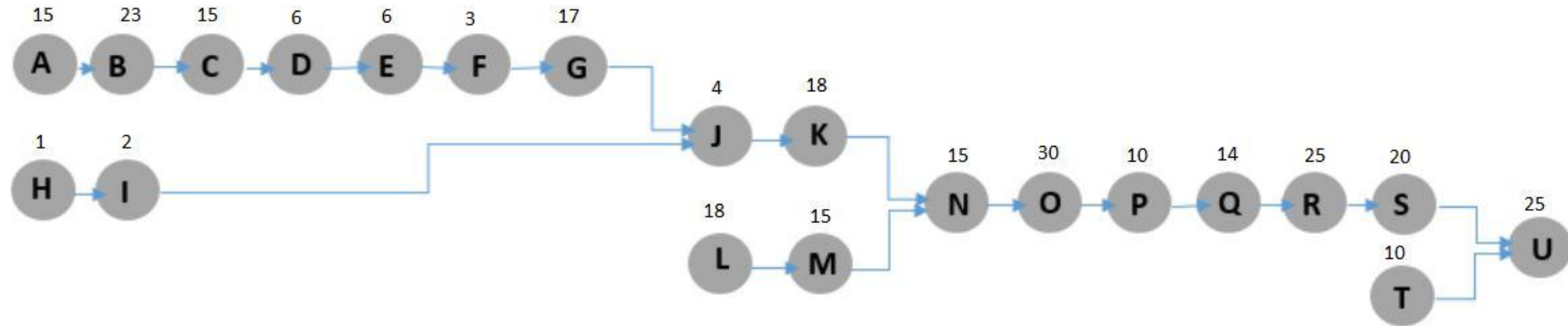
**RFC:** 26%

<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PREC</b>	<b>RFA (seg)</b>	<b>RFB (seg)</b>	<b>RFC (seg)</b>
<b>A</b>	Montaje bobina de acero en máquina cortadora	-	15	15	15
<b>B</b>	Corte de la chapa	A	20	23	28
<b>C</b>	Transporte chapa cortada a matriz de estampado	B	15	15	15
<b>D</b>	Montaje chapa debajo de la matriz	C	6	6	6
<b>E</b>	Estampado	D	4	6	8
<b>F</b>	Retiro de la matriz	E	3	3	3
<b>G</b>	Avance de la pieza estampada en cinta transportadora a zona de soldado	F	17	17	17
<b>H</b>	Agarrar tornillo	-	-	2	2
<b>I</b>	Posicionamiento del tornillo	H	-	3	3
<b>J</b>	Soldado	G,I	-	4	10

<b>K</b>	Transporte pieza a zona de baño	J	18	18	18
<b>L</b>	Espera para aumento T del baño	-	15	20	20
<b>M</b>	Agregado líquido anticorrosivo	L	12	12	24
<b>N</b>	Sumergido de la pieza en el baño	K,M	15	15	15
<b>O</b>	Secado de la pieza	N	30	30	30
<b>P</b>	Colocación pieza en carrusel	O	10	10	10
<b>Q</b>	Control visual de la pieza	P	13	15	15
<b>R</b>	Colocación pieza en rack	Q	25	25	25
<b>S</b>	Transporte rack a zona de almacén	R	20	20	20
<b>T</b>	Colocación etiqueta para trazabilidad de las piezas	-	10	10	10
<b>U</b>	Deposición en almacén	T,S	25	25	25

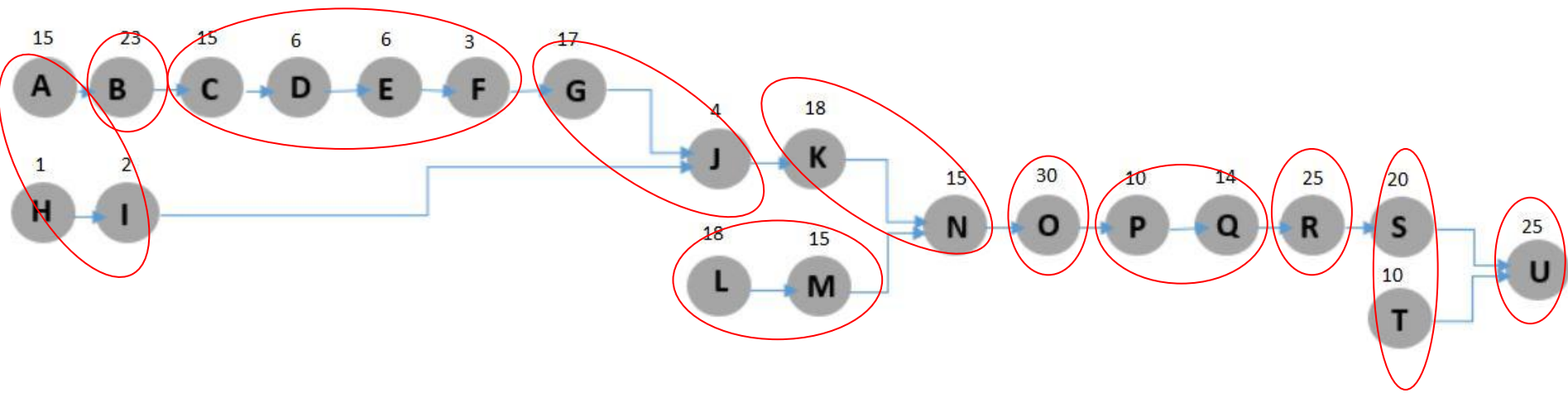
# Línea de productos mixtos

Tiempo ciclo requerido	33 segundos/ud
nº mínimo estaciones teórico	$[8,84]^+ \rightarrow 9$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	98,31%



Tiempo total= 292 segundos

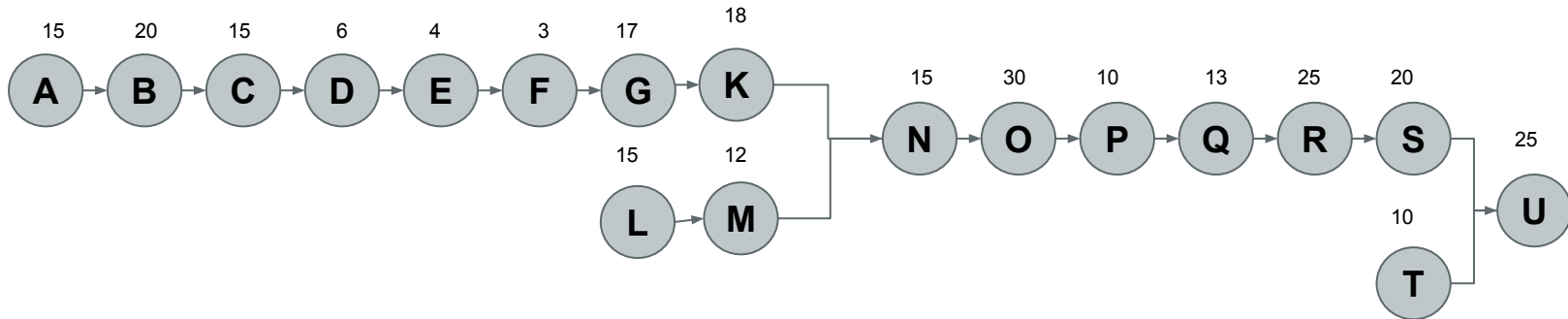




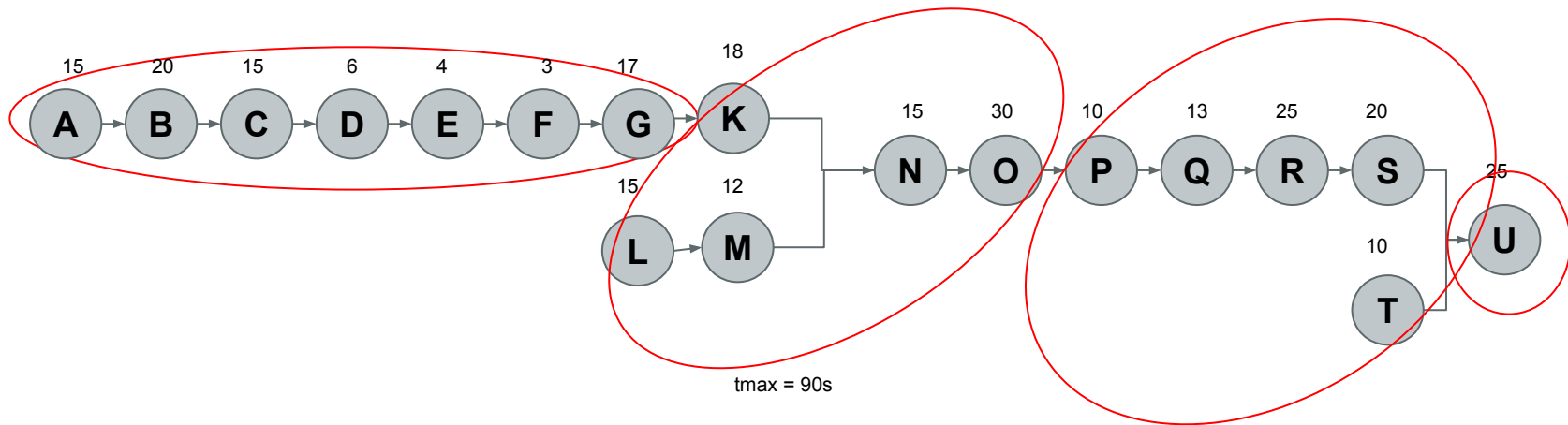
Tiempo ciclo requerido	33 segundos/ud
n° operarios	11 operarios
Tiempo improductivo	19,56%

# Línea de productos RFA

Tiempo ciclo requerido	90 segundos/ud
nº mínimo estaciones teórico	$[3,033]^+ \rightarrow 4$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	75,83%



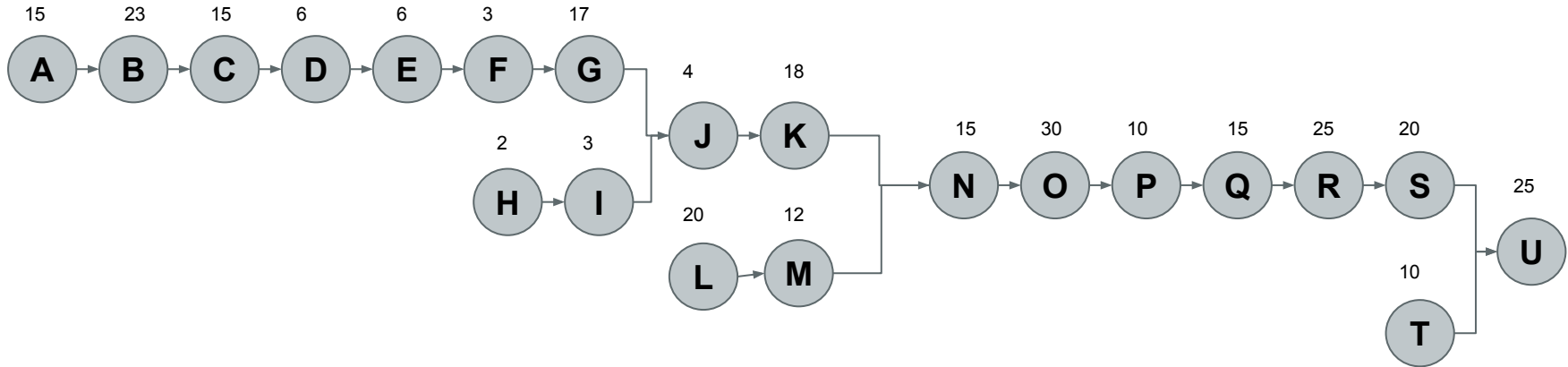
Tiempo total= 273 segundos



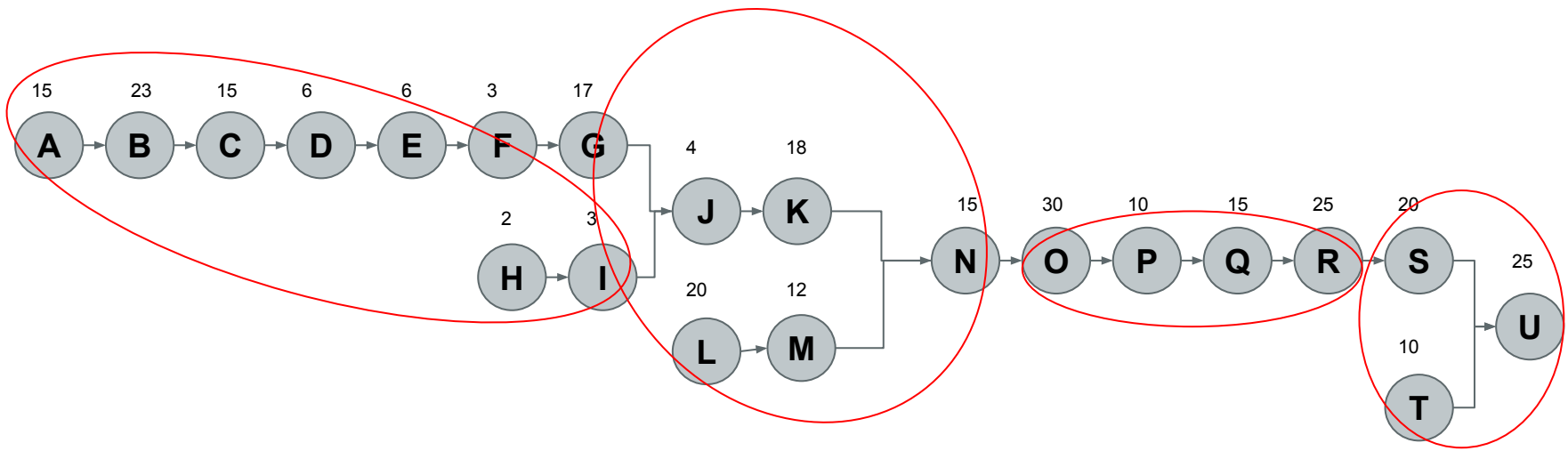
Tiempo ciclo requerido	90 segundos/ud
nº operarios	4 operarios
Tiempo improductivo	31,87%

# Línea de productos RFB

Tiempo ciclo requerido	88 segundos/ud
nº mínimo estaciones teórico	$[3,34]^+ \rightarrow 4$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	83,52%

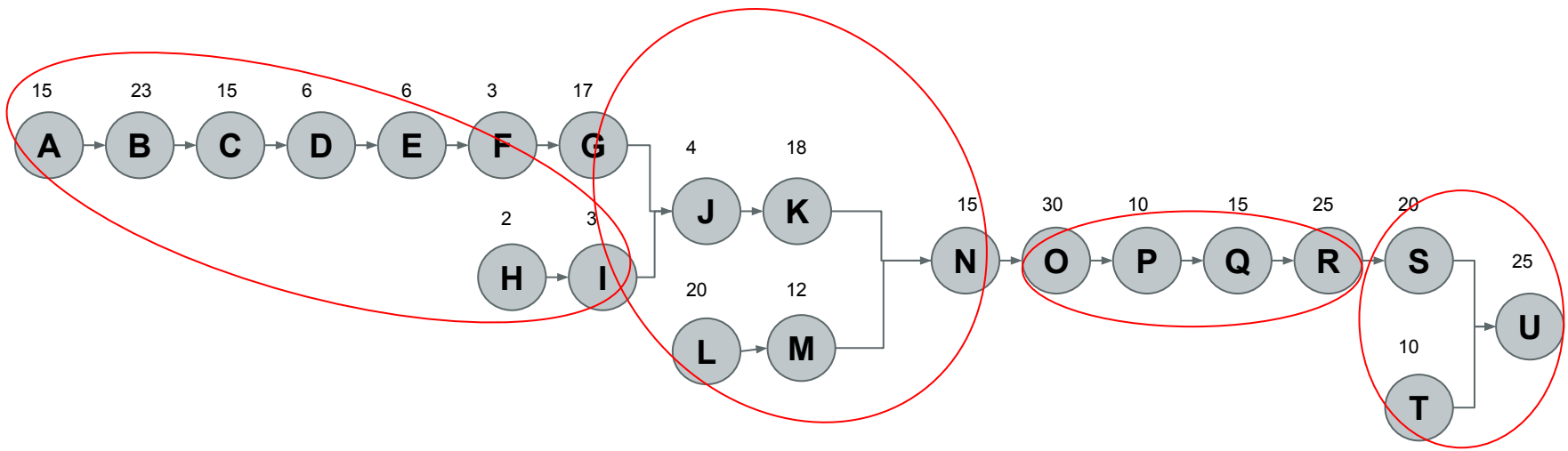


Tiempo total= 294 segundos



tmax = 86s

Tiempo ciclo requerido	88 segundos/ud
nº operarios	4 operarios
Tiempo improductivo	19,39%

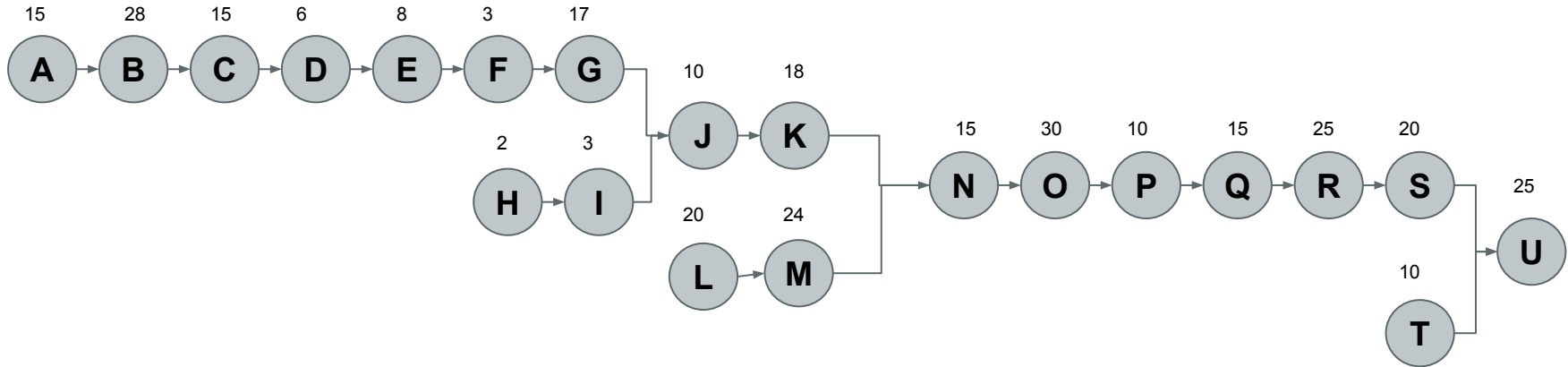


tmax = 86s

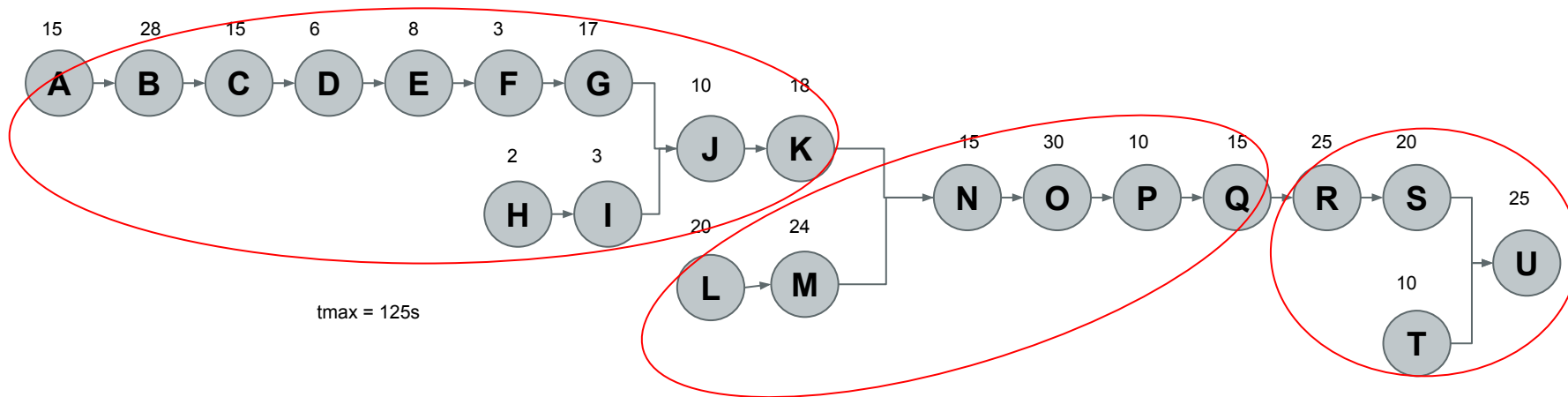
Tiempo ciclo requerido	86 segundos/ud
n° operarios	4 operarios
Tiempo improductivo	17%

# Línea de productos RFC

Tiempo ciclo requerido	127 segundos/ud
nº mínimo estaciones teórico	$[2,51]^+ \rightarrow 3$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	83,72%

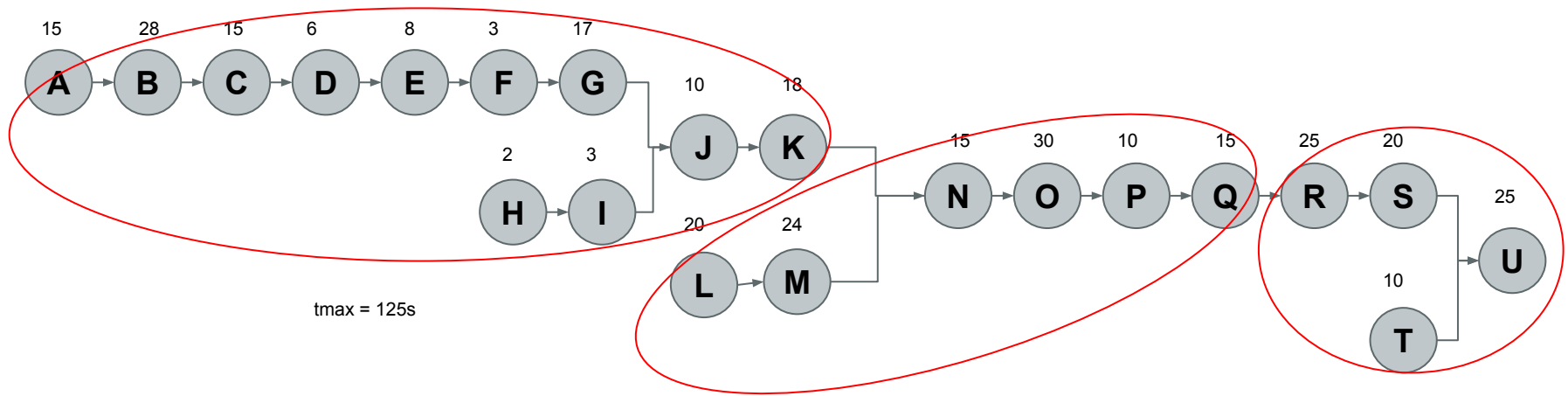


Tiempo total= 319 segundos



Tiempo ciclo requerido	127 segundos/ud
n° operarios	3 operarios
Tiempo improductivo	19,44%





Tiempo ciclo requerido	125 segundos/ud
n° operarios	3 operarios
Tiempo improductivo	17,55%

# Tabla resumen

	Mixto	Líneas separadas
Estaciones	11	11 (3RFA+4RFB+4RFC)
Eficiencia	80,44%	77,41%

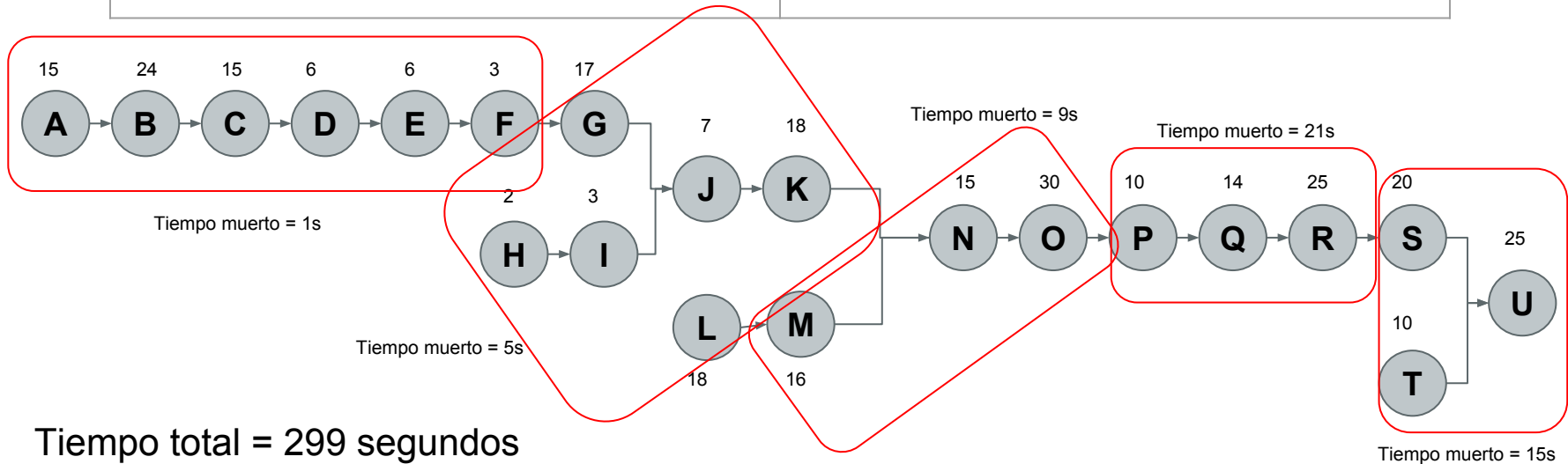
*A igual número de estaciones, consideramos que la mejor opción es la de hacer una línea de montaje para cada uno de los productos.*

<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PREC</b>	<b>Tiempo medio proceso (s)</b>	<b>Requerimiento estanterías (cm)</b>
<b>A</b>	Montaje bobina de acero en máquina cortadora	-	15	60
<b>B</b>	Corte de la chapa	A	24	80
<b>C</b>	Transporte chapa cortada a matriz de estampado	B	15	60
<b>D</b>	Montaje chapa debajo de la matriz	C	6	60
<b>E</b>	Estampado	D	6	100
<b>F</b>	Retiro de la matriz	E	3	60
<b>G</b>	Avance de la pieza estampada en cinta transportadora a zona de soldado	F	17	60
<b>H</b>	Agarrar tornillo	-	2	40
<b>I</b>	Posicionamiento del tornillo	H	3	40
<b>J</b>	Soldado	G,I	7	60

<b>K</b>	Transporte pieza a zona de baño	J	18	60
<b>L</b>	Espera para aumento T del baño	-	18	40
<b>M</b>	Agregado líquido anticorrosivo	L	16	40
<b>N</b>	Sumergido de la pieza en el baño	K,M	15	60
<b>O</b>	Secado de la pieza	N	30	80
<b>P</b>	Colocación pieza en carrusel	O	10	60
<b>Q</b>	Control visual de la pieza	P	14	60
<b>R</b>	Colocación pieza en rack	Q	25	40
<b>S</b>	Transporte rack a zona de almacén	R	20	60
<b>T</b>	Colocación etiqueta para trazabilidad de las piezas	-	10	60
<b>U</b>	Deposición en almacén	T,S	25	40

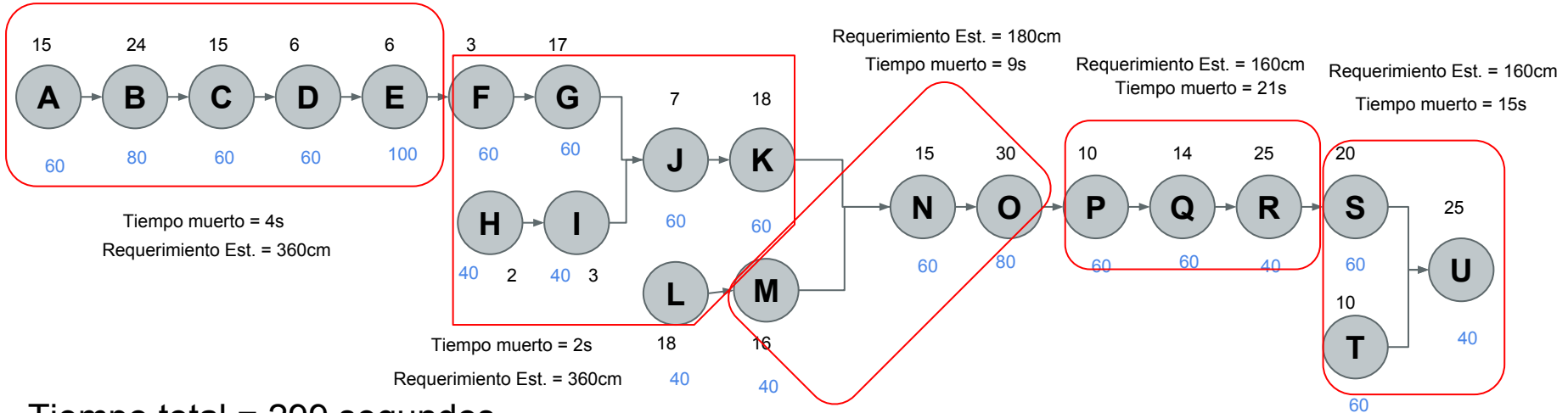
# Opción 1

Tiempo de ciclo	70 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[4,27]^+ \rightarrow 5$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	85,43%



# Opción 1 con Restricción desplazamiento

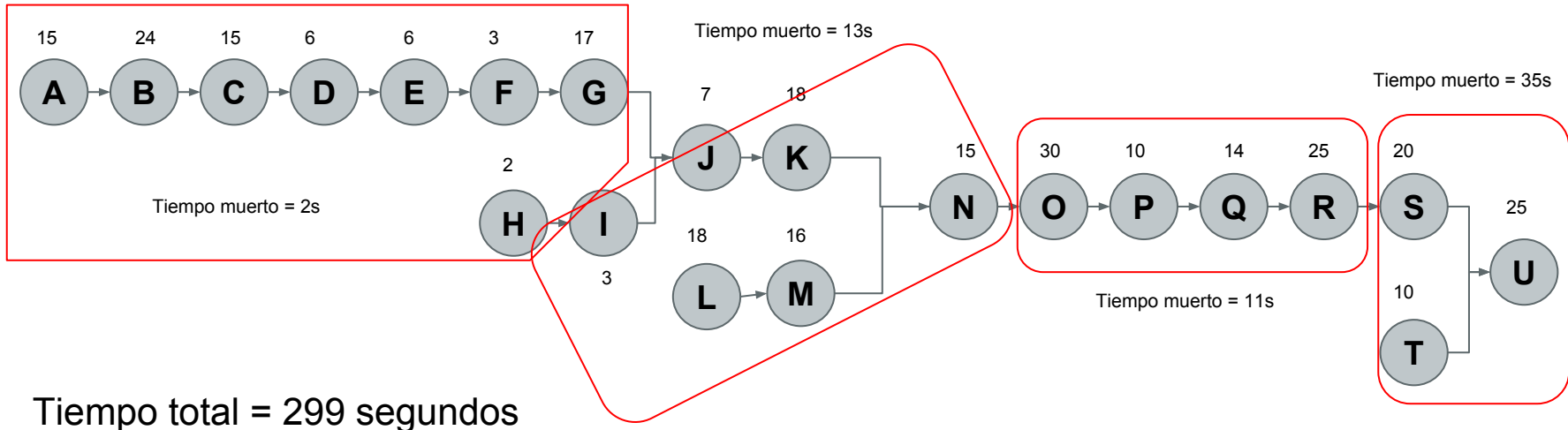
Tiempo de ciclo	70 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[4,27]^+ \rightarrow 5$ estaciones
Requerimiento estanterías	400 centímetros



Tiempo total = 299 segundos

# Opción 2

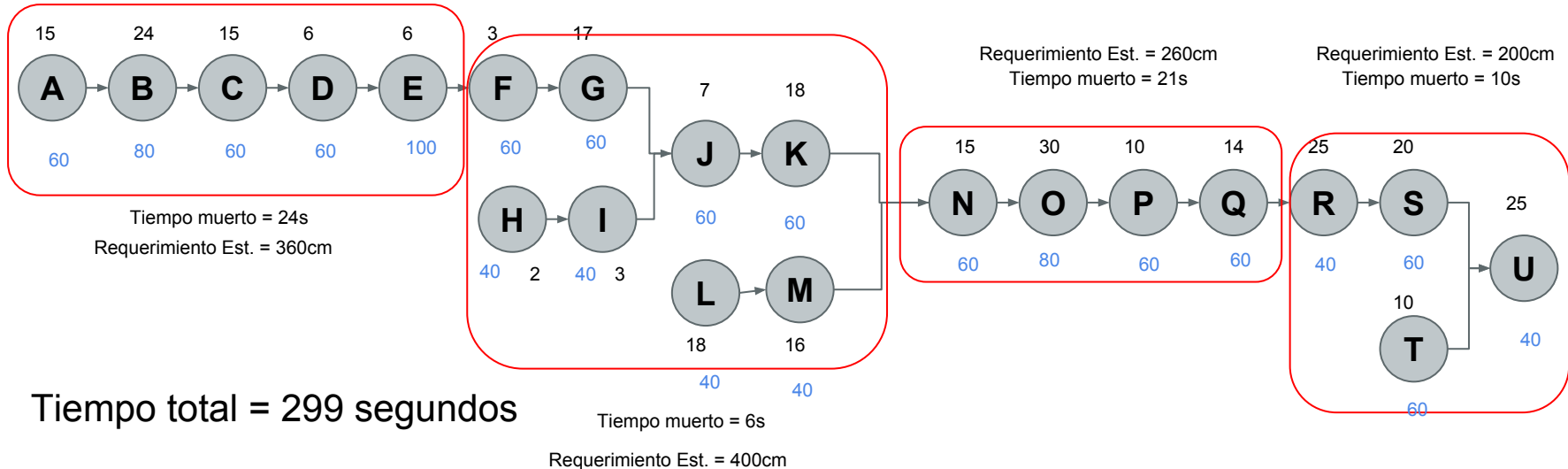
Tiempo de ciclo	90 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[3,32]^+ \rightarrow 4$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	83,06%



Tiempo total = 299 segundos

# Opción 2 con Restricción desplazamiento

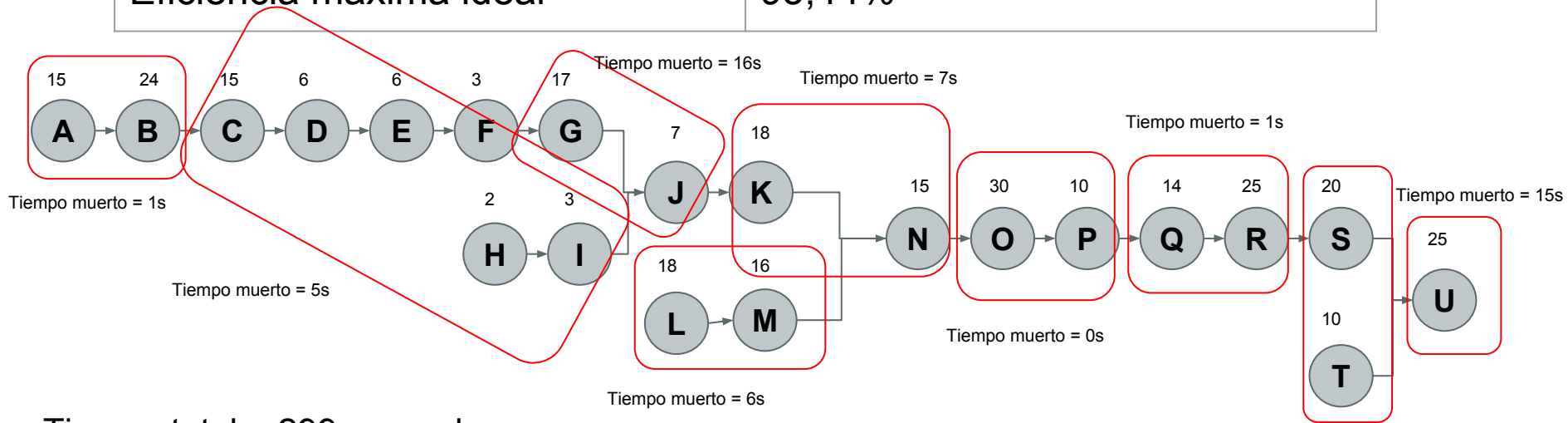
Tiempo de ciclo	90 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	3,32]+ → 4 estaciones
Requerimiento estanterías	400 centímetros





# Opción 3

Tiempo de ciclo	40 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[7,48]^+ \rightarrow 8$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	93,44%

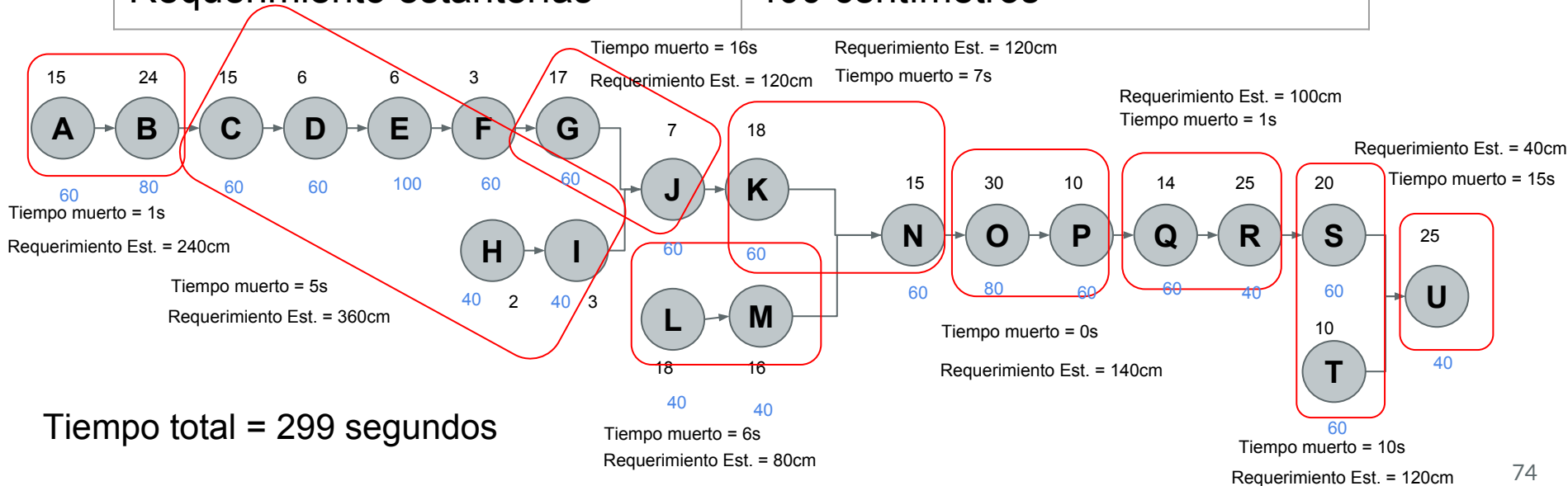


Tiempo total = 299 segundos

Tiempo muerto = 10s

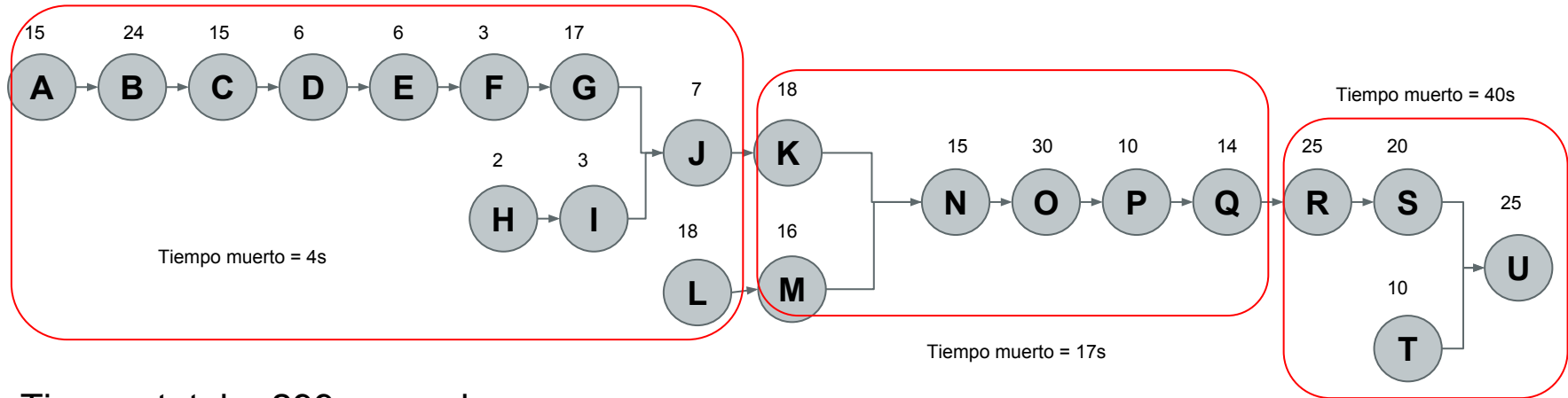
# Opción 3 con Restricción desplazamiento

Tiempo de ciclo	40 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[7,48]^+ \rightarrow 8$ estaciones
Requerimiento estanterías	400 centímetros



# Opción 4

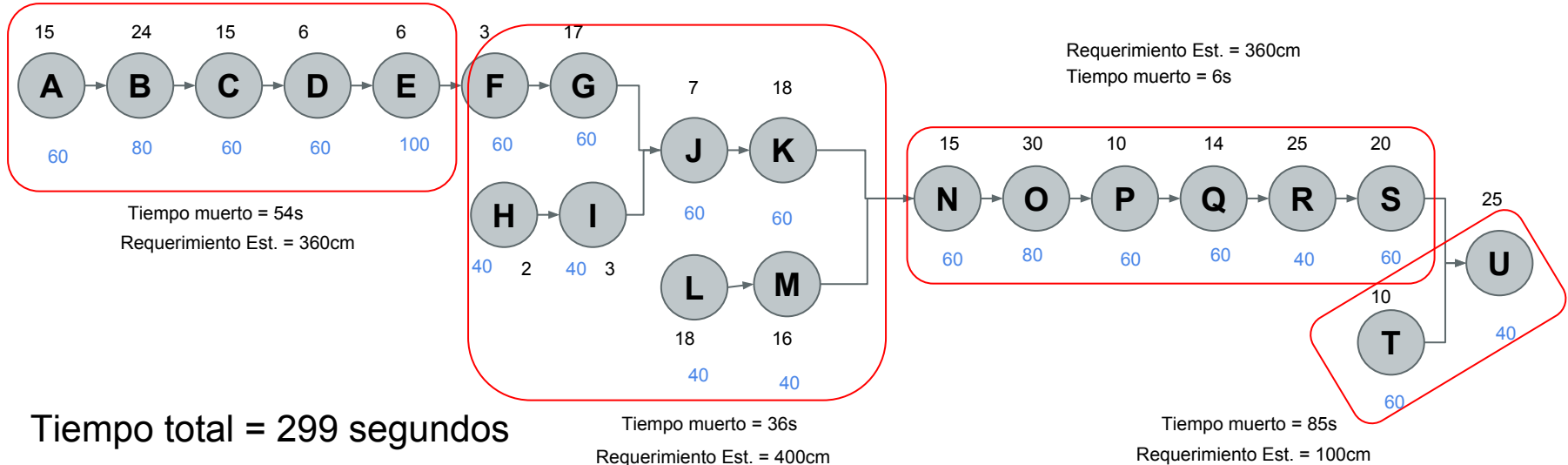
Tiempo de ciclo	120 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[2,49]^+ \rightarrow 3$ estaciones
Eficiencia máxima ideal	83,06%



Tiempo total = 299 segundos

# Opción 4 con Restricción desplazamiento

Tiempo de ciclo	120 segundos
Nº mínimo estaciones teórico	$[2,49]^+ \rightarrow 3$ estaciones
Requerimiento estanterías	400 centímetros



# Secuenciación

En una misma línea de ensamblado se procesan los productos RFA, RFB y RFC. El lote de trabajo es de 10 unidades. En función de la demanda, el plan de producción está definido por la fabricación de  $d_A$  unidades de tipo A,  $d_B$  unidades de tipo B y  $d_C$  unidades de tipo C.

$$I = \{A, B, C\}$$

$$T = 10$$

$$d_A \Rightarrow \lambda_A = \frac{d_A}{T}$$

$$d_B \Rightarrow \lambda_B = \frac{d_B}{T}$$

$$d_C \Rightarrow \lambda_C = \frac{d_C}{T}$$



# CASO Minoritario

$$\lambda_A = 0,35$$

$$\lambda_B = 0,40$$

$$\lambda_C = 0,25$$

t	Óptimo Tentativo			Parte entera			Fracción			Resto	Óptimo			Secuencia
	XA	XB	XC	$[\lambda_{At}]$	$[\lambda_{Bt}]$	$[\lambda_{Ct}]$	RA	RB	RC	R	X*A	X*B	X*C	S
1	0,35	0,40	0,25	0	0	0	0,35	0,40	0,25	1	0	1	0	2
2	0,70	0,80	0,50	0	0	0	0,70	0,80	0,50	2	1	1	0	1
3	1,05	1,20	0,75	1	1	0	0,05	0,20	0,75	1	1	1	1	3
4	1,40	1,60	1,00	1	1	1	0,40	0,60	0,00	1	1	2	1	2
5	1,75	2,00	1,25	1	2	1	0,75	0,00	0,25	1	2	2	1	1
6	2,10	2,40	1,50	2	2	1	0,10	0,40	0,50	1	2	2	2	3
7	2,45	2,80	1,75	2	2	1	0,45	0,80	0,75	2	2	3	2	2
8	2,80	3,20	2,000	2	3	2	0,80	0,20	0,00	1	3	3	2	1
9	3,15	3,60	2,25	3	3	2	0,15	0,60	0,25	1	3	4	2	2
10	3,50	4,00	2,50	3	4	2	0,50	0,00	0,50	1	4	4	2	1

# CASO Neutro

$$\lambda_A = 0,33$$

$$\lambda_B = 0,33$$

$$\lambda_C = 0,33$$

t	Óptimo Tentativo			Parte entera			Fracción			Resto	Óptimo			Secuencia
	X1	X2	X3	$[\lambda_A t]$	$[\lambda_B t]$	$[\lambda_C t]$	r	r	r	R	X*1	X*2	X*3	S
1	0,33	0,33	0,33	0	0	0	0,33	0,33	0,33	1	1	0	0	1
2	0,67	0,67	0,67	0	0	0	0,67	0,67	0,67	2	1	1	0	2
3	1,00	1,00	1,00	0	0	0	1,00	1,00	1,00	3	1	1	1	3
4	1,33	1,33	1,33	1	1	1	0,33	0,33	0,33	1	2	1	1	1
5	1,67	1,67	1,67	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2	2	2	1	2
6	2,00	2,00	2,00	1	1	1	1,00	1,00	1,00	3	2	2	2	3
7	2,33	2,33	2,33	2	2	2	0,33	0,33	0,33	1	3	2	2	1
8	2,67	2,67	2,67	2	2	2	0,67	0,67	0,67	2	3	3	2	2
9	3,00	3,00	3,00	2	2	2	1,00	1,00	1,00	3	3	3	3	3
10	3,33	3,33	3,33	3	3	3	0,33	0,33	0,33	1	4	3	3	1



# CASO Mayoritario

$$\lambda_A = 0,10$$

$$\lambda_B = 0,30$$

$$\lambda_C = 0,60$$

t	Óptimo Tentativo			Parte entera			Fracción			Resto	Óptimo			Secuencia
	X1	X2	X3	$[\lambda_{At}]$	$[\lambda_{Bt}]$	$[\lambda_{Ct}]$	r	r	r	R	X*1	X*2	X*3	S
1	0,10	0,30	0,60	0	0	0	0,10	0,30	0,60	1	0	0	1	3
2	0,20	0,60	1,20	0	0	1	0,20	0,60	0,20	1	0	1	1	2
3	0,30	0,90	1,80	0	0	1	0,30	0,90	0,80	2	0	1	2	3
4	0,40	1,20	2,40	0	1	2	0,40	0,20	0,40	1	0	1	3	3
5	0,50	1,50	3,00	0	1	3	0,50	0,50	0,00	1	0	2	3	2
6	0,60	1,80	3,60	0	1	3	0,60	0,80	0,60	2	0	2	4	3
7	0,70	2,10	4,20	0	2	4	0,70	0,10	0,20	1	1	2	4	1
8	0,80	2,40	4,80	0	2	4	0,80	0,40	0,80	2	1	2	5	3
9	0,90	2,70	5,40	0	2	5	0,90	0,70	0,40	2	1	2	6	3
10	1,00	3,00	6,00	1	3	6	0,00	0,00	0,00	0	1	3	6	2

MUCHAS GRACIAS

