



Cátedra Nissan

-PROTHIUS-

Prácticas Organización Industrial (OI-EQ)

Joaquín Bautista Valhondo, Ramón Companys Pascual y Albert Corominas Subias

D-12/2011
(Rec. OI-2000-BCC)

Departamento de Organización de Empresas

Universidad Politécnica de Cataluña

Publica:

Universitat Politècnica de Catalunya
www.upc.edu



Edita:

Cátedra Nissan
www.nissanchair.com
director@nissanchair.com

Práctica-1: DIMENSIONAMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTIVA

Una empresa desea construir una planta productora de un compuesto y se enfrenta al problema de determinar su capacidad. Si decide hoy, puede producir a partir del 1 de enero del próximo año (año-01, como referencia) adquiriendo la instalación llaves en mano. Los estudios de mercado reflejan una demanda potencial para el producto de:

año	01	02	03	04	05	06	07	08
Tm.	160	180	220	260	290	310	320	330

En cuanto a las características de las instalaciones posibles:

TIPO	CAPACIDAD Tm./año	INVERSIÓN Kum	COSTE FIJO DE PRODUCCIÓN Kum/año	COSTE VARIABLE DE PRODUCCIÓN Kum/Tm.
A	100	3000	500	8
B	150	4250	600	7,4
C	200	5500	700	6,8
D	250	6750	800	6,4
E	300	8000	900	6

Suponiendo un horizonte de 8 años y una tasa de interés del 10 % anual, así como un precio de venta del producto constante a los largo del horizonte de 20 Kum/Tm.

- Comparar la rentabilidad de la instalación de una unidad de C con la de una unidad D (calcular el VAN y el TIR). ¿Qué es mejor?
- id. de una de D con una de E.
- Suponiendo que es posible instalar nuevas unidades al lado de las existentes ¿es interesante instalar al inicio una unidad de C y ampliar posteriormente con una unidad de A? ¿Por qué? (las inversiones se consideran pagables al iniciar la producción, los costes de producción e ingresos están referidos al final del período)

Si sustituimos una instalación por otra de capacidad superior el suministrador nos hace un descuento en el precio de la nueva instalación, función de la edad de la instalación substituida y que es un porcentaje del precio de adquisición de ésta:

edad (años)	1	2	3	4	5	6
porcentaje	80	60	40	20	10	0

- La substitución se realiza de forma que no se interrumpe la fabricación. ¿Es interesante instalar al inicio una unidad de C y sustituirla posteriormente por una unidad de E? ¿Por qué?
- Plantee un modelo matemático para el problema propuesto.



Práctica-2 – DIMENSIONAMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTIVA: CASO ANESA

La empresa Química “Aires nets de l’Empordà”, ANESA, quiere ampliar sus instalaciones para poder fabricar y comercializar una mezcla de gases destinada al sector agroalimentario. Dicho sector ofrece un enorme potencial de crecimiento en el arco Mediterráneo para los próximos años.

El departamento de Marketing de la empresa ha realizado un estudio de mercado, estimando que la demanda de unidades para el año que viene será de 20.000 unidades del nuevo producto. Además se estima que durante los 9 años siguientes al lanzamiento de la mezcla, la tasa de crecimiento de las unidades comercializadas será del orden del 6% respecto a las ventas el año anterior.

Se considera un precio de venta fijo de 8 euros / unidad para todo el periodo de 10 años, teniendo en cuenta que la más que probable competencia en el sector impedirá plantear incrementos de precio sin causar a su vez pérdida de clientes (cosa que es del todo inaceptable).

La dirección de ANESA ha encargado al departamento de operaciones que proponga diversas alternativas para ampliar las instalaciones. Las propuestas planteadas por el director del departamento son las siguientes:

Opción	A	B	C
<u>Descripción:</u>	Sistema manual de envasado, intensivo en mano de obra y de capacidad limitada.	Sistema automatizado mediante un PLC.	Sistema automatizado mediante un DCS (Distributed control system)
<u>Capacidad:</u>	25.000 unidades / año	30.000 unidades /año	35.000 unidades / año
<u>Inversión:</u>	150.000 euros	200.000 euros	250.000 euros
<u>Amortización:</u>	10 años	10 años	10 años
<u>Costes fijos:</u>	12.000 euros / año	13.000 euros / año	15.000 euros / año
<u>Costes Variables:</u>	6 euros / unidad	5,50 euros / unidad	5,00 euros / unidad

Suponiendo que no se tiene en cuenta el efecto impositivo, y considerando una tasa de interés del 9% anual y un horizonte temporal de 10 años.

- (a) El director financiero indica que la propuesta más acertada es invertir en la opción B, pues es la que presenta el TIR más elevado. ¿Está de acuerdo con esta propuesta? Razone la respuesta.
- (b) ¿Cuál es el coste variable que debería tener la opción B, para ser considerada la mejor de las tres propuestas? Razone la respuesta.

- (c) Considerando los costes iniciales: ¿Cuál es el coste fijo que podría soportar la opción A para que fuera mejor que las otras dos? Razone la respuesta.
- (d) El departamento comercial considera que un precio de 8 euros es demasiado elevado para lo que están dispuestos a pagar los clientes , y quiere saber si puede rebajar los precios. El director financiero indica que al menos se ha de conseguir un TIR del 9%. Considerando los costes iniciales: Cual es el precio mínimo al que se puede ofertar en cada una de las tres opciones? ¿por qué cree que el Director Financiero impone esta condición? Razone la respuesta.
- (e) Considerando el precio inicial de 8 euros, si se tiene en cuenta que los beneficios obtenidos cada año están sometidos al impuesto de sociedades y por ello se debe descontar un 35% del ahorro anual: ¿Cuál sería entonces la mejor opción?



Práctica-3: STOCKS DETERMINISTAS (ESTEVE, ABEL Y BALTASAR)

PARTE-1

El bufet libre Buon Appetito, que permanece abierto todo el año, ofrece en su carta de vinos el tinto especial de la casa. El vino se compra a una prestigiosa bodega que siempre dispone de existencias, situada a 15 Km del bufet, al precio de 1200 um. la unidad. Cuando se detecta que hay pocas existencias, se envía un furgón cuyo coste es de 9000 um. por viaje y que permite una carga máxima de 2000 botellas. La demanda del tinto especial es muy regular, de manera que los clientes consumen del orden de 100 botellas al mes, independientemente de la estación del año. El señor Esteve Trias-Pals, propietario del bufet, ha estimado que el coste de oportunidad de su dinero es del 20% anual.

- (a) Inicialmente, el señor Esteve dispone de un almacén con capacidad suficiente para albergar 2400 botellas (240 cajas de 10 botellas cada una), y considera que lo mejor que puede hacer es aprovechar al máximo la capacidad del furgón, para ahorrar en costes de transporte ¿qué coste anual relevante supone esta decisión?
- (b) El señor Esteve, preocupado por el elevado valor del coste de almacenamiento, consulta con un conocido que le aconseja una reducción del nivel de stock, y se ofrece además para hacer los aprovisionamientos, utilizando su propio coche, al módico precio de 3000 um./viaje; el único inconveniente es que en su vehículo se pueden transportar 5 cajas (50 botellas) como máximo ¿qué coste anual supone esta nueva propuesta?
- (c) El señor Esteve sospecha que debe existir un tamaño de lote que minimice los costes de gestión de stock; por ello consulta a su sobrina Laura, una estudiante de Organización Industrial en la ETSEIB. Después de un simple cálculo, Laura indica a su tío que puede conseguir aún un ahorro mayor incluso si emplea el furgón para realizar los aprovisionamientos ¿es correcta esta afirmación?
- (d) Un transportista se ofrece al señor Esteve para realizar los reaprovisionamientos del tinto especial al precio de 6250 um./viaje; para ello dispone de una pequeña furgoneta cuya capacidad máxima es de 300 botellas ¿qué aconsejaría usted al dueño de Buon Appetito?
- (e) El señor Esteve acepta la propuesta del transportista y además consigue, mediante mejoras en el almacén, reducir la tasa de mantenimiento de botellas en un 10% anual ¿qué recomendaría con la nueva situación que se plantea?

PARTE-2

Dos mayoristas de telas, los señores Abel y Baltasar, poseen sendos almacenes situados muy cerca el uno del otro. La demanda de cierto artículo es idéntica para ambos y asciende a 100000 unidades/año; las ventas se pueden considerar homogéneas en el tiempo. También los costes de lanzamiento y de posesión del artículo son iguales para los dos comerciantes, y éstos se valoran en 20000 um./pedido y 1000 um./unidad-año, respectivamente. En estas condiciones deciden consultar a Laura, sobrina del señor Esteve, para que resuelva las siguientes cuestiones:

- (f) ¿Qué ahorro global pueden conseguir los mayoristas si deciden optimizar conjuntamente los costes de gestión, y qué reducción del nivel de stock puede suponer esta alianza?



- (g) Considerando el caso en el que N comerciantes gestionan independientemente un mismo artículo con idénticos costes de lanzamiento, C_L , y de posesión, C_S , e igual demanda anual, D ¿Qué ahorro supone a cada uno de ellos el hecho de realizar una gestión conjunta de sus stocks, y en cuánto se reducirá el nivel medio de inventario globalmente?
- (h) ¿Qué contestación debe darse a las preguntas del apartado g para el caso de tres comerciantes, con unas demandas anuales iguales a D , para el primero, $4D$ para el segundo y $9D$, para el tercero?



Práctica-4: STOCKS DETERMINISTAS (CASO RIBERA-1)

Un fabricante de motocicletas, el señor Jordi Ribera, utiliza grandes cantidades de un componente, que compra a un proveedor fiel a los plazos de entrega establecidos, en su línea de montaje. Su deseo es adquirir siempre un lote de aprovisionamiento de tamaño fijo y considera que la falta de este material es fatal para la buena marcha de su factoría. El fabricante tiene unas necesidades anuales del componente que ascienden a las 100000 unidades; esta demanda se distribuye uniformemente a lo largo del año. Cada vez que lanza un pedido tiene un coste fijo de 8000 um., y ha estimado que la tasa de coste de mantenimiento de inventario es del orden del 40%. El proveedor ofrece a nuestro fabricante un plan de descuentos uniformes como el que sigue:

	Cantidad a comprar (unidades)	Precio unitario (um./unidad)
tramo-1:	de 0 hasta 9999	10000
tramo-2:	de 10000 hasta 24999	9750
tramo-3:	de 25000 hasta 49999	9500
tramo-4:	50000 o más	9250

- (a) ¿Cuál es el tamaño del lote más adecuado y cuántos reaprovisionamientos realizará a lo largo del año?
- (b) ¿Cuál es el tamaño del lote más apropiado si el fabricante de motocicletas logra reducir su tasa de coste de mantenimiento de inventario al 20%?
- (c) ¿Qué ocurriría si la demanda anual de componentes fuera de 200000 unidades?

El señor Ribera dispone de un taller de prensa con capacidad para procesar anualmente, a ritmo constante y sin interrupción 50000 piezas de las cuales se solicitan en la línea de manera homogénea a lo largo del tiempo 40000 unidades al año. Cada vez que se lanza una serie se requiere un día de preparación de las máquinas y se incurre en otros gastos que en conjunto se han valorado en 20000 um. por cada lanzamiento. La obtención de una pieza cuesta 2500 um., y el coste de posesión de inventario se contabiliza, en este caso, al 20% anual.

- (d) ¿Qué tamaño tendrá el lote de fabricación, cuánto tiempo tardará en obtenerse uno de estos lotes, y cuántos lanzamientos se realizarán en un año (considere 365 días)?
- (e) Considerando la posibilidad de producción y de consumo simultáneos y homogéneos en el tiempo, determinar la expresión del coste anual relevante óptimo, K^* , en función de los parámetros: C_L , C_S , D y P . Aplicar la fórmula con los datos disponibles.
- (f) ¿Qué solución propondría en caso de que el 10% de las piezas que produce el taller de prensas fueran defectuosas?

Práctica-5: STOCKS DETERMINISTAS (CASO RIBERA-2)

El señor Ribera ha adquirido un pequeño taller que fabrica regularmente dos piezas de estampación, P1 y P2, cuyas demandas son homogéneas en el tiempo y ascienden a 20000 y 40000 unidades al año, respectivamente. Para elaborarlas, el taller dispone de una máquina con capacidad para fabricar indistintamente 100000 piezas tipo P1 o bien 200000 piezas tipo P2 al año; la máquina debe repartir su tiempo disponible entre ambas piezas, ya que sólo puede tratar un tipo de pieza a la vez. Cada vez que se lanza un lote se requiere un tiempo de preparación de la máquina dependiente del tipo de pieza: 1 día para P1 y medio día para P2; además se incurre en un coste fijo de 12500 um. con independencia del tipo de pieza, pues las preparaciones de la máquina para P1 y P2 se realizan con uno y dos operarios, respectivamente. Se desea que el número de lanzamientos sea idéntico para ambos tipos de pieza. La obtención de una pieza P1 cuesta 2500 um., mientras que una P2 cuesta 1250 um. El coste de posesión de inventario se contabiliza al 25% anual.

- (a) ¿Cuál debe ser el número de lanzamientos anual que minimiza los costes de gestión, y cuántos días al año quedará desocupada la máquina para realizar otras tareas?
- (b) El jefe de producción del taller pretende reducir los stocks, además de alcanzar la plena utilización de sus recursos. La idea que se le ocurre es realizar el máximo número de lanzamientos al año, pues así conseguirá a la vez unos lotes de menor tamaño y que la máquina esté ocupada todo el tiempo ¿qué coste adicional o ahorro supondría llevar a la práctica esta sugerencia?
- (c) Un cliente solicita al taller del señor Ribera la estampación de una nueva pieza, P3, que será entregada semanalmente en lotes de 7000 unidades. Se estima que la máquina podrá elaborar 2500 piezas diarias, si sólo se dedicara a esta pieza que tiene un coste variable de adquisición de 2000 um. la unidad. Cada lanzamiento supone un coste fijo de 12500 um. y un tiempo de preparación de medio día. En estas condiciones ¿qué tipo de gestión propondría, si se desea satisfacer la demanda de las tres piezas?

En los últimos tiempos, el señor Ribera está interesado en el floreciente, si no consolidado, negocio de la informática, y por ello ha adquirido una pequeña empresa de compraventa de material informático que importa ordenadores a un constructor de Taiwan al precio de 160000 um. la unidad, en el que se incluyen los costes de envío, seguro, de importación y otros gastos. Cada vez que hace un pedido, tiene un coste adicional de 375000 um. con independencia del número de ordenadores solicitados, y debe lanzar la orden un mes antes del instante en que desea disponer del material. La empresa vende los ordenadores a tiendas especializadas en informática al precio de 200000 um. la unidad; este precio es lo suficientemente competitivo como para que los clientes esperen cuando una entrega se retrasa sin que acudan a la competencia; no obstante, la empresa ha establecido un contrato con sus clientes de modo que hará un descuento del 5% sobre el precio convenido por cada mes que se retrase en las entregas; este descuento es proporcional a la magnitud del retraso. La empresa dispone de un almacén con capacidad para albergar la demanda de todo un año, que asciende a 10000 aparatos y se distribuye homogéneamente en el tiempo; el coste de posesión de stock se contabiliza, en este caso, al 25% anual sobre la inversión en inventario.



- (d) ¿Cuál es el mayor margen, en promedio, que puede obtener la empresa por cada ordenador y qué debe hacer para conseguirlo?
- (e) Suponga que a la empresa le parece excesivo lanzar 20 pedidos al año y decide hacer uno cada trimestre ¿qué coste adicional supondría esta decisión, si se desea además satisfacer la demanda a tiempo?
- (f) ¿Cuál debería ser el precio mínimo de venta si la empresa desea obtener un margen de 50000 um., en promedio, por cada ordenador?
- (g) ¿Qué aconsejaría a la empresa si, después de unas negociaciones con los clientes, tiene que conceder un descuento del 10% sobre el precio convenido por cada mes de retraso en las entregas?



Práctica-6: STOCKS DETERMINISTAS (MULTIPRODUCTO)

PARTE-1:

Se debe estudiar la gestión del stock de 4 productos, cuyas características son las siguientes:

ART. j	DEM.ANUAL un/año	COST.FIJO ADQ. um/pedido	COST.VARIABLE um/un	TASA POS. % anual	OCUP. un/m2
a	100.000	2.000	32.000	20	8
b	300.000	2.000	16.000	20	15
c	800.000	2.000	5.000	20	20
d	200.000	2.000	10.000	20	10

Puesto que los materiales se disponen en el almacén en muebles apilados, la "ocupación" indica el número de unidades de cada artículo que pueden almacenarse en un metro cuadrado. La política de almacenaje es tal que se destina una zona para cada artículo que se dimensiona de acuerdo al máximo del mismo que puede encontrarse en el almacén. Disponemos únicamente de 150 m2 de almacén para estos artículos.

- Determinar los lotes de aprovisionamiento y la frecuencia del mismo para cada artículo.
- Una empresa vecina está dispuesta a alquilarnos tantos metros cuadrados para almacenamiento como deseemos (hasta un máximo de 100 m2) al precio de 5.000 um al año. ¿Cómo altera este hecho la respuesta anterior?

PARTE-2:

Una misma máquina debe elaborar cuatro piezas de las siguientes características:

ART. j	CONSUMO un/h	PROD. un/h	COST.LANZ. um/lote	COST.UNIT. um/un	TAS.POS. % anual	TIEMP.PREP. horas
a	25	125	3.600	96	20	12
b	75	375	2.400	32	20	8
c	200	1.000	7.200	12	20	24
d	50	250	4.800	48	20	16

Teniendo en cuenta que tanto para el consumo como producción se consideran años de 250 días laborables de 2 turnos de 8 horas cada uno, determinar un ciclo único de fabricación y analizar la posibilidad de fabricar dentro del ciclo varios lotes de una pieza.



Práctica-7: DETERMINACIÓN DEL CAMINO CRÍTICO

La empresa JOCTRONIX está estudiando la posibilidad de lanzar al mercado un nuevo juego, ELECTROSON, un juego didáctico, cuya base es un circuito electrónico capaz de realizar las siguientes funciones: reloj (FR), generador de sonidos (FGS) y contador (FC). El laboratorio de ensayos será el encargado de realizar el montaje de los primeros prototipos, por lo que está interesado en conocer el tiempo que se requiere para montar una unidad de este producto y en establecer un calendario de realización de actividades. La elaboración de una unidad, en esta fase del proyecto, se ha descompuesto en 17 actividades, cuyos datos (número, código, denominación, duraciones en minutos y precedentes inmediatas) son los que figuran en la tabla adjunta; las duraciones se han establecido asignando a cada tarea un equipo de trabajo compuesto por dos operarios.

PROYECTO: ELECTROSON				
N.	Act.	Denominación	Dur.	Prec.
1	A	Revelar Circuito Impreso	30	-
2	B	Perforar Circuito Impreso	50	A
3	C	Soldar soportes de los circuitos integrados	50	B
4	D	Test de componentes de la base de tiempos (FR)	20	-
5	E	Realizar el sistema de sujeción	20	-
6	F	Soldar componentes de la base de tiempos (FR)	20	C, D, E
7	G	Controles (visual, ohmetro, osciloscopio)	50	F
8	H	Test componentes generador frecuencias (FGS)	20	F
9	I	Preparar y soldar hilos alimentación	20	F
10	J	Soldar componentes generador de frecuencias	50	G, H, I
11	K	Control del generador de sonidos	50	J
12	L	Test de diodos (FC)	20	J
13	M	Soldar diodos (FC)	20	K, L
14	N	Ensayos	20	M
15	O	Regulación de la melodía	60	N
16	P	Construir caja de PVC a partir de placa estándar	180	-
17	Q	Ensamblar circuito y caja	40	O, P

- Realice una representación gráfica de la ejecución del proyecto.
- Establezca un calendario de realización del proyecto indicando las fechas mínimas y máximas de inicio de cada actividad y la duración mínima de aquél.
- Cuántos operarios deben trabajar a la vez como mínimo para realizar las tareas G, H e I si la actividad J debe comenzar 200 minutos después del inicio del proyecto.
- Cuál será la duración mínima del proyecto si la actividad P no se puede ejecutar simultáneamente ni con la tarea D ni con la J.
- Cómo se ve afectada la duración del proyecto si sólo se dispone de dos equipos de operarios para realizar todas tareas?



Práctica-8: PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS (Talleres Rosca)

TALLERES ROSCA está analizando la realización de un proyecto de remodelación de una de sus líneas productivas y lo ha descompuesto en las 17 actividades que figuran en la tabla-1.

Las actividades d y e por una parte y f y g por otra se realizan en la misma zona física y pueden solaparse en parte: una condición necesaria es la de que en todo momento la precedente (d o f) lleve un día de adelanto, por lo menos, a la siguiente (e o g).

- Determinar, prescindiendo de los recursos, la duración mínima del proyecto, el margen total de las actividades y los instantes mínimos de inicio de todas las actividades.
- Teniendo en cuenta que las actividades utilizan tres tipos de recurso: A, B y C (en las cantidades indicadas entre paréntesis en la tabla-1), determine el mínimo número de recursos de cada tipo que se requiere para la ejecución del proyecto con mínima duración y en los casos: (1) las actividades arrancan en su fecha mínima de inicio y (2) las actividades arrancan en su fecha máxima de inicio.
- Teniendo en cuenta unas disponibilidades 5, 1 y 1 unidades diarias para los recursos A, B y C, respectivamente, determine las sobrecargas (si es el caso) en cada uno de estos recursos considerando los casos (1) y (2) de inicio de las actividades expuestos en el apartado (b).
- Las 13 primeras actividades de la tabla emplean el recurso A, consistente en mano de obra, en la cantidad indicada entre paréntesis. Se dispone ahora de 7 unidades de A únicamente. Considerando esta limitación (exclusivamente) establezca la programación del proyecto (fecha de inicio de cada actividad) buscando la duración mínima del mismo. ¿Cuál es dicha duración mínima?

Las actividades s y t utilizan un recurso B y las u y v otro recurso C consistentes ambos en maquinaria de la que sólo se dispone de un ejemplar (una unidad de B y una unidad de C).

- Programar, con estas nuevas limitaciones, el proyecto. ¿Se altera la duración mínima del mismo respecto a la determinada en el apartado (b)?

ACT.	DURACIÓN días	PREC. INMEDIATA	RECURSOS	ACT.	DURACIÓN días	PREC. INMEDIATA	RECURSOS
a	5	-	A (4)	i	5	h	A (1)
b	4	-	A (2)	j	5	f,g	A (3)
c	3	-	A (1)	k	8	u,v	A (3)
d	6	a,b	A (4)	l	2	j	A (2)
e	7	d (sol. 1)	A (3)	m	4	i,j,k	A (3)
f	5	d,e	A (2)	s	2	b,c	B (1)
g	4	f (sol. 1)	A (1)	t	6	c	B (1)
h	4	b	A (2)	u	5	s	C (1)
v	3	t	C (1)				

Tabla-1



Práctica-9: PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS (Caso DSH)

A un taller de la Empresa DSH S.A. (Desarrollo de soft y hard, SA), dedicado al diseño y fabricación de componentes electrónicos, le ha sido encargado la realización de cuatro proyectos (P1, P2, P3 y P4), los cuales pueden desarrollarse simultáneamente.

Todos los proyectos presentan el mismo esquema de actividades: (A) Desarrollo de Soft, (B) Desarrollo de Hard, (C) Acoplamiento soft-hard y (D) Pruebas y ensayos de funcionamiento. Las relaciones de precedencias entre actividades son: A y B preceden a C; y C precede de D.

EL taller dispone de cuatro equipos: Ea, Eb, Ec y Ed, compuestos por 4 técnicos cada uno que están especializados en el desarrollo de las actividades tipo A, B, C y D, respectivamente.

Cada equipo tiene un jefe especialista según el tipo de actividad A, B, C y D. La documentación final de cada proyecto, se compone de cuatro informes: un informe final para cada tipo de actividad A, B, C y D desarrollada. Los informes finales de cada actividad desarrollada de cada proyecto los debe elaborar el jefe correspondiente. Cada jefe tarda dos días en elaborar un informe por tarea y proyecto.

Se ha previsto que los proyectos P1, P2, P3 y P4 se inicien en los días 4, 6, 8 y 10, respectivamente. Y se da por finalizado un proyecto cuando se han elaborado todos sus informes. Las duraciones estimadas para cada actividad y proyecto asignando 2 técnicos de cada equipo a cada tarea, son los que figuran en la tabla-1.

Actividad	Proyecto-1	Proyecto-2	Proyecto-3	Proyecto-4
A	16	10	6	12
B	8	10	4	10
C	6	6	8	14
D	6	4	4	6

TABLA-1. Tiempos por actividad y proyecto
(estimados con 2 técnicos por equipo)

En tales condiciones:

- Establezca un calendario compatible para el desarrollo paralelo de los cuatro proyectos.
- Indique las fechas de finalización de cada proyecto.

Suponiendo que asigna los cuatro técnicos a cada actividad con la correspondiente reducción de tiempos.

- Establezca un calendario compatible para el desarrollo paralelo de los cuatro proyectos. Indique la fecha de finalización del conjunto de proyectos.
- Analice ambas alternativas de asignación de técnicos y comente sus ventajas e inconvenientes.



Práctica-10: PREVISIÓN DE LA DEMANDA

PARTE-1

Las ventas de dos productos (P1 y P2) durante los últimos 10 años han sido:

AÑO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
P1	87	104	114	129	134	140	146	165	179	188
P2	76	65	99	103	104	138	149	157	176	202

Realizar una proyección para los próximos 3 años, teniendo en cuenta, si tiene sentido la posible saturación del mercado.

PARTE-2

Se dispone de los datos de venta de un producto durante los 4 últimos años:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A1	68	95	110	118	157	176	182	154	120	85	63	60
A2	76	75	100	136	143	148	122	102	76	56	38	32
A3	44	75	91	100	115	108	113	104	70	56	36	15
A4	26	48	80	108	127	134	126	105	79	41	6	4

Analice la posible estacionalidad en los datos y determínela, si considera que es el caso.

Práctica-11: CASO SOLREG-1 (PREVISIÓN DE LA DEMANDA)

El departamento comercial de la empresa SÓLIDOS REGULARES S.A. dispone de los datos históricos correspondientes a las ventas efectuadas durante los 40 últimos meses (ver tabla-1).

Item	Mes	Tetraedro	Hexaedro	Octaedro	Dodecaedro	Icosaedro
1	9	3034	1872	966	1111	748
2	10	3073	1267	3134	1506	1051
3	11	3015	1214	4070	1528	1178
4	12	2996	1880	4539	1548	1172
5	1	3050	2485	3625	1509	1013
6	2	2969	3171	1651	1836	560
7	3	2939	3107	931	1553	271
8	4	2946	3790	400	1139	160
9	5	2980	3733	467	1587	121
10	6	3026	3156	488	1558	131
11	7	2975	2503	563	1533	146
12	8	3060	1868	828	1971	395
13	9	2972	1925	913	1229	680
14	10	2996	1210	3062	1593	937
15	11	2974	1273	3987	1570	1035
16	12	2936	1885	4448	1545	1043
17	1	3026	2535	3599	1585	913
18	2	2979	3117	1812	1958	519
19	3	2983	3120	853	1563	264
20	4	3075	3772	384	1215	113
21	5	2993	3783	507	1582	128
22	6	2975	3145	401	1583	132
23	7	3057	2506	534	1564	112
24	8	2976	1810	911	2021	366
25	9	2922	1909	873	1228	604
26	10	2982	1234	3003	1663	816
27	11	2943	1289	3980	1595	933
28	12	3040	1896	4375	1648	916
29	1	2965	2541	3527	1668	805
30	2	3001	3169	1686	2061	440
31	3	2942	3139	911	1656	260
32	4	2917	3786	381	1222	108
33	5	3069	3839	260	1658	98
34	6	3084	3189	451	1690	117
35	7	3001	2541	459	1625	101
36	8	3006	1909	950	2151	318
37	9	3087	1951	908	1284	521
38	10	2980	1289	3021	1663	718
39	11	2975	1311	3927	1674	824
40	12	2956	1913	4434	1708	801

Tabla-1: Últimas ventas en SOLREG S.A.

Con ellos, desea aplicar un modelo de previsión de la demanda (para cada producto) con el fin de obtener una proyección de las ventas mensuales del año próximo.

Los productos considerados son: SR04 (Tetraedro), SR06 (Hexaedro), SR08 (Octaedro), SR12 (Dodecaedro) y SR20 (Icosaedro). Además de determinar la tendencia de las demandas se desea conocer si existe o no estacionalidad y su tipo; por ello se propone:

- (a) Determinar el modelo que más se ajusta a cada una de las series temporales.
- (b) Indicar los parámetros de cada modelo.
- (c) Realizar la proyección de los próximos 12 meses para cada artículo.
- (d) Realizar un estudio de los errores de la proyección.



Práctica-12: PLANIFICACIÓN (Modelos)

Una empresa está preparando su plan de producción para el próximo año, para el que dispone de los siguientes datos:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
días laborables	21	20	21	21	22	21	22	5	22	23	22	20
demanda (tm)	320	340	350	370	380	400	380	200	300	250	250	300

La empresa trabaja a dos turnos de 8 horas cada uno. Puede, si es necesario, realizar horas extraordinarias hasta un máximo de 4 en los días laborables. La productividad es de 1 tm por hora de trabajo.

El stock previsto para finales de diciembre del presente año es de 30 tm. La demanda indicada el resultado de una previsión y se estima una posible desviación en más o en menos de un 10 %; la empresa desea que su plan de producción sea tal que si la demanda real coincide exactamente con la prevista quede a final de cada mes un stock cuya cuantía sea el 10 % de la demanda prevista para dicho mes. Se supone que se puede servir para atender la demanda de un mes la producción realizada durante el mismo.

Las horas extraordinarias suponen un sobre coste de 5000 um/hora, mientras que el coste de almacenar una tm que quede en stock a final de un mes se considera de 3000 um/tm-mes.

a) ¿Cuál es el plan de producción que atiende los requerimientos indicados a mínimo coste?

La empresa estudia la adquisición de algunos elementos adicionales para su sistema productivo, cuyo coste es de $15 \cdot 10^6$ um y que darán como resultado el incremento del 20 % en la productividad y una reducción del coste directo de la tm de un 3 por mil, que en este caso significa una reducción de 1000 um/tm.

b) ¿Es conveniente realizar esta inversión considerando un plazo de amortización de 5 años y una tasa de interés del 20 % anual?



Práctica-13: PLANIFICACIÓN INTUITIVA

Se debe determinar el plan maestro de producción en una empresa en la que se han podido agrupar todos los productos en una sola familia (consecuencia del empleo de un recurso crítico). El plan debe contemplar un horizonte de 12 meses y se debe elaborar a partir de las previsiones de la demanda, teniendo en cuenta además los días laborables de cada mes. Estos datos son:

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días	21	18	20	19	21	20	18	5	19	20	20	19
Dem	99	198	201	307	313	637	535	549	335	338	113	115

Con objeto de hacer diferentes propuestas de planes tentativos y posteriormente proceder a su evaluación se presentan los siguientes datos adicionales:

Tasa de producción en horas normales	18 unidades/día
Tasa de producción en horas extraordinarias	9 unidades/día
Coste de producción en horas normales	100 um/unidad
Coste de producción en horas extraordinarias	150 um/unidad
Stock de seguridad	15% de la demanda mensual
Stock inicial	50 unidades
Coste de exceso de stock	15 um/unidad-mes
Coste de defecto de stock	200 um/unidad-mes

Práctica-14: CASO SAM

SAM S.A. fabrica componentes de motocicleta de la gama media (250 cc.). Vende a partir de stock, disponiendo de un gran número de distribuidores, en el mercado americano. A finales de año, los responsables de producción pretenden determinar un plan maestro de producción que respete la capacidad de la empresa, y tenga en cuenta el impacto de dicho plan en la estructura financiera.

Los datos disponibles para la elaboración del plan son los que se muestran en la tablas 1 y 2.

VENTAS PREVISTAS (intervalo de incertidumbre +/- 20 %):											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7000	9000	10000	16000	18000	17000	8000	8000	7000	6000	5000	5000
PRECIO DE VENTA				20.000 um/unidad							
COSTE POR OPERARIO				80.000 um//mes							
PRODUCTIVIDAD				50 unidades/operario-mes							
COSTE FORMACIÓN				50.000 um/operario							
COSTE FIN CONTRATO				50.000 um/operario							
COSTE MATERIALES				15.000 um/unidad							
COSTES INDIRECTOS				10 % sobre ventas en um.							
COSTES HORAS EXTRAS				50 % más que las horas normales							
PLANTILLA INICIAL				150 operarios							
STOCK INICIAL				500 unidades							
HORAS/SEMANA				40 horas							
SEMANAS/MES				4 semanas							

Tabla-1: Datos productivos de SAM

PLAZO MEDIO DE COBRO	90 días		
COBROS PENDIENTES	ENERO	FEBRERO	MARZO
	110.000	90.000	90.000 Kum.
PLAZO MEDIO DE PAGO	60 días		
PAGOS PENDIENTES	ENERO	FEBRERO	
	120.000	170.000	Kum
FONDO DE MANIOBRA INICIAL	0 (debido a pérdidas anteriores)		
CAJA MINIMA DESEADA	2.000 Kum		
CAJA INICIAL	0 Kum		
COSTE MEDIO CREDITOS	12 % anual		

Tabla-2: Datos financieros de SAM



Práctica-15: PLANIFICACIÓN (Caso Carcasas-1)

Una empresa fabrica carcasas de dos tipos: nylon y fibra de vidrio. Durante los próximos cuatro meses se ha comprometido a suministrar sus productos de la forma siguiente:

Fecha de entrega	TIPO DE CARCASA	
	Nylon	Fibra de vidrio
30 de Junio	4000	1000
31 de Julio	8000	5000
31 de Agosto	3000	5000

La empresa dispone de tres tipos de prensas, las máquinas ALDEBARÁN, las máquinas BERENICE y las CENTAURO, y de los moldes apropiados que deben producir las carcasas, con las siguientes horas de producción disponibles durante los próximos meses :

MES	ALDEBARÁN	BERENICE	CENTAURO
Junio	700	700	800
Julio	300	200	200
Agosto	400	300	600

Los tiempos de proceso para cada pareja tipo de maquina - tipo de carcasa, expresadas en horas requeridas por unidad producida, son las siguientes:

MES	ALDEBARÁN	BERENICE	CENTAURO
Nylon	0,15	0,16	0,14
Fibra de Vidrio	0,12	0,14	0,13

Los costes variables de producción de las prensas son de 1500, 1000 y 1250 um/hora de trabajo para ALDEBARÁN, BERENICE y CENTAURO, respectivamente, cuando éstas tratan carcasas de nylon; una de fibra de vidrio representa un coste adicional de 500 um/hora en cada tipo de máquina. El coste de mantener inventario es de 1 um/unidad-día; si no es posible servir a tiempo, la penalización es dos veces el coste de posesión; si no es posible satisfacer la demanda global de los tres meses con las disponibilidades iniciales, se puede contratar el trabajo a una empresa afín, la cual solicita 300 um/unidad, incluyendo el transporte a planta, independientemente del tipo de carcasa. El stock inicial es de 1000 unidades de cada tipo, y se desea que al final de agosto haya un nivel de existencias que doble al anterior.

Práctica-16: DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES (CASO MMSA)

La empresa MMSA (Manufacturas Metálicas, S.A.) se dedica a la fabricación de dos productos básicos: **(01)** Estanterías metálicas de tres anaqueles y **(02)** Estanterías metálicas de seis anaqueles. Para el montaje de dichos productos finales se precisan los siguientes productos semielaborados: **(03)** Anaqueles, **(04)** Patas y otros materiales de compra (los precios unitarios y el tipo y tamaño de los lotes de aprovisionamiento se indican en la tabla 1).

COD	DESCRIPCIÓN	TIPO LOTE	LOTE (u)	COSTE(um/u)
05	Capuchón	FQ	4000	2
06	Tornillo	FQ	8000	5
07	Conector	FQ	1000	10
08	Chapa	FQ	15000	50

TABLA 1.- Productos de compra.

La planta dispone de tres secciones: **(SM)** Sección de Montaje, **(SE)** Sección de Estampado y **(SD)** Sección de Doblado, con unos costes horarios de 3000 um en cada sección. La jornada laboral es de 8 horas diarias. Los consumos de material y de tiempo, en cada sección, asociados a los productos se presentan en la tabla 2.

COD	DESCRIPCIÓN	03	04	05	06	07	08	SM	SE	SD
01	Est.Met 3 A	3	4	8	12			8		
02	Est.Met 6 A	6	8	8	24	4		12		
03	Anaquele						2		0.67	0.75
04	Pata						3		0.50	1.00

TABLA 2.- Lista de Materiales (consumos de **SM**, **SE** y **SD** en min.)

Dado un plan maestro de producción, tal como el presentado en la tabla-3, evaluar las necesidades de materiales (suponiendo plazos de entrega inmediatos) y de carga.

	MES 1	MES 2	MES 3
01	400	550	500
02	500	550	600
días	22	20	21

TABLA 3.- Plan Maestro de Producción

Práctica-17: CÁLCULO DE NECESIDADES (Caso MAREPLA)

La estructura del producto de la empresa MAREPLA es la de la tabla adjunta en la que se indica el código de los artículos, origen, plazo de entrega o de fabricación ("lead-time") en semanas, componentes (en forma algebraica), lote mínimo de fabricación o aprovisionamiento en unidades (no se utiliza stock de seguridad) y el tiempo estándar de fabricación en minutos por unidad:

código	origen sección	plazo	composición	lote	tiempo estándar
M	MONTAJE	1 sem.	$2*A + 1*E + 2*G$	1	10
A	TALLER_2	2 sem.	$3*P + 1*F$	180	0,5
E	SUBMONTAJE	2 sem.	$2*A + 1*F + 1*B + 1*C$	1	5
G	SUBMONTAJE	2 sem.	$1*A + 1*B + 2*C + 1*D$	1	4
P	COMPRA	3 sem.		1000	-
F	TALLER_1	3 sem.	$1*P + 4*X$	350	0,8
B	TALLER_2	2 sem.	$1*F + 1*D$	75	0,4
C	TALLER_2	2 sem.	$1*D + 2*Q$	125	0,4
D	TALLER_1	3 sem.	$5*X + 1*Q$	350	1
X	COMPRA	4 sem.		4000	-
Q	COMPRA	3 sem.		750	-
N	MONTAJE	1 sem.	$2*E + 1*G + 2*C$	1	12

a) Si cada semana se efectúa el cálculo de necesidades utilizando intervalos de 1 semana, ¿cuál debería ser el horizonte mínimo del Plan Maestro Detallado (MPS) para garantizar la pertinencia de las decisiones adoptadas?

b) Disponemos del siguiente stock de los artículos de procedencia exterior: P 340 unidades; X 1100 unidades; Q 250 unidades. Utilizando exclusivamente dichas cantidades de estos artículos ¿cuántas unidades de M y N podríamos fabricar? En caso de indeterminación procurar que el número de productos M sea aproximadamente el doble que de N.

c) Suponiendo que el precio de los artículos exteriores P, X y Q es respectivamente 1000, 300 y 2400 um/unidad y que 1 hora de MONTAJE o SUBMONTAJE se valora en 36000 um mientras que 1 hora de TALLER_1 y TALLER_2 a 24000 um, ¿cuál es el coste directo de los artículos por los conceptos materiales y trabajo de todos los artículos?

Dado el siguiente MPS:

semana	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
M	7	7	6	7	8	9	8	9	8	8	7	6
N	5	5	6	5	4	3	4	3	4	4	5	6

y teniendo en cuenta que el stock disponible y órdenes en curso (con su fecha de vencimiento) eran al final de la semana 24:

	M	A	E	G	P	F	B	C	D	X	Q	N
SI	1	50	5	0	340	95	70	65	140	1100	250	2
25	8	-	15	15	-	-	-	-	350	-	750	4
26	-	180	20	20	1000	350	-	125	-	4000	-	-

d) determinar las necesidades brutas y netas correspondientes a las semanas 25 a 36 (sin tener en cuenta el LT)

e) Determinar las órdenes planificadas a emitir las semanas 25, 26 y 27. ¿Tienen todas la misma fiabilidad?



Práctica-18: CASO SOLREG-2 (DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES)

El Departamento Comercial de la empresa SOLREG S.A dispone de los datos históricos de las ventas efectuadas en los 40 meses anteriores. Aplicando su modelo de previsión de la demanda, obtiene la proyección de las ventas para el próximo año (ver tabla 1).

	SR04	SR06	SR08	SR12	SR20
JUL	3000	2500	3300	1700	700
AGO	2900	3200	1600	2000	400
SEP	2900	3100	1800	1700	200
OCT	2900	3800	400	1200	100
NOV	3000	3800	400	1700	100
DIC	3100	3200	400	1700	100
ENE	3000	2500	500	1600	100
FEB	3000	1800	800	2100	300
MAR	2900	1900	800	1300	400
ABR	2900	1200	2800	1700	600
MAY	2900	1300	3700	1700	700
JUN	3000	1900	4100	1700	700

TABLA 1.- Previsiones de ventas.

Los poliedros constan de un cierto número de caras, que pueden ser triángulos (**T**), cuadrados (**C**) o pentágonos (**P**); y se montan empleando dos piezas de unión: uniones de aristas (**UA**) y uniones de vértices (**UV**). A su vez, para montar las caras, se precisan un cierto número de aristas (**a**) y un cierto número de vértices (**v**). En la tabla 2 se muestran las cantidades necesarias.

La compañía dispone de dos secciones: montaje de caras (**SC**) y montaje de sólidos (**SS**). Los tiempos (en minutos) de elaboración de poliedros y caras se indican en la tabla 2.

	T	C	P	UA	UV	a	v	SS	SC
SR04	4			6	4			15	
SR06		6		12	8			25	
SR08	8			12	6			30	
SR12			12	30	20			50	
SR20	20			30	12			60	
T						3	3		4
C						4	4		6
P						5	5		8

TABLA 2.- Lista de materiales.

Entre las dos secciones hay 75 empleados fijos (con la posibilidad de contratar personal con contratos de 3 meses como mínimo con salario idéntico a la plantilla fija, y con unos costes de contratación y despido de 250000 y 500000 um. por empleado, respectivamente), entre los cuales se sabe estadísticamente que hay un absentismo laboral prácticamente constante del 5%. La jornada laboral es de 8 horas/día y el

número de horas laborables mensuales durante el año próximo es el que se indica en la tabla 3.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	AMY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H.	170	160	170	170	170	170	170	40	170	180	170	160

TABLA 3.- Horas laborables por mes.

El coste estándar de una hora de trabajo se valora en 4000 um., y el de la hora extraordinaria en 6000 um., incluyendo todos los conceptos relacionados con las cargas de trabajo generadas por la elaboración de los productos.

Los precios de compra de las piezas, los tipos de lotificación y los tamaños de lote se indican en la tabla 4. Los tiempos de servicio para las piezas de compra (UA, UV, a, v) son de 24h. No se consideran stocks a principio de año, pero si parece conveniente mantener un stock de seguridad del orden del 5% de la demanda mensual.

	PROC.	TIPO	Q	PRECIO(um/u)
SR04	M	LFL		
SR06	M	LFL		
SR08	M	LFL		
SR12	M	LFL		
SR20	M	LFL		
T	E	LFL		
C	E	LFL		
P	E	LFL		
UA	C	FQ	1000	5
UV	C	FQ	1000	6
-a-	C	FQ	2000	3
-v-	C	FQ	2000	1

TABLA 4.- Procedencia, lotes y precios.

El coste de posesión de inventario de los productos finales se contabiliza al 24% anual, mientras que el de defecto de stock se valora en el triple del anterior.

Intentando satisfacer la demanda en cada período, establezca planes de producción teniendo en cuenta los criterios de minimización de costes y equilibrio en el consumo de materiales y generación de cargas de trabajo a lo largo del tiempo.

Práctica-19: DETERMINACIÓN DE LA FIABILIDAD DE UN SISTEMA (1)

PARTE-1

Un club deportivo nos encarga la organización de una expedición en autocares a una ciudad europea donde se juega un partido trascendental. Hay 15000 entradas vendidas y los autocares tienen una capacidad de 50 plazas. Establecer un procedimiento para determinar cuantos autocares conviene que formen parte de la expedición.

PARTE-2

En una explotación agrícola hay una bomba para alimentar el sistema de irrigación. La bomba debe accionarse mediante un motor eléctrico al cual le suministra la energía un generador. Se dispone de un motor de 220 V y de uno de 380 V, así como de un generador de 220 V, de otro de 380 V y de un transformador 220/380. Las leyes de supervivencia de estos elementos en función del número de días de riego se ajustan adecuadamente a la ley exponencial, siendo la edad media de la aparición de la avería de 2500 días para los generadores, 3000 días para los motores eléctricos, 4000 días para el transformador y 2000 días para la bomba, tras considerar las condiciones ambientales de explotación del sistema.

Teniendo en cuenta que se riega 200 días al año:

- (a) ¿Cuál es la probabilidad a priori de poder regar después de un año de riego en el supuesto de que la bomba funcione con toda seguridad?
- (b) ¿Y si considera la fiabilidad de la bomba después de dos años sin que se haya producido ninguna renovación de cualquiera de los elementos?
- (c) ¿Cuál de las posibles instalaciones recomienda como la más fiable anualmente en un horizonte de 5 años?

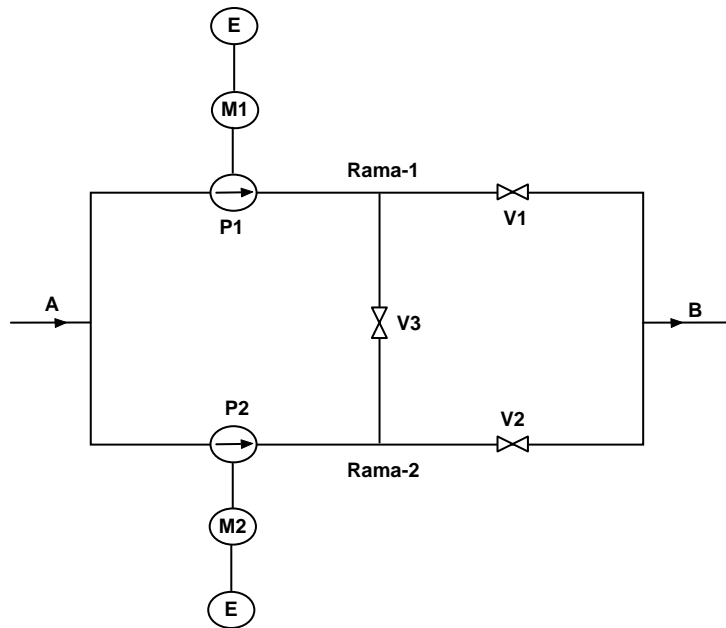
El coste de no poder regar una vez por falta de funcionamiento del sistema es K . Considerando una la tasa de interés del 4,5 % anual y un horizonte de inversión de 5 años.

- (d) ¿Cuánto se podría pagar por un motor de 380 V idéntico al existente?
- (e) ¿Y por una nueva bomba?



Práctica-20: DETERMINACIÓN DE LA FIABILIDAD DE UN SISTEMA (2)

El lazo frío del sistema de refrigeración de un reactor tiene dos bombas (P1 y P2) capaces de suministrar, individualmente a través de sus ramas, el flujo requerido entre los puntos A y B. Tal como se muestra en la figura adjunta, las bombas están accionadas por dos motores (M1 y M2) con suministro eléctrico común (E). Las ramas se pueden conectar a través de un puente cuyo paso se regula mediante una válvula de accionamiento manual (V3); por supuesto, cada rama dispone además de su válvula correspondiente (V1 y V2) con posición normal en *abierto*.



Cuando el reactor está activado, se requiere flujo entre A y B: si esto no sucede, se dice que el sistema de refrigeración falla.

Bajo estos supuestos:

- Determinar la función lógica de estructura del sistema, así como su función de fiabilidad.
- Qué probabilidad de funcionamiento correcto presenta el sistema en un cierto instante en que la probabilidad de fallo para cada bomba, cada motor y el sistema de suministro eléctrico es 0.10, 0.05 y 0.15, respectivamente, considerando que las tres válvulas están en posición de abierto y sin riesgo momentáneo de fallo.
- Cómo afecta al caso anterior el hecho de que cualquier válvula pueda quedar bloqueada con probabilidad 0.10.
- Teniendo en cuenta que la ley de supervivencia de cualquiera de los dos motores se puede expresar de la forma: $v(t) = 1 - 10^{-6}t^2$ (t en horas), y que su sustitución cuesta 2000 um, y si se produce una avería cuesta adicionalmente 1000 um.
- Qué tasa de avería y vida media presenta un motor después de 500 h de funcionamiento.
- Qué resulta más económico: explotar un motor hasta que falla o cambiarlo por uno nuevo a las 500 h de funcionamiento.

Práctica-21: RENOVACIÓN DE EQUIPOS

Un taller consta de dos máquinas A y B cuyas edades influyen en su rendimiento conjunto. Si al comenzar un año de trabajo, ambas máquinas son nuevas, el taller puede llegar a fabricar hasta 10.000 piezas durante ese año; sin embargo, cuando las edades de las máquinas, al iniciarse la explotación anual, son distintas de cero, la tasa de producción anual del taller disminuye tal como se muestra en la tabla-1

Edad A / Edad B	0	1	2	3
0	10.000	9.200	8.200	< 5.000
1	9.400	8.400	7.200	< 5.000
2	8.600	7.300	5.900	< 5.000
3	< 5.000	< 5.000	< 5.000	< 5.000

Tabla-1: Tasas anuales de producción del taller en función de las edades de A y de B

No se considera conveniente explotar el sistema cuando la tasa de producción anual es inferior a 5.000 piezas, por ello, se supone que cuando cualquiera de las dos máquinas alcance su tercer año de explotación se deberá substituir por una nueva. Se supone también que todas las piezas producidas se pueden colocar en el mercado con un margen de 1 um/pieza.

Una máquina A nueva cuesta 6.000, mientras que una B cuesta 4.000 um. El valor residual de cada máquina depende de la edad que tiene cuando se substituye (ver tabla-2).

Edad	0	1	2	3
Máquina A	5.500	4.000	2.500	1.000
Máquina B	3.500	2.800	1.800	800

Tabla-2: Valores residuales de A y de B en función de sus edades

Suponiendo que el horizonte de explotación del sistema es de 6 años, que al iniciarse la explotación se dispone de máquinas nuevas ya adquiridas, y que al terminar la explotación recuperamos el valor de las máquinas.

- Estudie la política óptima de substitución sin tener en cuenta la actualización y sólo decidiendo sobre la renovación de la máquina A (la máquina B sólo se substituirá cuando alcance la edad de 3 años).
- Idem al apartado a, pero sólo decidiendo sobre la renovación de la máquina B (la máquina A sólo se substituirá cuando alcance la edad de 3 años).
- Idem a los apartados a y b con tasa de actualización del 12% anual.
- Considere, también para un horizonte de 6 años, la posibilidad de decidir sobre la renovación de ambas máquinas con y sin actualización.

Práctica-22: RENOVACIÓN ANTES DE LA AVERÍA

Un motor que interviene en un proceso productivo lleva cuatro válvulas idénticas. La avería de cualquiera de ellas obliga a parar el proceso una media de 4 horas en horario productivo.

Tanto si se cambia una válvula como más de una, hay que hacer unas operaciones de desmontaje (1 hora) y de montaje (2 horas); además se requiere 1/4 de hora para cada válvula que se cambia y, si ha habido avería, 1 hora y media para operaciones adicionales de limpieza y otras.

Si se cambia una válvula sin que previamente haya avería, las operaciones pueden realizarse en horas no productivas.

Por cada hora de paro del proceso, la disminución de beneficios es de 10.000 um. El servicio de mantenimiento del motor corre a cargo de una empresa especializada, que lo factura a 2000 um/h más 1000 um en concepto de desplazamiento. Las válvulas cuestan 3000 um cada una.

Se trata de plantear y comparar políticas de renovación del motor.

Las probabilidades de que una válvula esté en buenas condiciones después de 100, 2100 y 3080 horas de funcionamiento son, respectivamente, 0,99, 0,98 y 0. Entre estos puntos, la variación se considera prácticamente lineal.



Práctica-23: CALIFORNIA OIL COMPANY

Carl Shimer, director de I+D de California Oil Company (COC), está estudiando la construcción de un puerto para superpetroleros y un pipeline. La nueva instalación debe alimentar la refinería de COC en Richmond, situada en el área de la bahía de San Francisco. El puerto consistirá en un único punto de amarre, a 2 o 3 millas de la costa, para descargar los superpetroleros. Unas tuberías submarinas recibirán el petróleo, que mediante una estación de bombeo en la costa lo llevarán a la tubería de alimentación de la refinería de Richmond. Después de un análisis preliminar se han seleccionado cuatro posibles emplazamientos para una evaluación más detallada: Moss Landing, Estero Bay, Port Hueneme y Oso Flaco Dunes. Shimer debe recomendar una ubicación al Comité de I+D de COC.

Las principales consideraciones en la evaluación de las localizaciones son económicas, políticas y ambientales, que se han refinado y extendido en diez criterios (ver Tabla-1). La importancia de cada criterio fue discutida largamente en una reunión del comité, después de la cual Shimer recibió la siguiente acta de su adjunto.

A: C. Shimer, director de I+D
 DE: D. Klopp, adjunto al director de I+D
 ASUNTO: Ubicación del puerto para petroleros.

En la reunión del viernes (2 de abril) se decidió que se usarían diez criterios para evaluar las ubicaciones en estudio. La lista desarrollada en la reunión sitúa la "posición de los políticos locales" como el factor más importante y el "impacto ambiental de la situación de la instalación" como el factor menos importante.

He incluido en anexo los criterios ordenados con descripciones comparativas de las ubicaciones.

Fecha: 5 de abril

Firmado: D. Klopp

Con esta información, Shimer revisó sus notas del comité que realizó la evaluación de cada una de las ubicaciones respecto a los diez criterios; situó los criterios en el orden sugerido por el comité (ver Tabla-2); examinó cada criterio y detectó las situaciones "mejor" y "peor", dadas las circunstancias (ver Tabla-3).

Para cada criterio, Shimer atribuyó 0 a la peor situación y 1 a la mejor situación. Pensaba asignar valores entre 0 y 1 a cada característica de las ubicaciones, ponderándolas de acuerdo a la importancia relativa de cada uno de los diez criterios para lograr una valoración global de cada ubicación. Con este método, suponía que lograría diferenciar las ubicaciones con características favorables en los criterios de prioridad alta de aquéllas con buenas valoraciones sólo en los criterios de baja prioridad.

Por el momento se favorecía a Moss Landing a causa de que era el mejor emplazamiento para los criterios clasificados en segunda, tercera y cuarta posición. Concretamente, Moss Landing era: (1) el más económico en construcción, (2) el más económico en funcionamiento y (3) el más cercano a Richmond.



Clase	Criterio (número de orden sugerido por el comité)
Económicos	Instalaciones. (9) Características del puerto. (6) Situación. (4) Coste de construcción. (2) Coste anual de funcionamiento. (3) Posibilidades de desarrollo futuro. (5)
Políticos	Posición de la población local. (7) Posición de los políticos locales. (1)
Ambientales	Impacto ambiental del funcionamiento. (8) Impacto ambiental de la ubicación de las instalaciones. (10)

Tabla-1: Lista de criterios para evaluar la ubicación de un puerto.

	MOSS LANDING	ESTERO BAY	PORT HUENEME	OSO FLACO
Posición de los políticos	Posiblemente opuestos	Posiblemente favorables	Favorables	Posiblemente favorables
Coste de construcción	\$ 40 millones menos que E.B.	Coste base	\$ 60 millones más que E.B.	\$ 5 millones más que E.B. (estimado)
Coste anual de funcionamiento	\$ 2 millones/año menos que E.B.	Coste base	\$ 5 millones/año más que E.B.	Similar a E.B.
Situación	Cerca de Richmond, más lejos de Elk Hills que E.B.	Ubicación base	90 millas más lejos de Richmond que E.B.	Situación central
Posibilidades de desarrollo futuro	Área ya poblada	Terreno abrupto, difícil expansión	Interferencia con la Marina	Área disponible, bajo control de políticos locales
Características del puerto	Regulares	Buenas	Excelentes	Buenas
Posición de la población local	Posible oposición	Oposición oral	Poco efecto en la población	Poco efecto en la población
Impacto ambiental en funcionamiento / Accidentes	Impacto fuerte: área arenosa-pantanososa; difícil de limpiar; efectos largo plazo	Impacto fuerte: turismo e industria pesquera; área pantanososa y rocosa difícil de limpiar; efectos largo plazo en fauna.	Impacto mínimo: área rocosa, fácil de limpiar; área ya industrializada.	Impacto mínimo: área arenosa fácil de limpiar.
Instalaciones	No	Algunas	No	No
Impacto ambiental por ubicación	Tanques muy visibles	Tanques ocultos; reestructuración importante de la cala existente	Tanques visibles (lejos de la población)	Tanques visibles (lejos de la población)

Tabla-2: Características de las ubicaciones posibles



	PEOR valor del CRITERIO	MEJOR valor del CRITERIO
Posición de los políticos locales	Voto favorable improbable	Voto favorable garantizado
Coste de construcción (base E.D.)	\$ 60 millones por encima de E.B.	\$ 60 millones por debajo de E.B.
Coste anual de funcionamiento (base E.D.)	\$ 5 millones por encima de E.B.	\$ 5 millones por debajo de E.B.
Situación (E.D. como base)	Cerca de Los Ángeles con acceso difícil al valle de San Joaquín y a Richmond	Entre el campo petrolífero de Elk Hills y San Francisco; más cerca de Elk Hills con fácil acceso al valle de San Joaquin
Posibilidades de desarrollo futuro	Sin posibilidad de expansión una vez construida la parte inicial	Sin límite de crecimiento futuro de las instalaciones
Características del puerto	Mares muy tempestuosos y más de 4 millas de la costa	Mar calmado y a una milla de la costa
Posición de la población local	Oposición amplia, fuerte, vocal y efectiva	Oposición limitada, débil e inefectiva
Impacto ambiental en funcionamiento / Accidente	Escapes de petróleo con daños en la comunidad y fauna; peligro extremo por proximidad con operaciones militares o industriales	Escapes leves de petróleo que pueden limpiarse con relativa rapidez sin efectos serios
Instalaciones	No existen dispositivos para atender a los superpetroleros	Existen todos los dispositivos para atender a los superpetroleros
Impacto ambiental por ubicación	Impacto importante en el área e interferencias con el ambiente natural	Ningún efecto adverso importante de la colocación de instalaciones

Tabla-3: Descripciones de las situaciones de referencia para los criterios

Práctica-24: CASO DE LOCALIZACIÓN DE UN PANEL DE CONTROL

Seis de las máquinas instaladas en una nave industrial son atendidas por un único equipo de técnicos. La nave industrial es de forma rectangular ($80 \times 60 \text{ m}^2$), está atravesada por una serie de pasillos paralelos a las paredes de la misma que están separados entre sí (los de la misma dirección) y de las paredes por una distancia de 5 metros, medida desde el centro de los pasillos.

Podemos considerar a efectos del problema que nos ocupa que las máquinas están situadas en los puntos de coordenadas A (10, 25), B (20, 10), C (60, 15), D (40, 45), E (30, 15) y F (50, 30) referidos a unos ejes coincidentes con dos paredes de la nave, y expresadas en metros.

Se pretende dotar al equipo de técnicos de un panel de control que les indique la máquina que deben atender. Cuando ello ocurra se desplazarán (el equipo completo) hasta la máquina en cuestión regresando, una vez terminada su actuación, frente al panel de control hasta que sean de nuevo requeridos.

- (a) ¿Dónde deberá instalarse el panel de control si la frecuencia con que se espera que los técnicos sean requeridos es de 2, 5, 2, 4, 3 y 4 veces al día por la máquina A, B, C, D, E y F respectivamente? El objetivo es conseguir que el total de la distancia recorrida por los técnicos sea mínima.
- (b) Por razones de seguridad el panel de control no puede situarse en el interior del polígono delimitado por las máquinas A, B, C y D. ¿Dónde situaremos en este caso el panel de control? y ¿cuál será el incremento de la distancia recorrida respecto al caso anterior?

Durante sus intervenciones los técnicos pueden necesitar material o herramientas que se deben guardar en armarios distintos X, Y y Z, estimándose que por cada necesidad de un elemento de X, se presentarán 2 de Y y 3 de Z. La necesidad se determina una vez el equipo se ha trasladado a la máquina, en cuyo caso uno de sus miembros se desplaza al armario en cuestión. Terminada la intervención el mismo operario devuelve el elemento al armario y de ahí se encamina al panel de control. Todas las intervenciones, independientemente de la máquina tienen la misma probabilidad de precisar uno de dichos elementos.

Existen cinco puntos, contiguos a una pared de la nave, en donde pueden disponerse dichos armarios: M (0, 20), N (0, 30), P (80, 40), Q (30, 0) y R (50, 0).

- (c) Con el mismo objetivo de minimizar los trayectos recorridos, ¿dónde deben situarse los armarios?



Práctica-25: CASO DE LOCALIZACIÓN DE UN PUENTE GRÚA

En una nave industrial de 70 m de longitud y 40 de anchura se fabrica maquinaria pesada. El producto acabado queda situado en uno de los cuatro puntos A, B, C y D (5, 2, 4 y 3 unidades de producto por jornada de trabajo, respectivamente). Las coordenadas de los puntos medidas tomando como ejes dos paredes de la nave (eje x en el sentido de la longitud) son (30, 20), (10, 10), (40, 30) y (60, 10) respectivamente. Desde dichos puntos el producto debe llevarse al muelle de carga de los camiones mediante un puente grúa (el puente se desplaza en sentido longitudinal, el carro en sentido transversal o de la anchura).

- (a) En el supuesto de que el desplazamiento del puente y del carro (comprendiendo ida y vuelta) tienen el mismo coste, 20 euros por unidad de longitud, y que el muelle puede situarse en cualquier punto de la nave, ¿dónde debe instalarse el muelle y cuál es el coste diario?
- (b) Por condiciones de acceso de los camiones el muelle sólo puede situarse en el interior de un triángulo definido por la relación de coordenadas $x - y = 0$. ¿Dónde se situará el muelle y cuál es el sobre coste respecto a la solución anterior?
- (c) Se desea instalar una boca de agua para incendios. En el supuesto de que el fuego puede declararse en A, B, C o D con probabilidades proporcionales a 1, 2, 3 y 4, respectivamente, y que los daños producidos por el incendio son proporcionales al cuadrado de la distancia a la boca, ¿dónde debería instalarse la misma? ¿Y si tuviese forzosamente que estar junto a una pared de la nave?
- (d) En el supuesto del apartado (b) y con una tasa de interés del 7 %, ¿qué inversión sería aceptable para realizar una reforma que permitiese realizar la carga en el punto determinado en el apartado (a)? Suponer 44 semanas laborables al año y horizonte de funcionamiento ilimitado.
- (e) Si el desplazamiento unitario del puente costase el doble que el del carro, ¿se modificarían los cálculos realizados en los apartados (a) y (b)? En caso afirmativo, ¿cómo?

Práctica-26: CASO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE UN PROCESO

Una empresa fabrica 10 productos distintos, pero de volumen y peso semejante, con la intervención de seis departamentos.

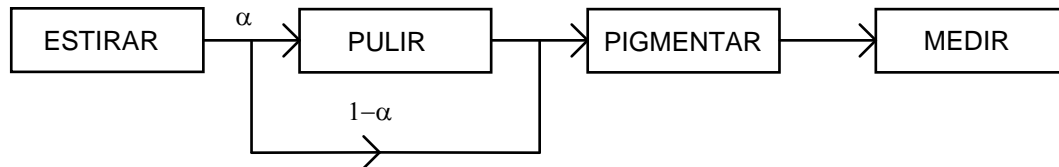
PRODUCTO	SECUENCIA DEL PROCESO	PRODUCCION MENSUAL (un)	DEPARTAMENTO SUPERFICIE (m2)
1	A B C D E F	800	A 300
2	A B C B E D C F	1.000	B 360
3	A B E F	600	C 240
4	A B C E B C F	2.000	D 450
5	A C E F	1.500	E 750
6	A B C D E F	400	F 450
7	A B D E C B F	2.000	
8	A B C B D B E B F	2.500	
9	A B C D F	800	
10	A B D E F	1.000	

- Establecer la tabla matricial de movimiento mensual entre departamentos.
- Diseñar un layout mediante SLP.
- Calcular la distancia total recorrida por mes suponiendo que el movimiento de materiales entre departamentos tiene lugar en lotes de 100 unidades.



Práctica-27: CASO PIELES (DISTRIBUCIÓN EN PLANTA)

El tratamiento de pieles, para la confección posterior de ropa, consta básicamente de cuatro procesos productivos: (1) **ESTIRAR**, **PULIR**, **PIGMENTAR** y **MEDIR**. Las interrelaciones entre estos procesos así como la proporción del flujo de material que pasa de uno a otro se muestran en la **figura.1**.

**FIGURA.1:** Relación entre procesos

Las superficies necesarias para albergar el equipo y mano de obra en las secciones que se destinan a los cuatro procesos son las siguientes:

Estirar	60 m ²
Pulir	20 m ²
Pigmentar	100 m ²
Medir	60 m ²
Total	240 m²

Suponiendo que tanto la planta como las secciones son de diseño rectangular, estudiar las distintas distribuciones posibles.

NOTA: Se sugiere tomar como unidad de superficie básica la correspondiente a la sección de **PULIR**, celdas de producción de las dimensiones indicadas en la **tabla.1** y como parámetros de flujo (α) 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8

Largo	10	8	6	5	4	3.3	2.5	2
Ancho	2	2.5	3.3	4	5	6	8	10

TABLA.1: Tamaños de celda (en metros).

Práctica-28: CASO ART-TONE CARDS

ART-TONE CARDS (A) H.B.S. 9-605.007

Case material of the Harvard Graduate School of Business Administration.

Durante la primera semana de Enero de este año los trabajadores del departamento de Embalaje de Art-Tone Cards estaban utilizando tres nuevos métodos para empacar las felicitaciones y sus sobres antes de enviarlas a sus clientes. Dos de estos métodos habían sido introducidos en el departamento durante las dos últimas semanas de diciembre por Bob Hayes, el único ingeniero industrial de la empresa, quien la había abandonado el 31 de diciembre para acceder a un alto cargo en otra empresa.

El director de fábrica, Sr. Conrad Rorick, había recibido el 31 de diciembre un memorándum de cuatro páginas del Sr. Hayes. El memorándum definía el trabajo que había hecho Hayes y daba las cifras de producción del departamento de Embalaje de los días 28, 29 y 30 de diciembre. Este memorándum, junto con los borradores del Sr. Hayes, era el único informe escrito disponible sobre el trabajo del Sr. Hayes.

Historial de la empresa

Art-Tone Cards era una de las diversas empresas de tipo medio existentes en la industria de las felicitaciones. Su fábrica de Detroit, Michigan, producía postales de felicitación y también una pequeña cantidad de materiales para envolver regalos. Art Tone era un productor integrado: diseñaba, imprimía y distribuía postales de felicitación a los detallistas.

En los últimos años las ventas de Art-Tone habían sido superiores a los 10 millones de dólares. Aproximadamente la mitad de estas ventas se hacían en "felicitaciones estacionales" tales como las que se utilizan para felicitar las fiestas más o menos universales. Las felicitaciones de Navidad representaban por sí solas la mitad de estas ventas estacionales. Las "felicitaciones corrientes" (felicitaciones de cumpleaños, tarjetas para enfermos, etc.) representaban el resto de las ventas y no seguían ningún ritmo estacional. En cualquier momento la empresa ofrecía para su venta alrededor de 4.000 diseños diferentes.

El sistema de distribución predominante en la industria de las felicitaciones era el de la venta directa al detallista. Del mismo modo como Hallmark Cards, la mayor empresa de esta industria, Art-Tone vendía exclusivamente a detallistas. Muchos de estos detallistas vendían las felicitaciones mediante expositores. Normalmente se asignaba el espacio de los expositores a varios fabricantes de felicitaciones y el detallista decidía que porcentaje del expositor sería suministrado por cada fabricante. Se admitía generalmente en esta industria que las ventas dependían del espacio del expositor destinado por los detallistas a una empresa.

La fábrica de Detroit

La fábrica de Detroit de Art-Tone era su única instalación productiva en los Estados Unidos. El edificio, que estaba constituido dos plantas, tenía dos años y estaba ubicado en el área suburbana. La planta superior albergaba los departamentos de Arte y Redacción, Fotografía y algunas de las oficinas de administración. La imprenta, los

**DOE**www.nissanchair.com

demás departamentos de producción, así como las oficinas principales estaban situados en la planta baja.

La producción de las felicitaciones empezaba en el departamento de Arte y Redacción, donde tenía lugar la parte creativa del proceso. Las felicitaciones se imprimían mediante procesos offset utilizando clichés preparados mediante un proceso fotográfico. Después de la impresión algunas felicitaciones eran repujadas y luego las grandes láminas en las que se habían impreso las felicitaciones se cortaban para obtener las felicitaciones desplegadas. Las felicitaciones se separaban entonces según su diseño y se plegaban automáticamente. Después del plegado las felicitaciones se transportaban a otra zona donde los operarios aplicaban efectos especiales y ataban los ribetes cuando era necesario. Durante todas estas operaciones y las siguientes los operarios inspeccionaban continuamente las felicitaciones, controlando la suciedad, manchas de aceite, colores fuera de registro, arrugas, defectos del proceso y otros fallos.

Después que las felicitaciones hubiesen sido acabadas, se embalaban en cajas de madera, cada una de las cuales contenía aproximadamente 2.000 felicitaciones. Estas cajas de felicitaciones se almacenaban antes del contaje y empacado finales. Los sobres se almacenaban en stock separado. El mayor proveedor de sobres de Art-Tone estaba situado cerca y podía suministrar sobres de una determinada medida una semana después de haber recibido el pedido. El proveedor suministraba los sobres en paquetes de 12, unidos mediante una banda de papel.

El Sr. Rorick supervisaba todas las actividades de producción de la planta baja. En la fábrica trabajaban aproximadamente 1.000 personas. Tres subordinados con responsabilidad, cada uno en una parte de la producción, reportaban directamente al Sr. Rorick. Bert Suvallé, uno de los tres subordinados, había estado hospitalizado en diciembre debido a un ataque de corazón. A principios de enero su estado había mejorado lo suficiente como para dejar el hospital, pero era difícil saber cuando estaría en condiciones de volver al trabajo. El Sr. Suvallé estaba a cargo de la sección de Acabados que incluía operaciones que iban desde la aplicación de efectos especiales hasta la expedición final. Algo más de 300 operarios trabajaban en la sección de Acabados. Seis encargados despachaban directamente con el Sr. Suvallé. En enero estaban siendo supervisados por el director de fábrica. Uno de estos encargados, la Srta. Hudson, estaba a cargo del departamento de Embalaje.

El departamento de Embalaje

El departamento de Embalaje preparaba a la vez felicitaciones estacionales y corrientes para el departamento de Pedidos. Las felicitaciones se recibían, en el departamento de Embalaje, en cajas de madera. Los paquetes de sobres se suministraban al departamento en las medidas correspondientes a las felicitaciones que debían procesarse. Los operarios del departamento contaban las postales y las colocaban en pilas de 12. Con cada pila se colocaba un paquete de sobres. El montón combinado de 12 felicitaciones y 12 sobres se colocaba entonces en un contenedor, el cual a su vez se colocaba en una caja de cartón ondulado. Se usaban las cajas de cartón, llamadas "shippers", para enviar felicitaciones y sobres al departamento de Pedidos. Cuando los "shippers" llegaban al departamento de Pedidos contenían felicitaciones de un solo tipo. El personal del departamento de Pedidos realizaba los envíos a los clientes tomando contenedores de diferentes tipos de postales de varios "shippers" preparados por el departamento de Embalaje y colocándolos en otro



"shipper" que era enviado al cliente. Los pedidos podían estar compuestos por unos 30 tipos diferentes de felicitaciones

En el departamento de Pedidos se mantenía un stock importante de felicitaciones, de modo que el departamento de Embalaje recibía muy raramente la solicitud de una felicitación determinada. La empresa fabricaba las felicitaciones estacionales con suficiente anticipación como para que el volumen total de felicitaciones fuese prácticamente constante todo el año. Este volumen se esperaba que fuese aproximadamente de 800.000 felicitaciones/día durante el año. Alrededor de un 48 % de las felicitaciones procesadas a través del departamento de Embalaje eran felicitaciones estacionales y el resto felicitaciones corrientes. Esta proporción se mantenía aproximadamente a lo largo de todo el año.

Debido al volumen uniforme de felicitaciones que pasaba a través del departamento de Embalaje la plantilla se mantenía en una cifra alrededor de 43 personas a lo largo del año. En enero, 22 de estos operarios estaban trabajando con felicitaciones corrientes. Además de los 43 operarios el departamento tenía 5 auxiliares de materiales. El departamento trabajaba 7,5 horas/día, con 2 descansos de 10 minutos, lo cual hacía que el tiempo de producción estuviese por debajo de los 430 minutos/día. Los trabajadores de la fábrica eran miembros de un sindicato obrero.

Hasta julio del año pasado el departamento de Embalaje había estado utilizando una pequeña caja de cartón como contenedor, en el que se colocaban las felicitaciones recortadas y el paquete de

sobres. La operación de envasado se llevaba a cabo mediante la utilización de una cinta transportadora con seis puestos de trabajo. El primer operario colocaba la pequeña caja abierta y su tapa en el extremo de la cinta. Los dos operarios siguientes tomaban las felicitaciones de las cajas de madera, las contaban y las colocaban en pilas sobre la cinta. El trabajador siguiente de la cinta colocaba los paquetes de sobres encima de cada pila de postales. El quinto operario colocaba la pila combinada de felicitaciones y sobres en la caja y ponía la tapa en la caja. El sexto trabajador sacaba las cajas de la cinta transportadora y las apilaba.

Las pilas de cajas llenas se llevaban entonces a otra zona del departamento donde se les pegaban las etiquetas. Estas etiquetas indicaban el código y tipo de felicitación que contenía la caja. Como muchos pedidos eran muy pequeños la caja de 12 unidades constituía una cantidad de envío aceptable para un tipo de felicitación. Las pequeñas cajas se embalaban en "shippers" para su suministro al departamento de Pedidos.

El "packer" de papel

En un esfuerzo para reducir los costes, Art-Tone introdujo un "packer" de papel como sustituto de la caja de cartón para las felicitaciones corrientes. Este "packer" era un sobre manila, con una solapa en el sentido longitudinal. Una medida del "packer", 21.6 cm. de largo, se acomodaba al 90 % de las felicitaciones de la línea corriente. El resto de los diseños se acomodaban a una segunda medida de "packer" de 25,4 cm. de largo, a excepción de unos 10 diseños que requerían la utilización de cajas debido a su grosor poco corriente.

Mediante la adopción del "packer" en las felicitaciones corrientes Art-Tone pudo reemplazar 102 medidas de cajas por dos medidas de "packers" de papel. Mientras las cajas habían requerido 47 tamaños de "shippers", los "packers" podían ajustarse a dos

tipos. Art-Tone realizó también ahorros eliminando las operaciones de etiquetado a mano para las felicitaciones corrientes. Los "packers" podían imprimirse en 24 horas acomodándose a la programación del departamento de Embalaje.

Art-Tone no introdujo los "packers" en la línea estacional por temor a la resistencia de los detallistas. Cuando uno de éstos recibía las felicitaciones corrientes las sacaba, con sus correspondientes sobres, del "packer", colocaba algunas en su expositor y metía las restantes en filas numeradas en los cajones de dicho expositor, tirando el "packer". Sin embargo compraba las felicitaciones estacionales con antelación y en cantidades mayores de las que podía exponer o guardar en los cajones de su expositor. El detallista podía fácilmente apilar las cajitas en su almacén. En cambio los "packers" eran más difíciles de almacenar. Hallmark había introducido "packers" en su línea de felicitaciones corrientes antes del verano pasado, lo mismo que otros fabricantes, pero no los había probado en su línea estacional hasta el Día del Padre, en el mes de junio. Aunque la encuesta que había realizado Art-Tone entre los detallistas indicaba que la innovación había tenido éxito, Art-Tone consideraba que el volumen de felicitaciones del Día del Padre era demasiado bajo como para constituir una prueba adecuada de la aceptación de los detallistas.

Cuando se introdujo, en el mes de junio, el "packer" en el departamento de Embalaje el método empleado sufrió una pequeña variación con respecto al uso anteriormente con las cajitas. Dos de las cuatro cintas transportadoras del departamento fueron modificadas para su utilización con los "packers". En la figura 1 puede observarse la nueva distribución de los operarios.

El primer trabajador de la cinta colocaba un paquete de sobres en un "packer" y colocaba éste sobre la cinta. Los dos trabajadores siguientes apartaban un cierto número de felicitaciones y las colocaban encima de la cinta. El cuarto metía las pilas de felicitaciones en el "packer" y el quinto doblaba la solapa del "packer", lo sacaba de la cinta y lo ponía sobre una mesa. El sexto operario cogía los "packers" ya llenos de la mesa y los empaquetaba en un "shipper" de cartón ondulado.

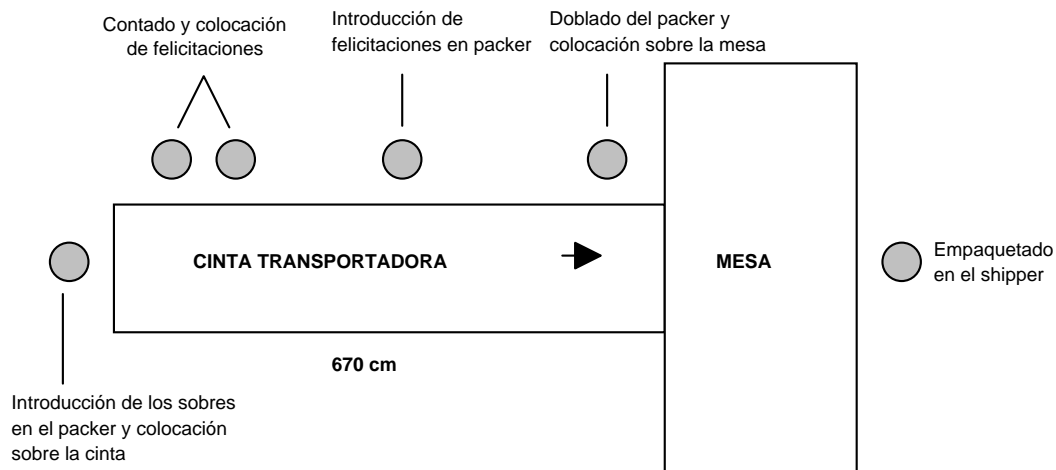


Figura-1: Layout del método Cinta transportadora con 6 operarios

Al tiempo que se introducían los "packers" en la fábrica de Detroit, una empresa del Canadá, afiliada a Art-Tone, estaba utilizando el mismo "packer" en su departamento

de Embalaje. En la fábrica canadiense la productividad era en promedio 175 "packers" por hora por cada trabajador en la cinta, utilizando el mismo método de seis operarios y la misma distribución de la figura 1. Como Art-Tone había trabajado a un ritmo de 212 cajitas por hora y trabajador en el departamento de Embalaje antes de ensayar los "packers", la Dirección temía que el aumento de coste de la mano de obra pudiera contrarrestar el ahorro conseguido al cambiar a los "packers". El número de felicitaciones que contenían tanto las cajitas como los "packers" era el mismo.

En base al resultado de un estudio realizado por un joven ejecutivo, el director de fábrica autorizó a tomar dos medidas para intentar reducir los costes de llenado de los "packers": una de las medidas se basaba en una simplificación de la operación manual y la otra empleaba la ayuda de una máquina para llenar los "packers". Para lo primero se encargó al ingeniero industrial de la fábrica, Bob Hayes, el estudio de la mejora del método utilizado hasta entonces en la cinta transportadora por los seis operarios. El método que surgió como resultado de este trabajo está explicado a continuación como "Método del operario Único". La segunda medida a tomar consistía en pedir una máquina TeleSonic. El representante de la fábrica Tele-Sonic declaró que su empresa podía adaptar la máquina para su utilización con los "packers" y que la producción podía llegar a ser de casi 26 "packers" por minuto. Tomando este dato y la experiencia previa del personal de Art-Tone en otros modelos de la máquina se pidió una, en julio del año pasado.

El método del Operario Único

Mientras Bob Hayes trabajaba en la mejora de métodos de embalaje decidió experimentar con un método a base de un único operario. En este sistema cada operario trabajaba en una mesa separada, con los materiales llevados hasta a mesa por trabajadores auxiliares.

Estos auxiliares también retiraban los "packers" terminados. Cada operario ordenaba los materiales sobre la mesa, después llenaba los "packers" y los metía dentro del "shipper". Los auxiliares colocaban los "packers", las felicitaciones y sus correspondientes sobres en cajas abiertas detrás de la mesa. Primero el operario ordenaba los "packers" sobre la mesa en número suficiente para llenar un "shipper". Después colocaba el mismo número de paquetes de sobres en una pila no muy compacta a la derecha de los "packers". Entonces sacaba un "shipper" del montón guardado debajo de la mesa y lo colocaba abierto encima de la mesa y a la izquierda. Sacaba un puñado de felicitaciones del embalaje donde éstas se guardaban, las repartía en pilas de 12 y colocaba estas pilas sobre la mesa junto a sus correspondientes sobres. Entonces ya estaba listo para llenar los "packers" y meterlos en el "shipper". En su informe y a lo largo del período de entrenamiento de los operarios el Sr. Hayes subrayó la necesidad de ordenar los materiales sobre la mesa de una manera muy pulcra para conseguir una producción elevada.



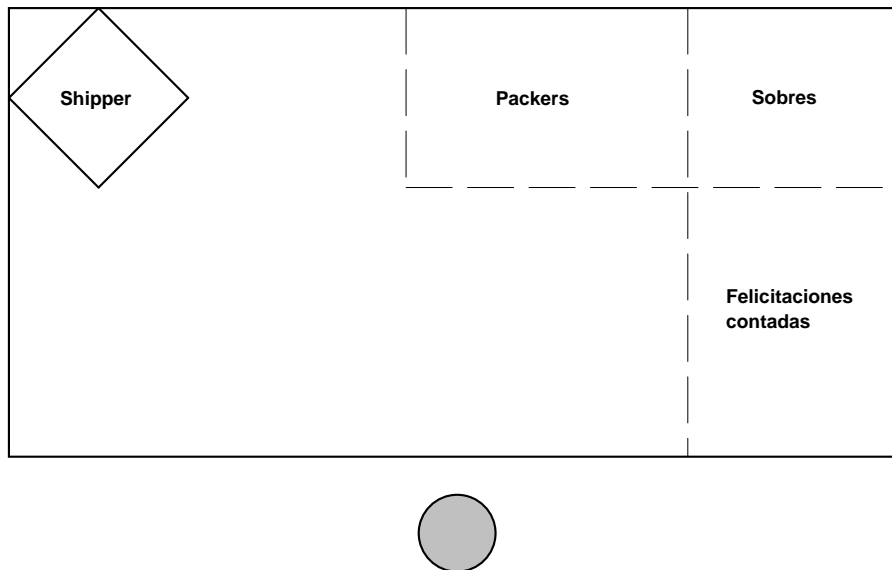


Figura-2: Layout del método del operario único

En la figura 2 puede verse la disposición de la mesa de trabajo que Bob Hayes desarrolló para el método del operario único. La figura 3 describe el cálculo realizado por Hayes del tiempo total necesario para llenar un "shipper", incluyendo las operaciones que requerían un solo movimiento para el llenado del "shipper". Estos tiempos se obtuvieron de los datos estándar M.T.M.

Movimiento	Tiempo en min.	Frecuencia/Shipper	Tiempo normal por shipper
1. Coger packers	0.0384	1	0.0384
2. Coger sobres	0.0425	1	0.0425
3. Coger shipper	0.1088	1	0.1088
4. Contar felicitaciones	0.0025	360	0.9000
5. Llenado- empaquetado	0.0698	30	2.0940
6. Retirar shipper	0.1088	1	0.1088
		minutos por shipper	3.2925
Añadir +15% concesión de cansancio personal = 3.7825 minutos por shipper = 0.1261 minutos por packer			

Figura-3: Cálculo de tiempos estándares para el método del operario único

Hayes utilizó los tiempos estándar calculados por él para establecer los objetivos de producción de los cinco trabajadores a quienes entrenó en el método del operario único. Comenzó este entrenamiento el 14 de diciembre y les había dado a cada uno seis horas aproximadamente de entrenamiento cuando empezaron a poner en práctica el método del operario único en el departamento de Embalaje el 21 de diciembre. Hayes no hizo ningún registro de los progresos obtenidos durante el tiempo que duró el entrenamiento, pero calculó que en el último día, el trabajador más lento producía a un ritmo de 1.000 "packers" diarios y el más rápido 1.700.

Las únicas cifras de producción disponibles con los cinco operarios trabajando a la vez correspondían a los días 28, 29 y 30 de diciembre. Durante estos tres días la productividad media por operario fue de 1.415, 1332 y 1.610 "packers" por día.

La máquina Tele-Sonic

La máquina Tele-Sonic se entregó a la fábrica de Art-Tone en Detroit el 24 de diciembre. Se facturó a 800 dólares pero el fabricante dijo que no entregaría otra por menos de 1.500 dadas las dificultades que había encontrado en la adaptación a los "packers" de Art-Tone.

La máquina Tele-Sonic era una mesa plana de una dimensión aproximada de 91 x 122 cm². Montados debajo de la máquina había dos ventiladores pequeños. El chorro de aire de estos ventiladores era dirigido por un tubo hacia la superficie de la mesa. En un hueco de la parte delantera de la mesa se guardaban setenta y cinco "packers". El "packer" superior de la mesa quedaba justo al mismo nivel que la superficie de la mesa. El lado abierto del "packer" estaba dirigido hacia el chorro de aire. El "packer" era mantenido en su posición por medio de dos abrazaderas pequeñas metálicas que se insertaban dentro del "packer" por su lado abierto. El aire del ventilador lo mantenía abierto de forma que una persona con una sola mano podía deslizar una pila de felicitaciones con sus correspondientes sobres dentro del "packer". En el mismo movimiento la mano podía liberar el "packer" y su contenido de los dos brazos metálicos mediante un empujón. Luego la otra mano podía coger el "packer" y colocarlo sobre otra mesa situada junto a la máquina Tele-Sonic. Cuando el "packer" salía de las abrazaderas metálicas un aparato que funcionaba con un resorte levantaba la pila de "packers" hasta que el siguiente "packer" llegaba al nivel de los brazos metálicos. Así la máquina quedaba automáticamente preparada para otro ciclo. Un estudio M.T.M. realizado por Bob Hayes dio un tiempo de 0,0374 minutos para realizar este ciclo, con la condición de que los sobres, las felicitaciones y los "packers" estuviesen disponibles en el momento necesario.

Como Bob Hayes había planificado el uso de la máquina Tele-Sonic (véase figura 4) antes de la entrega de la misma, pudo empezar a entrenar a los operarios el 24 de diciembre. La máquina entró en producción en el departamento de Embalaje el día 28 de diciembre. En los tres primeros días de utilización los cuatro operarios produjeron 4.065, 6.700 y 6.178 "packers" por día.

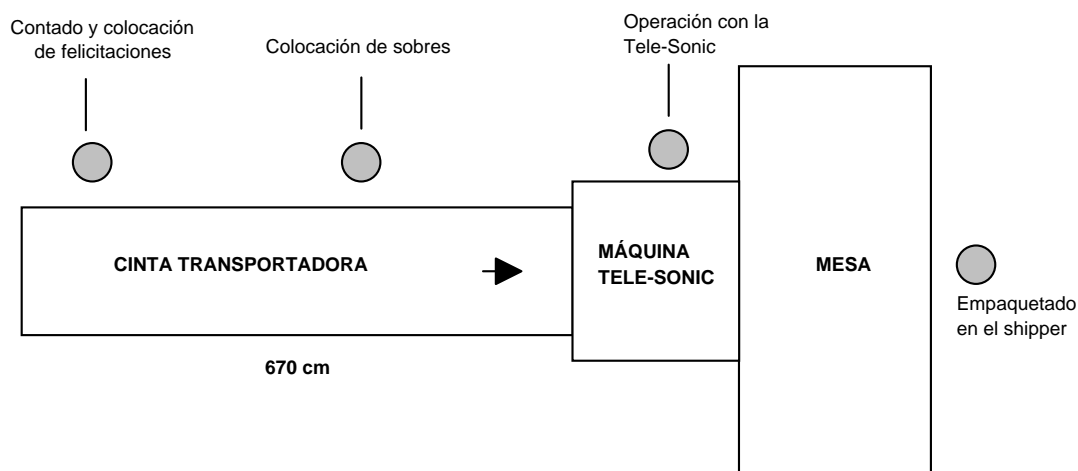


Figura-4: Plan para la máquina Tele-Sonic

Bob Hayes había calculado (en base al M.T.M.) que se necesitarían 0,042 minutos para colocar un paquete de sobres sobre la cinta transportadora según el método Tele-Sonic. Los mismos cálculos indicaban un tiempo de 0,03 minutos para contar y colocar 12 felicitaciones en la cinta y 0,024 para colocar un "packer" lleno dentro de un "shipper". Partiendo de estos cálculos Hayes decidió que el primer trabajador de la cinta contaría las felicitaciones y el segundo colocaría los sobres.

La primera semana de enero después de las fiestas de Año Nuevo la Srta. Hudson tenía 12 trabajadores operando con el método del operario único. Dado que el Sr. Hayes se había marchado y ella no se sentía capaz de entrenar a los siete operarios, la Srta. Hudson decidió que los cinco operarios ya experimentados enseñaran a los demás. Los operarios se desviaban del método desarrollado por Hayes. Realizaban los mismos movimientos manuales pero ninguno seguía cuidadosamente el plan que Hayes había establecido. Eran particularmente negligentes en cuanto a la colocación de las pilas de felicitaciones contadas. De vez en cuando una se caía y se mezclaba con otra. Como resultado los operarios perdían tiempo recogiendo felicitaciones.

Las felicitaciones corrientes estaban siendo procesadas no sólo por los doce operarios sino también mediante una cinta transportadora con la máquina Tele-Sonic y con una segunda que se utilizaba con el antiguo método de los seis operarios. La línea de los seis operarios nunca había superado una producción de 9.400 "packers" por día. Esta productividad había bajado hasta los 6.202 el día 28 de diciembre. El promedio de producción de la cinta durante el mes de diciembre fue de 9.100 "packers" por día. Con estos tres métodos se trataron todas las felicitaciones corrientes en el departamento de Embalaje. Un auxiliar de materiales servía las dos cintas transportadoras y un segundo auxiliar abastecía los doce operarios que utilizaban el método del operario único. Para las felicitaciones estacionales se utilizaban las dos cintas restantes del departamento. En cada una de estas cintas trabajaban seis operarios, y los nueve restantes ponían etiquetas en las cajitas y las colocaban en los "shippers".

En enero Art-Tone estaba considerando la posibilidad de introducir los "packers" en las felicitaciones estacionales. Hallmark ya los había utilizado en toda su línea de Navidad y Art-Tone estaba aguardando los resultados de una encuesta a los detallistas para decidir si cambiaba por los "packers" el empaquetado de sus felicitaciones estacionales. Si los detallistas aceptaban los "packers" de Hallmark, Art-Tone pensaba que todos los fabricantes de felicitaciones seguirían los pasos de Hallmark para evitar tanta variedad de embalajes en los detallistas.

Últimamente el Sr. Rorick había despedido al ayudante de la Srta. Hudson en el departamento de Embalaje y no tenía un sustituto previsto, por lo que vio que mientras el Sr. Suvall siguiera de baja tendría que seguir con la responsabilidad de las actividades del departamento de Embalaje.



Práctica-29: ESTUDIO DE TIEMPOS

A la vista de la situación en el departamento de Embalaje de Art-Tone Cards, el Sr. Rorick ha encargado diversos estudios que han conducido a algunas conclusiones. Una de ellas conduce a la reducción de las dimensiones de los shippers en los que ahora caben 6 packers. Se ha mejorado el diseño del puesto de trabajo asociado al método del operario único y se ha definido mejor dicho método.

El ciclo de trabajo para llenar un shipper consta de los siguientes elementos:

- A: Cogér packers
- B: Cogér sobres
- C: Cogér shipper
- D: Contar postales (6 x 12 = 72 veces por ciclo)
- E: Llenar packers (6 veces por ciclo)
- F: Colocar packers en shipper
- G: Retirar shipper

Con el fin de determinar el tiempo tipo para llenar un shipper, se ha realizado un cronometraje. Los elementos cronometrados son los que siguen:

- 1: A+B
- 2: C
- 3: Contar una docena de postales
- 4: E+F
- 5: G

Los datos contenidos en el cronometraje se muestran en la tabla-1 (tiempo en centésimas de minuto y actividad en escala centesimal).

- (a) En estas condiciones: a) Estime el tiempo tipo de los elementos 1, 2, 3, 4 y 5.
- (b) Cuál es el intervalo de confianza de estas estimaciones con un riesgo de error del 5%?
- (c) Si se desea un intervalo de confianza menor que 1 centésima de minuto ¿cuántas observaciones se deben hacer de cada elemento?
- (d) Estime el tiempo normal representativo del ciclo. Dé un intervalo de confianza.
- (e) Calcule el tiempo tipo del ciclo y el tiempo para completar un packer teniendo en cuenta posibles suplementos.
- (f) Cuál es la producción por operario y hora exigible? ¿Y la óptima?
- (g) Por qué los elementos que se han cronometrado no coinciden con los iniciales: A, B, C, D, E, F y G?

Elm.	T	Act.	Elm.	T	Act.	Elm.	T	Act.	Elm.	T	Act.	Elm.	T	Act.
1	7	110	2	8	120	3	4	110	5	12	100	3	4	130
2	11	110	3	4	120	4	7	120	1	6	100	3	2	130
3	4	100	3	3	120	4	6	120	3	4	100	3	3	130
3	4	100	4	6	110	5	11	110	3	4	100	3	3	120
4	6	110	5	11	100	1	7	110	4	5	100	4	6	110
4	8	110	1	9	100	3	2	120	4	7	100	4	6	110
5	13	110	2	8	100	4	6	120	1	6	100	5	11	100
1	7	110	3	4	100	4	6	130	2	11	100	1	7	110
2	6	120	4	6	100	4	7	110	3	3	100	2	12	110
3	4	120	4	9	100	5	12	100	4	4	110	3	3	110
3	3	130	4	8	90	2	12	100	4	7	120	3	4	110
4	5	140	4	9	90	3	3	100	5	10	120	3	4	110
4	5	130	5	14	90	3	4	110	1	7	120	4	7	110
4	6	120	1	11	100	4	5	120	2	7	120	5	9	110
1	8	120	2	9	100	4	6	120	3	3	120	1	9	100
2	7	120	3	4	100	5	10	120	3	4	120	3	3	100
3	4	120	3	6	100	1	8	120	4	6	120	3	5	100
3	4	120	4	6	100	2	9	120	4	6	120	5	14	90
4	7	120	4	6	110	3	3	120	4	7	120	1	10	90
5	9	120	5	11	110	3	2	130	5	9	120	2	12	100
1	6	120	1	6	110	3	2	130	1	5	120	3	4	100
2	7	120	3	4	110	4	5	140	2	10	120	3	4	100
4	6	120	3	4	110	5	9	140	3	3	120	4	8	100
5	10	120	4	7	110	2	5	130	3	4	120	4	8	100
1	7	120	4	6	110	3	2	130	4	5	120	5	11	100
2	8	130	5	11	110	3	2	130	4	5	120	1	7	100
3	3	110	1	7	110	3	3	130	4	5	120	2	8	100
4	5	110	3	11	110	3	3	120	5	8	120	3	4	110
5	10	120	3	4	110	4	6	120	1	5	120	4	8	110
1	8	120	1	7	110	4	6	110	3	4	110	4	6	110

Tabla-1: Datos sobre elementos (Elm.), tiempos (T) y actividad (Act.)

Práctica-30: INTERFERENCIAS

Se está proyectando un taller para fabricar 225 piezas/hora de tipo a y 100.000 piezas/hora de tipo b. Las piezas a se producen en unas máquinas A y el ciclo consta de los siguientes elementos:

- montar y poner en marcha 0,9 minutos
- supervisión 0,2 minutos
- mecanizado 5,3 minutos
- desmontaje 0,3 minutos

de los cuales el primero y el cuarto se realizan con la máquina parada y el segundo con la máquina en marcha (el tercero lo hace la máquina automáticamente).

n°	avería	arranque	n°	avería	arranque
1	0 33.65	0 37.70	25	12 25.49	12 29.44
2	0 44.92	0 48.86	26	12 58.99	13 3.03
3	0 56.07	1 0.05	27	13 17.12	13 21.03
4	1 0.08	1 4.06	28	13 40.46	13 44.42
5	1 39.80	1 43.76	29	13 51.31	13 55.34
6	3 1.78	3 5.86	30	14 20.12	14 24.10
7	3 14.59	3 18.53	31	14 44.31	14 48.25
8	3 19.69	3 23.74	32	15 31.72	15 35.69
9	3 30.72	3 34.69	33	15 37.02	15 40.98
10	3 39.11	3 43.05	34	15 50.81	15 54.82
11	4 12.66	4 16.62	35	16 14.53	16 18.48
12	4 51.95	4 55.93	36	16 41.20	16 45.13
13	5 24.66	5 28.68	37	17 7.30	17 11.27
14	5 50.48	5 54.51	38	18 8.86	18 12.94
15	6 8.04	6 11.98	39	18 13.86	18 17.90
16	6 18.20	6 22.19	40	19 28.51	19 32.54
17	7 46.14	7 50.17	41	20 23.14	20 27.22
18	7 57.56	8 1.50	42	21 23.06	21 27.09
19	8 57.21	9 1.25	43	21 32.92	21 36.86
20	11 1.90	11 5.96	44	21 45.54	21 49.54
21	11 16.78	11 20.73	45	21 56.38	22 0.32
22	11 35.12	11 39.17	46	22 48.19	22 52.28
23	11 50.45	11 54.52	47	23 43.78	23 47.87
24	12 3.94	12 7.93	48	24 21.06	24 25.05

Se indica el número de incidencia, la hora y minuto de aparición de la misma y la hora y minuto de arranque una vez solventada la incidencia.

Tabla-1: Datos sobre las incidencias

En cuanto a las piezas b existen unas máquinas B que las producen automáticamente a un ritmo de 3600 piezas/hora, pero de vez en cuando se encallan y se precisa entonces una intervención manual que dura, incluido el desplazamiento, unos 4 minutos, con muy poca variabilidad.

En otro taller de la misma empresa hay máquinas B funcionando y observando una durante todo un día se han podido obtener datos sobre la aparición de averías (ver tabla-1).

Práctica-31: TALLER MECÁNICO (FLUJO REGULAR)

DOE

www.nissanchair.com

Dado el problema 5/3/P/Cmax con las siguientes duraciones de las operaciones:

pieza	1	2	3	4	5
máq.1	3	5	2	9	10
máq.2	12	5	12	8	8
máq.3	7	6	6	11	8

con todas las piezas y máquinas disponibles en el instante 0, determinar:

- (a) Una cota de Cmax.
- (b) Una solución usando procedimientos heurísticos.
- (c) Si no podemos garantizar el óptimo, aplicar un procedimiento exacto.

Dado el problema 6/3/P/Cmax con las siguientes duraciones de las operaciones:

pieza	1	2	3	4	5	6
máq.1	6	10	3	18	20	15
máq.2	21	10	23	15	16	9
máq.3	14	12	12	21	16	13

con todas las piezas y máquinas disponibles en el instante 0, determinar:

- (d) Una cota de Cmax
- (e) Una solución usando procedimientos heurísticos.
- (f) Si no podemos garantizar el óptimo, aplicar un procedimiento exacto.



Práctica-32: TALLER MECÁNICO (FLUJO GENERAL)

Seis piezas a, b, c, d, e y f deben elaborarse en cinco máquinas A, B, C, D y E con las rutas y tiempos (en horas) indicados en la tabla adjunta:

nº oper.	a máq/t	b máq/t	c máq/t	d máq.t	e máq/t	f máq/t
1	A 2	B 3	C 4	A 4	B 4	C 4
2	B 6	C 4	A 2	D 3	D 3	A 3
3	C 4	A 3	D 3	B 2	A 8	E 1
4	D 5	E 5	B 3	E 3	C 4	B 2
5	E 5	D 5	E 4	C 3	E 5	D 5

Suponiendo que todo el material está disponible en el instante 0, que las máquinas están libres en dicho instante, y que deseamos terminar lo antes posible el conjunto de trabajos:

- Determinar un programa sin retrasos,
- Determinar un programa activo (distinto del anterior)
- ¿Se puede garantizar que alguno de los programas anteriores es óptimo?
- Si a partir del instante en que quedan libres las máquinas procedemos a la fabricación de un nuevo lote de las seis piezas, ¿cuánto tardaremos en disponer de este segundo lote? (en cada máquina se podrán iniciar las operaciones del segundo lote cuando hayan terminado las del primero, aunque en otras máquinas en este mismo instante se continúen operaciones del primero). Establecer un programa para el segundo lote.
- ¿Se puede mejorar este programa si alguna de las operación del segundo lote se intercala entre las del primero aprovechando los tiempos muertos? Utilizar el diagrama de Gantt para comprobar esta posibilidad.
- Suponiendo que destinamos las máquinas a producir exclusivamente lotes de las seis piezas, ¿cuál será la productividad alcanzada en estado de régimen (medida, por ejemplo, en número de lotes cada 1000 horas)? ¿Cuál es la razón que limita dicha productividad? ¿Es alcanzable dicho estado de régimen?

Práctica-33: TALLER MECÁNICO (MISCELÁNEA)

Dado el problema 8/3/P/Cmax con las siguientes duraciones de las operaciones:

pieza	1	2	3	4	5	6	7	8
máq.1	4	5	3	21	10	23	15	16
máq.2	11	22	13	14	12	12	21	16
máq.3	9	15	6	10	3	18	20	15

con todas las piezas y máquinas disponibles en el instante 0, determinar:

- (a) Una cota de Cmax
- (b) Una solución usando procedimientos heurísticos.
- (c) Si no podemos garantizar el óptimo, aplicar un procedimiento exacto.

Dado el problema 12/3/P/Cmax con las siguientes duraciones de las operaciones:

pieza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
máq.1	11	21	7	8	16	14	12	13	24	7	16	17
máq.2	20	18	8	25	14	1	1	1	20	10	12	11
máq.3	15	18	18	4	15	5	6	21	10	16	8	18

con todas las piezas y máquinas disponibles en el instante 0, determinar:

- (d) Una cota de Cmax
- (e) Una solución por procedimientos heurísticos.

