

TEMA 3

«LA SELECCIÓN Y DISEÑO DEL PROCESO»

ÍNDICE

1. Introducción.
2. Tipos de procesos o configuraciones productivas.
3. La selección del proceso: factores determinantes.
4. Diseño del Proceso: análisis del flujo de trabajo.
5. Tipos de distribución en planta: problemática asociada.
 - 5.1. Distribución en planta por proceso.
 - 5.2. Distribución en planta por producto.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

- Ser capaces de seleccionar y diseñar el proceso productivo más beneficioso acorde a las características de los productos y estrategia adoptados por la organización.
- Identificar las repercusiones en la organización que conlleva la elección de un proceso productivo concreto.
- Identificar algunas herramientas e indicadores útiles para describir y diseñar un proceso de transformación.
- Identificar los formatos básicos de distribución de planta para la producción y los servicios, y la problemática asociada al diseño de cada uno de ellos.

2. TIPOS DE PROCESOS O CONFIGURACIONES PRODUCTIVAS

Configuración	Variedad productos	Volumen productos	Trabajadores	Máquinas	Flujo de trabajo
Proyecto	Total (a medida)	Uno	Cualificados	Uso general	Estático
Funcional	Media	Bajo	Cualificados	Uso general	Funcional
JIT	Media	Bajo	Polivalentes	Uso general	Celular
Línea	Baja	Alta	Especializados	Específicas	Secuencial
Continua	Muy baja	Muy alta	Muy especializados	Muy específicas	Secuencial

Tabla 1. Características de los distintos tipos de configuraciones productivas.

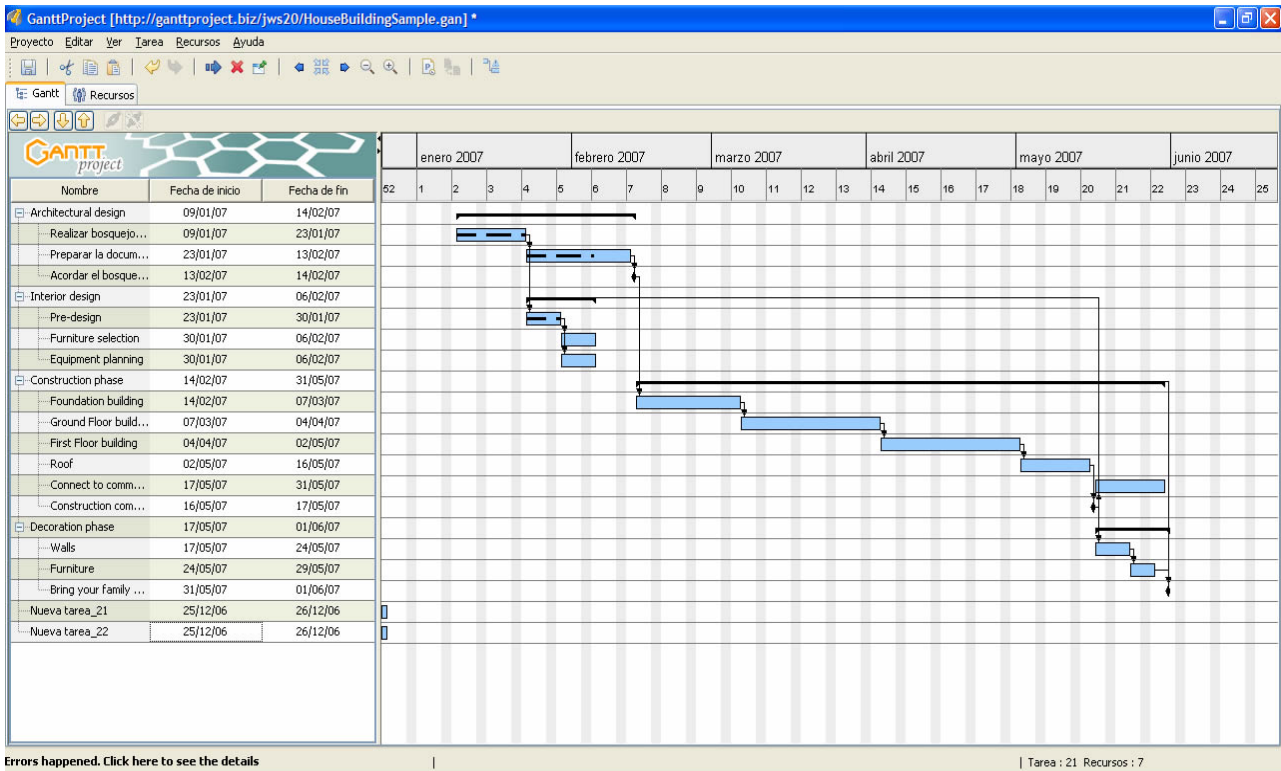


Figura 1. Ejemplo de diagrama de redes o de Gantt.

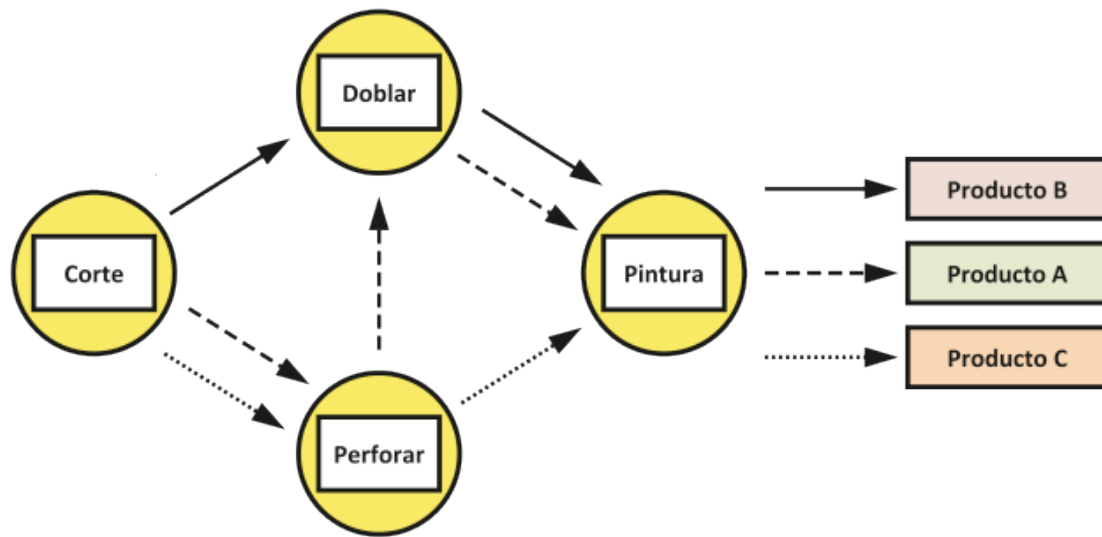


Figura 2. Configuración funcional o por proceso. **FUENTE:** Adaptado de Schroeder et al. 2011.

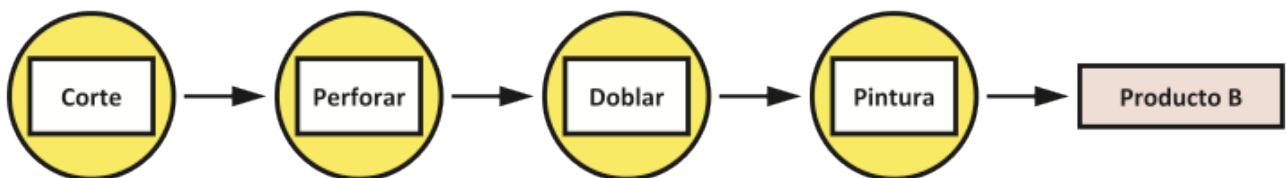


Figura 3. Configuración lineal o por producto. **FUENTE:** Adaptado de Schroeder et al. 2011.

HIRIKO PRESENTA SU SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y ENSAMBLAJE MODULAR EN LA CITA INDUSTRIAL DEL AÑO

Pese a las dudas que continúan aflorando en torno al futuro del coche eléctrico –el número de matriculaciones previstas en España no llega ni al 5% de lo previsto por el Gobierno–, el proyecto alavés *Hiriko* continúa su camino. Impulsado por un grupo de empresarios locales y el MIT (Instituto tecnológico de Massachusetts) protagonizará hoy en Bilbao una nueva puesta en escena en su particular proceso de divulgación que desde hace meses viene llevando a cabo por diferentes capitales del mundo para socializar las bondades de su propuesta. Aprovechando su presencia hoy en la *Cumbre Industrial y Tecnológica del BEC* (Bilbao Exhibition Centre) presentará su novedoso sistema de producción y ensamblaje modular ante 900 empresas y 12.000 profesionales. Según explican sus impulsores, se trata de un concepto "pionero" en el campo de la automoción, que básicamente permitirá a cada uno de sus proveedores fabricar su módulo, su parte del coche, y después enviarla para que sea ensamblada en cualquier planta con franquicia del mundo. De esta forma tan aparentemente sencilla se pondrá fin al tradicional sistema de montaje en cadena que históricamente ha primado en el sector del automóvil.

Esta revolucionaria idea se expondrá desde hoy hasta el próximo viernes. «*El proceso constituye un hito para la industria de la automoción europea y pone a la industria vasca en un cercano mañana con un novedoso sistema productivo y comercial*», advirtió ayer a través de una nota *Iñigo Antia*, director de *Hiriko*. El proyecto está valorado en unos 170 millones de euros –el 8% procede de ayudas públicas– y estos días ultima en Vitoria los prototipos que serán homologados y testados en 2012, y comercializados un año después. La idea, avanzó recientemente el ingeniero que está coordinando todo el proceso, *Carlos Fernández Isord*, pasa por sacar a la venta el primer *Hiriko* en 2013 con un coste de 12.500 € más impuestos. En este empeño tratarán de reforzar hoy la imagen del proyecto en la cita industrial más importante del año. En un stand de 200 m² la firma alavesa estará acompañada por el resto de compañeros de viaje que han fabricado los principales componentes de este vehículo electrónico (electrónica, chasis, vidrios, carrocería, dirección y robot-ruedas).

GUARDIAN. Entre esos socios estará la multinacional *Guardian*, con sede en Llodio, encargada del diseño, homologación y fabricación del cristal calentable y reflejante que se empleará en todas las partes de vidrio de este vehículo: techo solar, parabrisas y laterales. Además, la planta alavesa producirá otra versión fotovoltaica para contribuir a la autonomía del coche.

La *Cumbre Industrial y Tecnológica* tiene carácter bienal y regresa al *BEC* después de que su última edición, la de 2009, tuviera que ser suspendida por la crisis económica, ya que apenas 130 empresas mostraron su interés en participar. De las 888 compañías confirmadas en la presente edición, un 30% procederán del extranjero, de las que el 81% serán europeas y el 19% de otros continentes. El certamen será inaugurado por el consejero de Industria.

FUENTE: *Hiriko presenta su sistema de producción y ensamblaje modular en la cita industrial del año*, Europa Press, A. G., 27 de Septiembre de 2011.

3. LA SELECCIÓN DEL PROCESO: FACTORES DETERMINANTES

Estructura del producto	Bajo volumen, escasa estandarización, «unidad» del producto	Bajo volumen, varios productos, reducida estandarización	Mayor volumen, estandarización creciente, gama limitada de productos principales	Alto volumen, fuerte estandarización, muy estrecha gama de productos
Talleres	Modisto de alta costura			INEFICIENCIA EN COSTES
Batch		Planta de maquinaria pesada Pianos de cola		
Just in time		Imprenta comercial		
Línea			Fábrica de montaje de automóviles	
Continua	INEFICIENCIA EN COSTES			Refinería de azúcar

Tabla 2. Matriz Producto-Proceso. **FUENTE:** Adaptada de Hayes y Wheelwright, 1979.

4. DISEÑO DEL PROCESO: ANÁLISIS DEL FLUJO DE TRABAJO

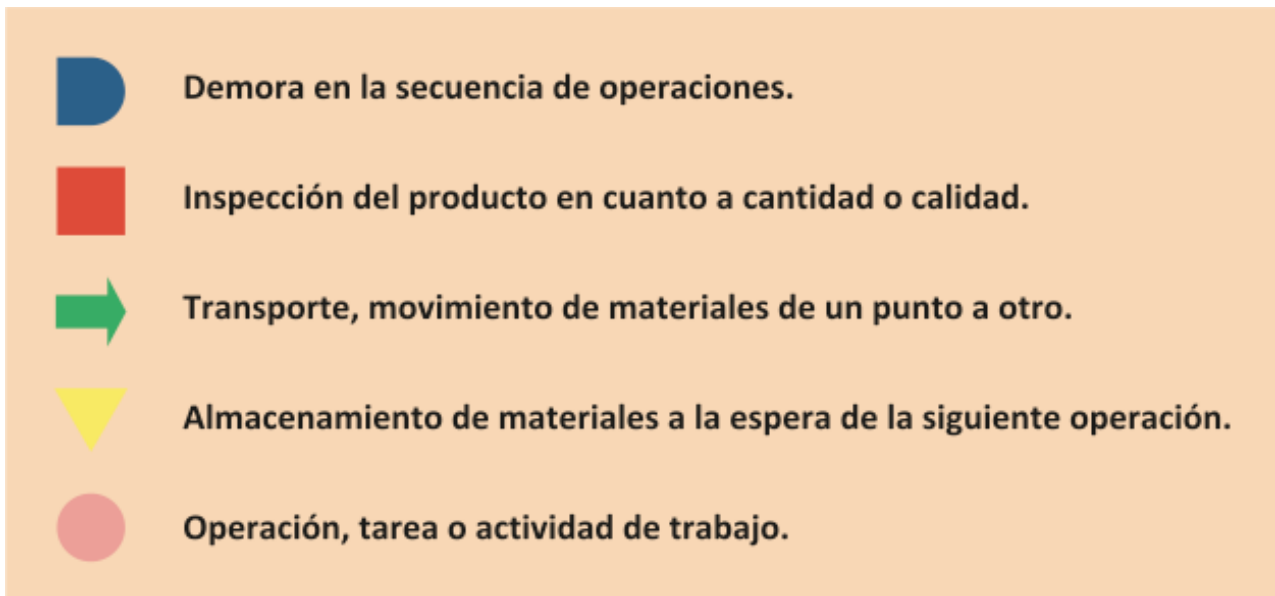


Figura 4. Principales símbolos de los diagramas de flujo de proceso.

TIPO DE PROCESO	SÍMBOLOS					Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Observaciones
	●	→	■	▼	■			
Enviar a sección de cortado		●				2	50	
Cortar el asiento	●					4		
Esperar al operario de la siguiente sección			●			1		
Cepillar la madera	●					2,3		
Esperar al vehículo de transporte			●			1		
Llevar a la zona de inspección		●				3,5	150	
Inspeccionar las dimensiones y acabado				●		3		
Transportar al almacén		●				4	250	
Almacenamiento				●		5		

Tabla 3. Ejemplo de Diagrama del flujo de Procesos: proceso para la fabricación del asiento de un taburete.
FUENTE: Adaptado de Miranda et al, 2005.

1. Qué:	<p>¿Qué necesita el cliente?</p> <p>¿Qué operaciones son realmente necesarias?</p> <p>¿Qué operaciones pueden eliminarse, combinarse o simplificarse?</p>
2. Quién:	<p>¿Quién está ejecutando cada una de las operaciones?</p> <p>¿Quiénes son los proveedores?</p> <p>¿Puede rediseñarse la operación de modo que se invierta una menor cantidad de mano de obra capacitada o menor número de horas de trabajo?</p>
3. Cuándo:	<p>¿Cuándo tiene lugar cada operación?</p> <p>¿Puede mejorarse el <i>layout</i> para reducir la distancia recorrida?</p>
4. Dónde:	<p>¿Dónde tiene lugar cada operación?</p> <p>¿Algunas operaciones crean cuellos de botella?</p> <p>¿Existe una demora o un almacenamiento en exceso?</p>
5. Cómo:	<p>¿Cómo se hace cada operación?</p> <p>¿Pueden emplearse mejores métodos, procedimientos o equipos?</p>

Tabla 4. Preguntas del tipo qué, quién, cuándo, dónde y cómo para el análisis y mejoramiento del flujo del proceso.

5. TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA: PROBLEMÁTICA ASOCIADA

¿CÓMO SE CONSTRUYE UN FERRARI?

A pesar de la fama y las fastuosas cantidades de dinero que maneja Ferrari, es sabido que la construcción de sus autos es semi-artesanal, en una planta muy reducida de producción que satisface a la medida la exclusividad de sus coches (y su altísimo precio).

Después de todo el proceso de diseño, fabricación y pruebas de manejo y seguridad del nuevo Ferrari, se procede a la salida del primer modelo a la venta. Por ejemplo, la línea de montaje del F50 (quizá el modelo más exclusivo de la década de los noventa) permitía construir sólo dos vehículos a la vez, suficiente para un modelo tan especial que tenía entre sus requisitos para su compra haber tenido antes un F40 y aceptar una cláusula de no venta en los dos años posteriores a su adquisición.

Describir las piezas que requería el auto sería demasiado extenso. Lo único cierto es que la planta para este modelo tenía todas las comodidades necesarias para los operarios, que cuentan con una paciencia extrema en la construcción del auto, que debía rozar la perfección como todo Ferrari.

Pero esta perfección también debería sentirla el cliente, quien era invitado a la misma fábrica de Maranello para que sea él mismo el que vea cómo se construye su auto, aprovechando su estadía para tomarle las medidas necesarias para regularle la distancia de los pedales, timón, asientos, etc., y hacerle un asiento adecuado para asegurarle la mayor comodidad posible.

Aunque se diga que la forma artesanal de trabajo puede ocasionar algunos errores en la construcción del auto, en el caso de Ferrari éste margen es mínimo. En el caso de que alguna parte del auto falle, el concesionario lo arreglará de inmediato, y si el problema es más complicado, un técnico es enviado desde Maranello hacia el lugar donde es requerido, con las piezas y la logística requerida para solucionar el problema.

Así de perfecta puede ser una Ferrari cuando está en problemas, así de perfecta es la Ferrari cuando uno cuenta con ella.

FUENTE: *¿Cómo se construye un Ferrari?*, Super-Autos, 18 de Julio de 2008.

5.1. Distribución en planta por proceso

EJEMPLOS:

1. La Biblioteca de la Universidad está considerando una nueva ubicación para el departamento 6 (compras) que quiere cambiar por el 2 (información sobre ciencias sociales). De acuerdo con los datos que se mencionan a continuación, ¿cuál sería el impacto de este cambio?

Matriz de flujos

	1	2	3	4	5	6
1	-	100	-	100	200	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	10	100	-
4	-	-	-	-	-	100
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-

Distribución actual

1	2	3
6	5	4

SOLUCIÓN:

En este caso, lo primero que parece conveniente calcular son las necesidades de transporte mensuales con la distribución física actual, y posteriormente con la nueva propuesta, a fin de poder comparar ambas. Tales necesidades mensuales pueden calcularse teniendo en cuenta, por una parte, los traslados mensuales de libros entre los diferentes departamentos, y por otra las distancias relativas entre ellos. En relación con los costes de transporte, en este ejemplo se considera que el coste unitario es el mismo en todos los casos, lo que no afectaría a la solución final. Considerando que la distancia relativa es una unidad entre departamentos adyacentes (bien estén situados en línea o en diagonal), el transporte total mensual con la distribución actual sería:

$$TT = 100 + 100*2 + 200*1 + 10*1 + 100*1 + 100*2 = 810 \text{ ms./mes}$$

La nueva distribución propuesta, que implica el intercambio de las secciones 2 y 6, supone unas necesidades de transporte de:

$$TT = 100 + 100*2 + 200*1 + 10*1 + 100*1 + 100*1 = 710 \text{ ms./mes}$$

lo que supone una variación de:

$$V_{TT} = (710 - 810)/810 = -0,123$$

Ello significa que las necesidades de transporte se han reducido en un 12,3%. Sin embargo, esta solución aún puede ser mejorada, por cuanto se puede obtener una solución óptima, como puede ser por ejemplo:

Distribución óptima

1	5	3
2	4	6

Con esta nueva solución, que como hemos dicho no es la única solución óptima que puede alcanzarse, las necesidades de transporte son:

$$TT = 100 + 100 + 200 + 10 + 100 + 100 = 610 \text{ ms./mes}$$

con una variación respecto de la situación inicial de:

$$V_{TT} = (610 - 810)/810 = -0,246$$

lo que supone una mejora del 24,6%.

2. En la *Fig. 5* aparece la sección de la Facultad de Ciencias Empresariales que contiene las oficinas del Departamento de Administración. Cada oficina mide aproximadamente 3*3 m., de manera que la distancia por recorrer entre oficinas adyacentes es de 3 m., mientras que entre oficinas situadas diagonalmente es de 4,5 m. El número promedio de viajes interpersonales efectuados diariamente se puede ver en la matriz de cargas de la Tabla 4. Suponiendo que al director de departamento se le paga el doble que a la secretaria y al auxiliar administrativo, determínese si la distribución actual es la menos costosa y, en caso contrario, señalar qué distribución sería mejor.

Auxiliar	Jefe
Servicios	Secretaría

Figura 5

	Auxiliar	Jefe	Secretaría
Auxiliar	-	5	17
Jefe	5	-	10
Secretaría	13	25	-

Tabla 4.

SOLUCIÓN:

En principio, para determinar una solución al problema propuesto no vamos a considerar la posibilidad de reubicar los servicios, puesto que con ello no se lograría resultado alguno que no se pueda alcanzar trasladando cualquiera de las otras oficinas. Por otra parte, también hay que tener en cuenta que muchas distribuciones son simétricas y por tanto su coste es idéntico, lo que hace necesario tener que evaluarlas. El problema, hechas estas consideraciones, se reduce a determinar qué oficina se ha de situar diagonalmente respecto a los servicios, siendo 3 las posibilidades: la oficina del jefe o director, la del auxiliar administrativo o la secretaria. El coste total de cada una de estas alternativas será el resultado de multiplicar el número de viajes efectuados por los ingresos relativos de cada persona y por unidad de distancia recorrida (tenemos las unidades de distancia tanto en paralelo como en diagonal). Analizando cada una de las 3 alternativas posibles tenemos:

- 1a. Disposición actual, con la oficina del director en diagonal respecto a los servicios:

$$CT = 1*5*3 + 1*17*4,5 + 2*10*3 + 2*5*3 + 1*13*4,5 + 1*25*3 = 315 \text{ u.m.}$$

- 2a. Oficina del auxiliar en diagonal:

$$CT = 5*3*1 + 17*3*1 + 5*3*2 + 10*4,5*2 + 13*3*1 + 25*4,5*1 = 337,5 \text{ u.m.}$$

- 3a. Oficina de la secretaria en diagonal:

$$CT = 1*5*4,5 + 1*17*3 + 5*4,5*2 + 10*3*2 + 13*3*1 + 25*3*1 = 292,5$$

Luego, la mejor distribución sería aquella que sitúa la secretaria en diagonal respecto a los servicios, siendo indiferente la posición relativa que ocupen las otras 2 oficinas.

3. Una compañía cuyo proceso fabril se halla configurado por lotes ha decidido llevar a cabo la redistribución actual de su planta al considerar que la distribución actual genera unas necesidades de transporte excesivamente elevadas. Si el tráfico de materiales entre las distintas secciones, las distancias existentes entre las mismas y la distribución actual aparecen a continuación, se pide:

- Calcular las necesidades de transporte actuales.
- Proponer una nueva distribución que minimice el transporte total.

	Matriz de Flujos								Matriz de distancias actuales					
	A	B	C	D	E	F			A	B	C	D	E	F
A	-	100	50	-	-	50		A	-	10	20	15	25	35
B	25	-	-	50	-	-		B	-	-	10	10	20	30
C	25		-	-	50	-		C	-	-	-	15	25	35
D	-	25	-	-	20	-		D	-	-	-	-	10	20
E	50	-	100	-	-	-		E	-	-	-	-	-	10
F	10	-	20	-	-	-		F	-	-	-	-	-	-

A			
B	D	E	F
C			

SOLUCIÓN:

En este caso, el transporte total a realizar en la planta con la distribución actual se puede calcular fácilmente multiplicando los datos contenidos en la matriz de flujos por las distancias correspondientes entre los distintos departamentos. La distancia total será:

$$DT = 100 \cdot 10 + 50 \cdot 20 + 50 \cdot 35 + 25 \cdot 10 + 50 \cdot 10 + 25 \cdot 20 + 50 \cdot 25 + 25 \cdot 10 + 20 \cdot 10 + 50 \cdot 25 + 100 \cdot 25 + 10 \cdot 35 + 20 \cdot 35 = 11.500 \text{ ms./mes}$$

Por lo que se refiere a la propuesta de una nueva distribución, es necesario tener en cuenta 2 cuestiones:

- En primer lugar, que resulta necesario analizar cuáles son las secciones con mayor tráfico e interrelación con otras, puesto que dichas secciones deberían estar situadas en posiciones centrales dentro de la distribución.
- En segundo lugar, que cualquier modificación en la distribución actual implica a su vez un cambio en las distancias entre las secciones. Por este motivo, resulta imprescindible calcular las distancias en términos relativos. Para ello, y a partir de los datos de distancias actuales, resulta necesario conocer la distancia existente entre secciones que están en línea o en diagonal. La matriz de distancias actuales indica que las secciones en paralelo tienen una distancia de 10, mientras que la distancia unitaria en diagonal es de 15 metros.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, una posible distribución sería:

E			
C	A	B	D
F			

Con la cual, la nueva distancia total sería:

$$DT = 100 \cdot 10 + 50 \cdot 10 + 50 \cdot 15 + 25 \cdot 10 + 50 \cdot 10 + 25 \cdot 10 + 50 \cdot 10 + 25 \cdot 10 + 20 \cdot 35 + 50 \cdot 15 + 100 \cdot 10 + 10 \cdot 15 + 20 \cdot 10 = 6.800 \text{ m.s./mes}$$

que supone una mejora significativa respecto de la solución inicial y por tanto, si bien no resulta posible garantizar que sea óptima, sí se puede considerar aceptable.

5.2. Distribución en planta por producto (línea de producción)

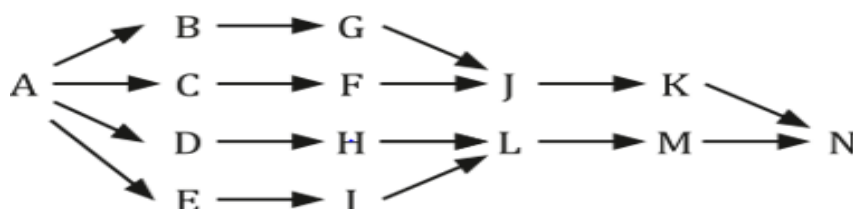
EJEMPLOS:

1. Una organización industrial desea instalar una cadena de montaje para elaborar uno de sus productos. Sabiendo que la producción necesaria en una jornada de trabajo de 8 horas es de 600 unidades se desea conocer el equilibrado de la línea, considerando las tareas de mayor a menor tiempo de ejecución. La tabla muestra las tareas que forman parte del proceso, así como sus tiempos de ejecución t_i y sus relaciones de precedencia.

Tareas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
ti (segundos)	28	12	16	20	22	14	16	8	10	24	22	10	14	10
Precedentes	-	A	A	A	A	C	B	D	E	F, G	J	H, I	L	K, M

SOLUCIÓN:

El primer paso para la resolución del ejercicio es construir el diagrama de precedencias asociado a este proceso de producción. En este caso, será:



A partir de aquí, y teniendo en cuenta que la producción deseada es de 600 unidades diarias, el valor de r , expresado en unidades por hora, es de:

$$r = 600/8 = 75 \text{ u.f./hora}$$

Para que dicha producción pueda alcanzarse, el tiempo ciclo de la línea debe ser:

$$c = \frac{1}{75} * 3.600 = 48 \text{ sgs./u.f.}$$

y, sumando los tiempos de ejecución, t_i , de todas las actividades y dividiendo por el tiempo ciclo, el mínimo teórico de estaciones con el que se puede conseguir el equilibrado es:

$$MT = 226/48 = 4,70$$

que ajustado por exceso suponen 5 estaciones.

A partir de aquí, debe procederse a la asignación de tareas a las diferentes estaciones, con lo que tenemos:

ESTACIÓN	TAREA	ti	SUMA tie	toe
1	A	28	28	20
	D	20	48	0
2	E	22	22	26
	C	16	38	10
	I	10	48	0
3	F	14	14	34
	B	12	26	22
	G	16	42	6
4	J	24	24	24
	K	22	46	2
5	H	8	8	40
	L	10	18	30
	M	14	32	16
	N	10	42	6

Dado que se ha conseguido equilibrar el proceso con el mínimo teórico de estaciones, se consigue maximizar la eficiencia por la vía de la minimización del tiempo ocioso y el retraso de la línea. En este ejemplo, tenemos que:

$$t_o = nc - \sum_{i=1}^n t_i = 5 * 48 - 226 = 14 \text{ sgs.}$$

que se corresponden con la suma de los tiempos ociosos de cada una de las estaciones (6 segundos en la tercera y la quinta, y dos segundos en la cuarta)

$$E = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{nc} = 100 * \frac{226}{240} = 94,17\% \quad \text{y} \quad R = 100 - E = 5,83\%$$

2. Una empresa desea instalar una nueva cadena de montaje en su organización con el fin de elaborar uno de sus productos. Las tareas que forman el proceso, así como sus relaciones de precedencia y tiempos de ejecución son los siguientes:

Tareas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ti (segundos)	24	12	28	6	19	20	14	18	10	16	8
Precedentes	-	A	A	A	C, D	B	F	E, F	H	G	J, I

Con estos datos se desea:

- Determinar el volumen máximo de producción diario, para una jornada laboral de 8 horas.
- Equilibrar la línea de montaje para un volumen de producción diario de 800 u. f. y una jornada laboral como la indicada en el punto a.
- Calcular la eficiencia y el tiempo ocioso de la línea tras el equilibrado.

SOLUCIÓN:

a. Para resolver esta primera cuestión es necesario tener en cuenta que el flujo de producción no puede ser más rápido que el determinado por la operación más lenta, que en este caso es la C, con 28 segundos. Este tiempo sería el que determina el tiempo ciclo, y a partir de ahí se puede proceder a calcular la producción máxima horaria como:

$$r = \frac{1}{28 \text{ sgs./pieza}} * 3.600 \text{ sgs./hora} = 128,57 \text{ piezas/hora}$$

que para una jornada laboral de 8 horas significan 1.028,57 piezas/día

b. Si ahora la producción deseada es de 800 piezas al día, lo que significa 100 piezas a la hora, el tiempo ciclo quedará:

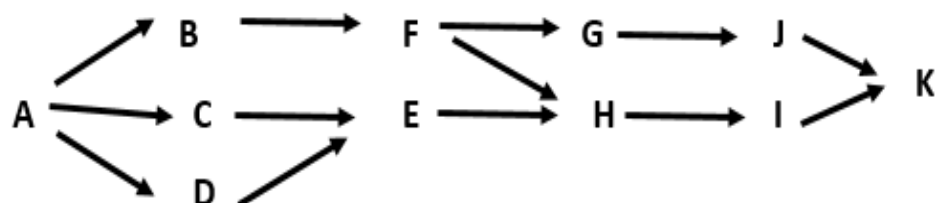
$$c = \frac{1}{100} * 3.600 = 36 \text{ sgs./u.f.}$$

y el mínimo teórico de estaciones:

$$MT = 175/36 = 4,86$$

es decir 5 estaciones.

Para proceder al equilibrado, realizamos en primer lugar el diagrama de precedencias, que quedará de la forma:



Una vez determinado, la asignación de tareas a las estaciones quedará:

ESTACIÓN	TAREA	t _i	SUMA t _{ie}	t _{oe}
1	A	24	24	12
	B	12	36	0
2	C	28	28	8
	D	6	34	2
3	F	20	20	16
	G	14	34	2
4	E	19	19	17
	J	16	35	1
5	H	18	18	18
	I	10	28	8
	K	8	36	0

c. En este ejemplo, el tiempo ocioso es de:

$$t_o = nc - \sum_{i=1}^n t_i = 5 * 36 - 175 = 5 \text{ sgs.}$$

$$E = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{nc} = 100 * 175/180 = 97,22\%$$