

## CAPÍTULO 13

# LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN: CONCEPTO, ELEMENTOS INFLUYENTES, CAPACIDAD, LOCALIZACIÓN, PROCESO, DISTRIBUCIÓN Y CONTROL

### OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este capítulo el lector deberá, al menos, ser capaz de explicar a otras personas las cuestiones siguientes:

1. El significado de la producción a nivel agregado y conocer la incidencia que esa función tuvo en España en los últimos años.
2. La relación que existe entre demanda de los consumidores y producción, así como los elementos fundamentales que integran la función de producción.
3. Lo que significa planificar la producción en una empresa; esto es, qué decisiones relevantes tienen que adoptar los responsables de área de producción en cada empresa.
4. Cómo se determina la capacidad de producción en la planta productiva.
5. Qué problemas plantea el no acertar con la capacidad necesaria.
6. Qué tipos diferentes de capacidad se distinguen en el capítulo.
7. Cómo se elige la localización y ubicación óptimas de las plantas de producción.
8. En qué consiste el método de los factores ponderados.
9. Qué diferencias hay entre el modelo aditivo y el multiplicativo.
10. Cómo puede elegirse el tipo de proceso más adecuado a las necesidades de una producción concreta.
11. Cómo se implementa la mejor distribución de equipos, materiales y trabajadores.
12. Algunas técnicas para el control de la producción.
13. Qué son los tiempos early y last.

# GUIÓN-ESQUEMA

## ■ Significado

- Obtención de los bienes servicios que consumimos
- Creación de riqueza
- Distribución de la riqueza generada
- Subsistema técnico
- Subsistema organizativo

## ■ Función de Producción

- $Y_t = F(K_p, L_p)$
- $Y_t = f_{K_t \approx K_{t-1}}(L_t)$

## ■ Medida

- PIB
  - Sectores Productivos
  - Distribución de la renta
  - Consumo, inversión y saldo comercio exterior

## ■ La Producción en la empresa

- Problemas estratégicos
  - ¿Qué producir?
  - ¿Cuánto producir?
  - ¿Cómo producir?
  - ¿Dónde producir?
- Problemas tácticos
  - Políticas de compras
  - Gestión de inventarios
  - Planificar y dirigir el proceso productivo
  - Minimizar costes

## ■ Capacidad

- ¿Cuánto producir?
- Medidas
  - Capacidad técnica
  - Capacidad efectiva
  - Eficiencia esperada
  - Eficiencia lograda
  - Capacidad estimada
- Capacidad y demanda = La capacidad de producción debe satisfacer la demanda futura lo más exactamente posible

## ■ Localización

- La localización de la planta productiva afecta a los costes de producción
- Factores afectados por la localización
  - Recursos humanos
  - Suministros de materias primas y materiales
  - Distancia a los mercados de suministros y de venta de los bienes producidos
  - Presión fiscal
- Técnicas de localización
  - Métodos de los factores poderados
    - Modelo aditivo
    - Modelo multiplicativo
  - Modelo de factor determinante

## ■ Proceso

- Estrategia destinada a obtener el producto
- Cumplimiento de las exigencias de calidad
- Cumplimiento de las condiciones económicas y financieras
- Estrategias de proceso
  - Combinación de factores sencillos
  - Combinación de factores complejos

## ■ Distribución de la planta

- Por producto-taller de flujo-repetitiva y continua
- Por proceso-centro de trabajo-intermitente
- De posición fija-proyecto
- De servicios

## ■ Control

- Método PERT

## 1. Significado de producción

de producción desde el punto de vista general, puede entenderse como la aplicación racional (es decir, pensada y organizada) y procesada (mediante desarrollo de un proceso compuesto de fases) de diversas tecnologías (integraditas por recursos materiales y humanos) que tienen como meta final como del que denominamos intermedio, es decir, de los bienes que se producen para ser aplicados a procesos de producción posteriores; tal es el caso de la producción de máquinas o herramientas.

El objetivo es producir al menor coste posible, para esto se requiere no solo del conocimiento de las herramientas y máquinas y demás instrumentos para la obtención física de los productos, sino también (y sobre todo) el conocimiento de las cada vez más sofisticadas técnicas de administración y gestión empresarial.

El análisis de los procesos de producción puede hacerse visualizando la serie de flujos que conectan, a lo largo de cada proceso, los factores empleados en la producción con los productos que se obtienen al final. Cada proceso incluye una serie de operaciones ordenadas según la tecnología utilizada, previamente programadas para coordinar materiales y trabajo humano. En cualquier proceso de producción existen 2 subsistemas:

- \* Subsistema técnico: engloba todos los factores de la producción → energía, mat. primas, maquinaria, capital...
- \* Subsistema organizativo: abarca diseño, la forma en que se han adquirido, el uso y la disposición que se le haya dado a los elementos tecnológicos y además, personas involucradas

los **directivos del área de producción** tienen la responsabilidad de coordinar armoniosamente los subsistemas técnico y organizativo.

Desde administración de empresas vamos a considerar el enfoque del **subsistema administrativo**, ya que el técnico es competencia de la ingeniería industrial.

## 2. Significado de la producción a nivel nacional

la producción, desde una perspectiva macroeconómica, abarca la totalidad de bienes y servicios generados por una economía en un periodo determinado. Su capacidad productiva depende de la cantidad y calidad del capital productivo y del trabajo disponible. Para expresar esto matemáticamente, se usa la **función agregada de producción** que establece que la producción total de bienes y servicios ( $y$ ) depende del capital ( $K$ ) y la mano de obra ( $L$ ) junto con el nivel tecnológico y la formación de los trabajadores, durante un periodo de tiempo corto ( $t$ )  $\rightarrow Y_t = F(K_t, L_t)$  Derivada teniendo en cuenta que K sea similar al periodo anterior  $\rightarrow Y_t = f_K \approx_{K_{t-1}} (L_t)$

En el corto plazo, se considera que el capital es constante, pues su variación significativa requiere tiempo e inversión, dejando al trabajo como factor clave en la producción  $\rightarrow$  **Función agregada de productividad total del trabajo** =  $\frac{Y_t}{L_t}$  → bienes producidos por 1 trabajador.

El nivel de producción también determina la demanda de trabajo, influyendo en la tasa de empleo y desempleo. Sin embargo, el desempleo persiste porque la cantidad de bienes producidos depende de la demanda esperada de los consumidores. Esta está influida por la renta disponible, el ahorro, el nivel de precios y el tipo de interés. Además, los empresarios ajustan la contratación en función del costo salarial, lo que afecta la producción y el empleo.

El subsistema de producción tiene encargado la creación de riqueza nacional.

El producto nacional se mide a través del **Producto Interno Bruto (PIB)**

que representa el valor total de los bienes y servicios finales generados en un país. El PIB puede calcularse desde 3 perspectivas:

1. Por el valor añadido (flecha 1): ingresos que perciben las empresas
2. Por la demanda final (flecha 2): suma del caudal de gasto (suma consumo + inversión + capital + exportaciones menos importaciones)
3. Por la distribución del ingreso: salarios y excedentes brutos del capital o beneficios (flecha 3)

## 2. El PIB en España

■ TABLA 13.1. Población española de 16 años y más por actividad económica y sexo (2014).

	Ambos sexos	Varones	Mujeres
Población de 16 años y más	38.638,60	18.861,00	19.777,60
Activos	23.190,20	12.521,40	10.668,80
Ocupados	17.139,00	9.315,80	7.823,20
Parados	6.051,10	3.205,60	2.845,50
Inactivos	15.448,40	6.339,60	9.108,80

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Datos referidos a 2014 (media de los cuatro trimestres).

Unidad: miles de personas.

■ TABLA 13.2. Empresas registradas por Sector Económico y por Comunidad Autónoma (1/1/2014).

CC.AA.	Sector Económico				
	Total	Industria	Construcción	Comercio	Resto de servicios
Andalucía	468.930	27.100	52.694	133.001	256.135
Aragón	88.114	6.734	12.711	20.066	48.603
Asturias	66.342	3.551	8.441	15.414	38.936
Baleares	84.270	4.408	14.020	16.632	49.210
Canarias	128.518	4.996	14.001	32.408	77.113
Cantabria	36.698	2.075	5.447	8.487	20.689
Castilla y León	159.473	11.844	24.543	40.129	82.957
Castilla-La Mancha	123.095	12.272	19.436	33.391	57.996
Cataluña	576.565	37.164	73.916	129.371	336.114
C. Valenciana	330.855	24.545	41.680	86.331	178.299
Extremadura	62.929	4.834	8.466	19.158	30.471
Galicia	191.745	12.676	29.475	49.542	100.052
Madrid	494.509	23.152	59.114	97.620	314.623
Murcia	86.782	6.634	12.052	24.326	43.770
Navarra	41.582	3.858	6.146	9.692	21.886
País Vasco	149.245	12.401	22.168	34.230	80.446
La Rioja	22.314	2.445	3.128	5.499	11.242
Ceuta	3.590	83	325	1.449	1.733
Melilla	3.754	63	326	1.737	1.628
<b>TOTAL</b>	<b>3.119.310</b>	<b>200.835</b>	<b>408.089</b>	<b>758.483</b>	<b>1.751.903</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.



De la población total mayores de 16 años registradas, en disposición de trabajar había un total de 23.190.200, así que 15,5 millones estaban inactivos. 17.139.000 personas trabajaban en alguna empresa registrada (3.119.310)

# Vamos a ver a continuación las tablas explicativas de la evolución del PIB español

■ TABLA 13.3. Producto Interior Bruto a precios de mercado desde la Perspectiva de la producción generada por los distintos sectores.

Componentes	2007	2008	2009	2010(P)*	2011(P)*	2012(P)*	2013(A)*
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	26.376	25.561	23.549	25.253	24.317	23.634	26.578
Industria	176.905	183.870	167.465	169.978	172.183	167.200	168.603
Construcción	109.192	113.190	106.503	87.526	74.177	60.779	55.070
Servicios	660.382	703.051	708.605	707.156	717.612	717.723	708.220
- Comercio transporte y hostelería	214.838	224.635	220.893	222.593	228.067	230.882	228.198
- Información y comunicaciones	42.582	44.071	44.637	43.430	42.809	42.892	39.726
- Actividades financieras y de seguros	51.678	55.125	57.216	43.936	40.907	40.821	35.587
- Actividades inmobiliarias	86.701	91.968	89.901	100.489	107.212	112.005	114.455
- Actividades profesionales	69.727	74.609	73.116	70.971	73.227	72.009	70.527
- Administración pública, sanidad y educación	158.626	173.798	183.092	185.094	184.294	177.997	178.677
- Actividades artísticas y otros servicios	36.230	38.845	39.750	40.643	41.096	41.117	41.050
Impuestos netos sobre los productos	107.952	90.535	72.912	91.000	86.858	85.822	90.710
<b>PIB A PRECIOS DE MERCADO</b>	<b>1.080.807</b>	<b>1.116.207</b>	<b>1.079.034</b>	<b>1.080.913</b>	<b>1.075.147</b>	<b>1.055.158</b>	<b>1.049.181</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. En miles de personas. Datos en millones de euros y a precios corrientes.

(P)\* - Dato Provisional; (A)\* - Avance

■ TABLA 13.5. Producto Interior Bruto a precios de mercado desde la perspectiva del consumo, inversión y comercio exterior.

Componentes	2007	2008	2009	2010(P)*	2011(P)*	2012(P)*	2013(A)*
Gasto en consumo final	806.882	843.061	826.374	840.470	842.224	825.741	814.532
- Gasto en consumo final de los hogares	605.824	623.029	595.010	607.981	611.839	607.996	599.537
- Gasto en consumo final de las ISFLSH	10.016	10.511	10.336	10.774	10.712	10.816	10.777
- Gasto en consumo final de las AAPP	191.042	209.521	221.028	221.715	219.673	206.929	204.218
Formación bruta de capital	338.676	330.352	265.073	254.549	235.555	212.936	198.892
- Formación bruta de capital fijo	335.552	326.064	262.499	248.987	230.271	208.358	194.310
- Variación de existencias y adquisiciones menos cesiones de objetos valiosos	3.124	4.288	2.574	5.562	5.284	4.578	4.582

■ TABLA 13.6. Producto Interior Bruto a precios de mercado desde la perspectiva de la renta o distribución de la riqueza generada entre salarios, excedentes e impuestos.

Componentes	2007	2008	2009	2010(P)*	2011(P)*	2012(P)*	2013(A)*
Remuneración de los asalariados	522.556	559.777	549.173	541.475	531.879	501.909	490.253
Excedente de explotación bruto / Renta mixta bruta	450.170	465.182	455.174	445.879	453.354	458.324	458.590
Impuestos netos sobre la producción y las importaciones	108.081	91.248	74.687	93.559	89.914	94.925	100.338
<b>PIB PRECIOS DE MERCADO</b>	<b>1.080.807</b>	<b>1.116.207</b>	<b>1.079.034</b>	<b>1.080.913</b>	<b>1.075.147</b>	<b>1.055.158</b>	<b>1.049.181</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Datos en millones de euros y a precios corrientes.

(P)\* - Dato Provisional; (A)\* - Avance

■ TABLA 13.4. Comparación PIB 2007 – 2013 a precios de mercado desde la Perspectiva de la producción generada por los distintos sectores (%).

Componentes	2007	Porcentaje (%) s/total	2013	Porcentaje (%) s/total
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	26.376	2,44%	26.578	2,53%
Industria	176.905	16,37%	168.603	16,07%
Construcción	109.192	10,10%	55.070	5,25%
Servicios	660.382	61,10%	708.220	67,50%
Impuestos netos	107.952	9,99%	90.710	8,65%
<b>TOTAL</b>	<b>1.080.807</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.049.181</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y elaboración propia.

Podemos ver la evolución desde 2007 hasta 2013.

El sector servicios tiene un peso del 67'50% en el PIB.

Crisis en el 2008/2009 (descenso un 3'33%), 2010 creció muy poco, un 0'17% →  $\frac{1075147}{1080913} - 1 = 0,0017 \times 100 = 0'17\%$ .

Componentes	2007	2008	2009	2010(P)*	2011(P)*	2012(P)*	2013(A)*
Exportaciones de bienes y servicios	277.851	282.589	244.658	275.847	309.575	319.882	331.073
Importaciones de bienes y servicios	342.602	339.795	257.071	289.953	312.207	303.401	295.316
<b>PIB PRECIOS DE MERCADO</b>	<b>1.080.807</b>	<b>1.116.207</b>	<b>1.079.034</b>	<b>1.080.913</b>	<b>1.075.147</b>	<b>1.055.158</b>	<b>1.049.181</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Datos en millones de euros y a precios corrientes.

(P)\* - Dato Provisional; (A)\* - Avance

¿Cuánto hemos gastado los españoles en comprar e invertir?

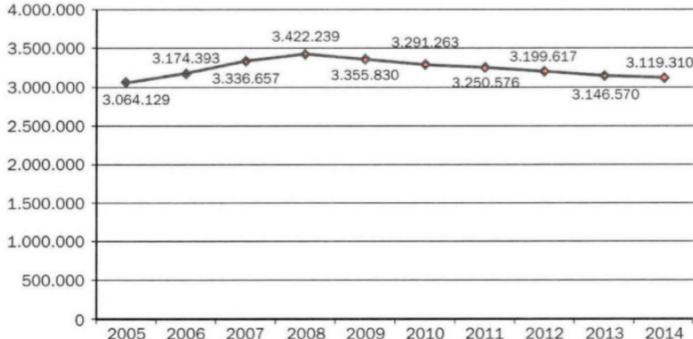
¿Cómo se ha distribuido la riqueza generada entre salarios, excedentes e impuestos?

■ TABLA 13.7. Datos comparativos del número de empresas activas a 1 de enero.

Nº de Empresas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	% (2007-2014)
Industria	244.359	245.588	243.729	230.301	220.935	214.992	206.585	200.835	-17,81%
Construcción	488.408	501.056	441.956	510.243	487.224	462.402	425.593	408.089	-16,45%
Comercio	845.229	843.212	830.911	796.815	782.194	773.657	765.379	758.483	-10,26%
Resto de Servicios	1.758.661	1.832.383	1.839.234	1.753.904	1.760.223	1.748.566	1.749.013	1.751.903	-0,38%
<b>TOTAL</b>	<b>3.336.657</b>	<b>3.422.239</b>	<b>3.355.830</b>	<b>3.291.263</b>	<b>3.250.576</b>	<b>3.199.617</b>	<b>3.146.570</b>	<b>3.119.310</b>	<b>-6,51%</b>

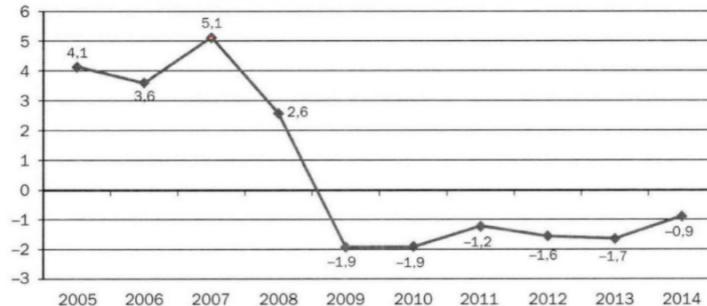
Fuente: DIRCE - Instituto Nacional de Estadística.

Evolución de la población de empresas (2005-2014)



Fuente: DIRCE – Instituto Nacional de Estadística.

Tasas de variación anual del número de empresas activas (2005-2014)



Fuente: DIRCE – Instituto Nacional de Estadística.

■ TABLA 13.8. Número de empresas activas por sectores económicos a 01 de Enero de 2014.

Número de empresas	01/01/2014	Porcentaje (%) s/total
Industria	200.835	6,44%
Construcción	408.089	13,08%
Comercio	758.483	24,32%
Resto de Servicios	1.751.903	56,16%
<b>TOTAL</b>	<b>3.119.310</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: DIRCE – Instituto Nacional de Estadística y elaboración propia.

d) El sector Resto de Servicios integra las actividades de hostelería, transporte y comunicaciones, inmobiliarias y de alquiler, servicios empresariales, actividades educativas, sanitarias y de asistencia social y otro tipo de actividades sociales, incluidos los servicios personales. El peso del comercio también es significativo ya que representa el 24,32% del total  $\frac{758.483}{3.119.310} = 0,2432 = 24,32\%$ . Por otra parte las empresas del sector construcción suponen el 13,08% del total, mientras que las adscritas al sector industrial suponen el 6,44%.

e) Otro dato muy relevante es que más de un millón y medio de empresas, concretamente 1.672.483 empresas, no tenían ningún asalariado al iniciarse el ejercicio de 2014, mientras que 921.000 del total tienen entre uno y dos empleados, lo que quiere decir que es notorio el predominio de empresas pequeñas o muy pequeñas en nuestro país.

■ TABLA 13.9. Número de empresas activas por sector económico e intervalo de asalariados a 01 de Enero de 2014.

	Total	Industria	Construcción	Comercio	Resto de servicios
Sin asalariados	1.672.483	77.310	251.288	378.517	965.368
De 1 a 2 asalariados	921.000	55.502	101.397	248.369	515.732
De 3 a 5 asalariados	284.612	24.867	30.582	79.583	149.580
De 6 a 9 asalariados	110.819	14.516	11.919	28.354	56.030
De 10 a 19 asalariados	70.226	13.864	7.834	13.598	34.930
De 20 o más asalariados	60.170	14.776	5.069	10.062	30.263
<b>TOTAL</b>	<b>3.119.310</b>	<b>200.835</b>	<b>408.089</b>	<b>758.483</b>	<b>1.751.903</b>

Fuente: DIRCE – Instituto Nacional de Estadística y elaboración propia.

El número de empresas ha disminuido

desde 2007

de tasa de variación que hay de un año respecto al anterior.

$$\text{Se calcula } \frac{(x_t - x_{t-1})}{x_{t-1}} \times 100 = \boxed{\% \text{ variación}}$$

$$\rightarrow \frac{(x_t - x_{t-1})}{x_{t-1}} = \boxed{\% \text{ variación}}$$

Vemos como el sector "Resto de servicios" tiene un gran peso.

a continuación

■ TABLA 13.10. Porcentaje de empresas activas por sector económico e intervalo de asalariados a 01 de Enero de 2014.

	Total	Industria	Construcción	Comercio	Resto de servicios
Sin asalariados	53,62%	38,49%	61,58%	49,90%	55,10%
De 1 a 2 asalariados	29,53%	27,64%	24,85%	32,75%	29,44%
De 3 a 5 asalariados	9,12%	12,38%	7,49%	10,49%	8,54%
De 6 a 9 asalariados	3,55%	7,23%	2,92%	3,74%	3,20%
De 10 a 19 asalariados	2,25%	6,90%	1,92%	1,79%	1,99%
De 20 o más asalariados	1,93%	7,36%	1,24%	1,33%	1,73%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: DIRCE – Instituto Nacional de Estadística y elaboración propia.

La distribución por tamaños es sensiblemente distinta en los diferentes sectores económicos; la mayor proporción de empresas pequeñas se encuentran en los sectores «Resto de servicios», donde el 84,54% emplean a dos o menos asalariados (29,44% en el tramo de 1 a 2 asalariados más el 55,10% sin asalariados) y «Comercio», en el que el 82,65% de las empresas emplean, como máximo a dos asalariados (Tabla 13.10: 32,75% en el tramo de 1 a 2 asalariados más el 49,90% sin asalariados).

Por el contrario, el peso de las empresas grandes se concentra en la «Industria», donde un 7,36% del total de las empresas emplea a 20 o más asalariados. Las tablas 13.9 y 13.10 ilustran la situación descrita.

f) Con las referencias dadas hasta aquí relativas a la población activa y al número y estructura de las empresas (Tablas 13.1 y 13.2), conviene advertir que, según indican las tablas 13.3 a 13.6, el Producto Interior Bruto a precios de mercado superó el billón

g) Como ya se ha indicado antes, también conviene advertir que nuestra economía, al igual que todas las economías desarrolladas, se caracteriza por la gran importancia que tiene el sector servicios en la generación de riqueza; repárese que, según la tabla 1.4, en el año 2013 la aportación del *sector servicios* al PIB fue nada menos que del 67,50%. En segundo lugar se situó el *sector industrial* que con sus 168.603 millones de euros representó el 16,07% del total del PIB del 2013: 1049181 millones de euros. El sector de la *construcción*, que aportó 55.070 millones de euros a la riqueza nacional, significó el 5,25% del total, mientras que el sector primario (agricultura y pesca) solo representó el 2,53%.

En la figura 13.2 se representan gráficamente los datos del año 2013:



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y elaboración propia.

■ FIGURA 13.2. El PIB de 2013 desde el lado de la oferta.

### 3. Determinación de la capacidad de producción

¿Qué producir? → Se analiza en marketing. ¿Cuánto producir? Una cuestión clave

Determinar la capacidad productiva de la planta es un tema de capital importancia, relacionado con el diseño del proceso de producción; se trata de definir la cantidad máxima de output que el proceso en su conjunto, funcionando en base a una utilización ideal de las instalaciones, será capaz de generar por unidad de tiempo.

Se mide de distintas formas, como el número de unidades producidas por turno, día o semana, y su planificación afecta tanto a gastos fijos (tamaño instalaciones) como a gastos variables (consumo de energía, mantenimiento y cantidad de máquinas utilizadas). Una capacidad de producción mal ajustada:

#### 1. Capacidad insuficiente para la demanda.

Una parte del mercado quedará insatisfecha.

Se pueden aplicar estrategias para redirigirlas a otros productos (publicidad).

Si el exceso de demanda va a ser permanente, la empresa deberá verificar que está utilizando la capacidad instalada correctamente y corregir las posibles deficiencias, o si todo es correcto, plantear una expansión.

#### 2. Capacidad superior a la demanda.

Genera subutilización de equipos (hay stock límite).

Se pueden incentivar las ventas con publicidad y/o precios.

Si la demanda no crece, se deben reasignar recursos a nuevos productos o incluso reducir instalaciones y personal.

### 3.1. Determinación de las necesidades futuras de capacidad

Para los directivos del área de producción, la planificación de la capacidad es un desafío constante, ya que la demanda rara vez es estable y es difícil predecirla.

### 3.2. Clases de capacidad

Hay al menos 3 medidas relacionadas con el párrafo anterior:

1. **Capacidad técnica o proyectada** = Cantidad de output posible por unidad de tiempo (según los equipos)

Es la cantidad máxima de producto que pueden generar las instalaciones, su potencia máxima (100%).

2. **Capacidad efectiva o de utilización** = Capacidad técnica por % de utilización

Fórmulas

Es la capacidad máxima utilizable según el porcentaje de uso de las máquinas que decide la empresa.

$$\begin{aligned} \text{Eficacia esperada} &= \text{Capacidad efectiva} \times \text{Porcentaje estimado de eficiencia} \\ \text{Eficacia lograda} &= \frac{\text{Cantidad de output obtenido}}{\text{cantidad de output de cap. efectiva}} \end{aligned}$$

} Para medir la eficiencia a posteriori

3. **Capacidad estimada o esperada** = capacidad técnica  $\times$  % de utilización  $\times$  eficiencia

Es la capacidad real esperada considerando las anteriores.

Ejemplo → Fábrica de baños: tiene instalado para la fabricación de una pieza un proceso de dos líneas capaces de producir 50 piezas cada una por semana. Se está consiguiendo una eficiencia del 87,5% y una utilización del 85% a partir de dos turnos de trabajo diarios en cada línea. Calcula la capacidad estimada de producción.

$$\text{Capacidad técnica} = 50 \text{ piezas} \times 2 \text{ líneas de producción} \times 2 \text{ turnos} = 200 \text{ piezas/semana}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 87,5\% = 0,875$$

$$\text{Porcentaje de utilización} = 85\% = 0,85$$

$$\text{Capacidad esperada} = 200 \times 0,875 \times 0,85 = 148 \text{ piezas semanales.}$$

### 3.3. La capacidad y la demanda

La demanda evoluciona constantemente debido a múltiples factores como la economía, la tecnología y las preferencias del consumidor. Dado que la capacidad productiva debe ajustarse a la demanda, su planificación requiere métodos estadísticos y económicos para pronosticar el futuro. Planificación:

1. **Estimación de la demanda futura** → analiza la evolución del mercado y se estima la demanda de la empresa en función de su cuota de mercado.

2. **Integración en los planes empresariales** → los valores obtenidos se incorporan en la planificación financiera y de producción.

### 3. Estrategias de adaptación de la capacidad a la demanda

- **Ajuste progresivo:** da empresa aumenta su capacidad año a año, invirtiendo gradualmente en nuevas máquinas y sustituyendo las obsoletas.
- **Ajuste en dos fases:** se realizan dos inversiones en momentos clave, equilibrando costos y necesidades.
- **Ajuste inmediato:** la empresa adapta su capacidad en el presente, asumiendo un mayor gasto inicial. La elección de la estrategia dependerá de los recursos financieros y del costo total de cada alternativa. Sin embargo, las preisiones a largo plazo son inciertas debido a cambios tecnológicos y variaciones en el costo del capital.

### 4. Localización de las instalaciones productivas

La ubicación de una planta de producción es una decisión estratégica de gran impacto y difícil reversión debido a las fuertes inversiones involucradas.

Afecta a los costos de producción, la eficiencia operativa y la competitividad empresarial. **Factores clave en la localización:**

#### Tipos de empresa:

Empresas de servicios y comercio (necesitan cercanía con clientes)

Empresas manufactureras y distribuidoras (costo producción, cercanía proveedores)

#### Motivos para el cambio de localización:

Crecimiento de la empresa

Lanzamiento de nuevos productos

Envejecimiento de instalaciones

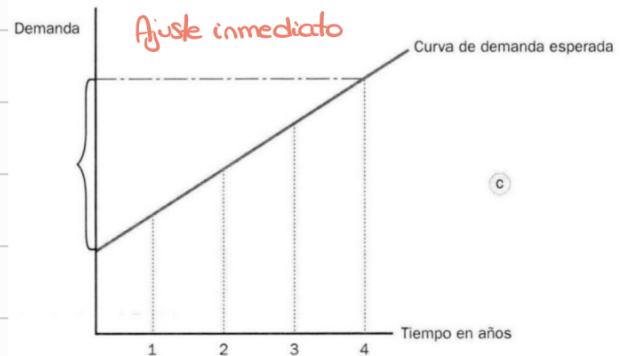
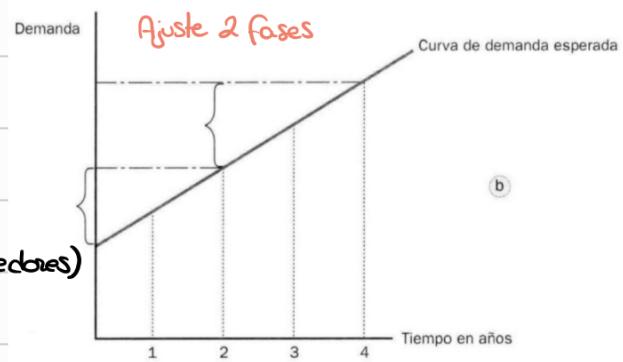
Cambios en la demanda o en las fuentes de abastecimiento

El objetivo de la localización debe ser maximizar ventajas y minimizar costos, aunque rara vez se encuentra la ubicación perfecta.

Las diferencias según el tamaño de la empresa:

**Pequeñas empresas:** limitan su expansión a su ciudad o región

**Grandes empresas y multinacionales:** aplican análisis detallados y modelos matemáticos para optimizar su decisión.



## 4.1. Planteamiento del problema

La decisión sobre la localización de una planta de producción es crucial en diversas situaciones, como la creación de una nueva empresa, la expansión, la incorporación de nuevos productos o la reestructura de instalaciones.

### \* Alternativas en la localización:

- Ampliación del nº de plantas
- Modificación de estructuras existentes
- Eliminación de instalaciones actuales
- Combinación de las opciones anteriores

### \* Factores clave en la localización

Recursos humanos: disponibilidad y coste de la mano de obra, nivel de cualificación y conflictividad laboral.

Suministros: costes y seguridad en el abastecimiento de materias primas y materiales.

Mercados: cercanía a clientes, costes de transporte y capacidad de atención directa.

Presión fiscal: diferencias impositivas según la ubicación y relación con los servicios públicos disponibles.

Dado que la globalización amplía las opciones de localización a nivel mundial, la decisión requiere un análisis riguroso de estos factores antes de aplicar técnicas específicas de selección de ubicación.

## 4.2. Técnicas de localización: factores ponderados o un solo factor.

### 4.2.1 El método de factores ponderados

Se usa para decidir la mejor ubicación de una instalación productiva cuando intervienen múltiples factores. Primero se identifican alternativas viables y se califican en función de ciertos criterios. Cada factor recibe una ponderación según su importancia (más alta = más importante).

\* **Método aditivo:** Se calcula la puntuación total sumando el producto de la puntuación de cada factor por su ponderación.

$$T_j = \sum_{i=1}^n P_{i,j} \times F_i$$

Formulas

\* **Método multiplicativo:** Se multiplica la puntuación de cada factor elevada a su ponderación. Este método corrige posibles desajustes cuando un factor tiene una puntuación extremadamente baja, asegurando que todos los factores sean suficientes en la ubicación elegida.

$$\sum_{i=1}^n P_{i,j}^{F_i} = P_{1,j} F_1 + P_{2,j} F_2 + \dots + P_{n,j} F_n$$

Ejemplo

■ TABLA 13.11. Los factores y su ponderación ( $F_i$ ).

Factor	Identificación del factor	Ponderación ( $F_i$ )
1	Ingresos medios de la población	30%
2	Crecimiento potencial en los próximos años	10%
3	Disponibilidad de transporte público	15%
4	Población del área geográfica de influencia	5%
5	Disponibilidad, actitud y coste de la mano de obra	40%

■ TABLA 13.12. Los factores y su puntuación ( $p_{i,j}$ ).

Factor	Identificación del factor		
	Gijón	Torremolinos	Benidorm
1	8	7	6
2	6	5	4
3	4	6	8
4	3	8	5
5	9	3	7

Calcula según Método Aditivo

$$T_{Gijón} = 8 \times 0'3 + 6 \times 0'1 + 4 \times 0'15 + 3 \times 0'05 + 9 \times 0'4 = 7'35 \quad ①$$

$$T_{Torremolinos} = 7 \times 0'3 + 5 \times 0'1 + 6 \times 0'15 + 8 \times 0'05 + 3 \times 0'4 = 3'98 \quad ③$$

$$T_{Benidorm} = 6 \times 0'3 + 4 \times 0'1 + 8 \times 0'15 + 5 \times 0'05 + 7 \times 0'4 = 6'45 \quad ②$$

Calcula según Método multiplicativo

$$P_{Gijón} = 8^{0'3} \times 6^{0'1} \times 4^{0'15} \times 3^{0'05} \times 9^{0'4} = 6'99 \quad ①$$

$$P_{Torremolinos} = 7^{0'3} \times 5^{0'1} \times 6^{0'15} \times 8^{0'05} \times 3^{0'4} = 4'74 \quad ③$$

$$P_{Benidorm} = 6^{0'3} \times 4^{0'1} \times 8^{0'15} \times 5^{0'05} \times 7^{0'4} = 6'34 \quad ②$$

¡Ojo! A pesar de que en este ejemplo salga en ambos métodos como la mejor ubicación Gijón, con otros podría no coincidir. En el examen leer muy bien que método quieren para el análisis.

Examen Junio 2024 Mod. A.

5. Una empresa desea abrir una nueva planta productiva y está pensando en ubicarla bien en Segovia o bien en Palencia. Ha considerado tres factores: el coste del terreno, el coste de la mano de obra y el coste del transporte. La ponderación otorgada a cada factor así como su puntuación en cada localidad es la que se recoge en la siguiente tabla:

FACTOR	PONDERACIÓN	PUNTUACIÓN SEGOVIA	PUNTUACIÓN PALENCIA
COSTE TERRENO	0,30	7	5
COSTE MANO DE OBRA	0,60	5	6
COSTE DEL TRANSPORTE	0,10	2	8

¿Qué localidad es preferible según el método multiplicativo?:

- a) Palencia      b) Segovia      c) Indistintamente

## 4.2.2. Un solo factor determinante

Pasemos al caso en el que las resp. de administración de la empresa consideran que existe un único factor condicionante a la hora de decidir la ubicación de la planta productiva, que se convierte así en factor determinante, pues por si sola señala la alternativa más conveniente en función de los objetivos y de la planificación de la producción. Vamos a poner un ejemplo: se prevé la construcción de una planta que va a producir X para satisfacer la demanda de la zona geográfica entre Madrid y San Sebastián. Zonas sugeridas: Madrid, Burgos, Vitoria, Bilbao y San Sebastián; el principal objetivo es minimizar los costes de transporte del producto X desde el lugar en que se instale la fábrica hasta todos los puntos de consumo de la zona de influencia.

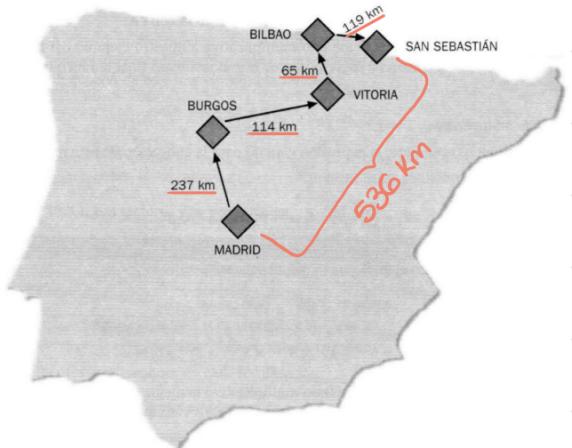


FIGURA 13.5. Zonas de distribución de la empresa.

Se considera la distancia y cantidad de producto transportado. Si suponemos que el coste del kilómetro es de 0'25 €. Cálculo para Madrid  $\rightarrow (3000 \times 0) + [(500 \times 237) \times 0'25] + [700 \times (237+114) \times 0'25] + [1.000 \times (237+114+66) \times 0'25] + [900 \times (237+114+66+119) \times 0'25] = 315.900 €$  al año.

Si calculamos todos teniendo los datos expuestos, la mejor opción sería Burgos.

TABLA 13.15. Demanda anual esperada en las distintas zonas.

Zona geográfica	Demanda anual esperada en miles de unidades
Madrid	$C_M = 315.900 € / \text{año}$
Burgos	$C_B = 309.975 € / \text{año} \rightarrow \text{Mejor opción}$
Vitoria	$C_V = 335.625 € / \text{año}$
Bilbao	$C_B = 313.575 € / \text{año}$
San Sebastián	$C_{SS} = 501.500 € / \text{año}$
Total	6.100

## 5. El proceso de producción

El proceso de producción comienza cuando el producto pasa de ser una idea a estar diseñado y documentado. El director de producción debe establecer una estrategia para fabricarlo en las cantidades previstas, con la calidad requerida y minimizando costes. Esta estrategia debe ser viable financieramente y competitiva en el mercado. Para ello se combinan distintos factores productivos, como capital y trabajo. Dado que la estrategia elegida tendrá un impacto a largo plazo en la empresa, es importante analizar los principales tipos de estrategias de proceso.

## 5.1. Estrategias de proceso

Las estrategias de proceso se pueden entender como un continuo que va desde combinaciones simples de factores productivos para outputs homogéneos y en pequeñas cantidades hasta combinaciones complejas que permiten producir grandes volúmenes con múltiples variantes. Por ejemplo: extremo izquierdo un artesano (pocas herramientas, pocas materias primas y su desbezca.) versus en el extremo derecho una empresa de automóviles. De esto podemos deducir que las estrategias a utilizar estarán muy condicionadas por el tipo de producto.



■ FIGURA 13.6. Estrategias de proceso.

### 5.1.1. Procesos enfocados a la fabricación por lotes

ESTRATEGIAS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN			
Enfocados a proyectos	Enfocados a la fabricación de lotes		Continuos
	Intermitentes	Para diversificar versiones	En línea
Pocos productos complejos con tiempo de fabricación elevado	Muchos productos distintos con pocas variantes de cada uno (lotes pequeños)	Menos productos distintos con más variantes de cada uno (lotes más grandes)	Muchas unidades de pocos productos con pocas opciones (lotes grandes)
Grandes barcos, aviones, trenes	Muebles a medida; alta costura	Fábrica de muebles, pret-a-porter	Electrodomésticos, automóviles

■ FIGURA 13.7. Tipos de Estrategias de Procesos.

Se producen diferentes productos en cantidades específicas, variando en lotes pequeños de gran diversidad o lotes grandes de pocos productos. Cada estrategia deberá ajustarse a la complejidad del producto y la cantidad, incluyendo inversión, automatización y costos.

#### 5.1.1.1. Procesos intermitentes → 1 unidad o pocas, a medida.

Producción a medida con poca automatización, alta flexibilidad y costos variables altos debido a la baja estandarización (muebles a medida, alta costura).

#### 5.1.1.2 Procesos para diversificar versiones → muchas unidades, ligera flexibilidad.

Mayor producción y estandarización que el proceso intermitente, con más inversión en maquinaria, menor flexibilidad y costos fijos mayores (fábrica de muebles, fábrica de ropa)

#### 5.1.1.3 Procesos en línea → Producción masiva, poca o nula flexibilidad

Producción masiva de productos homogéneos con opciones limitadas, alta automatización, costos fijos elevados y reducción de costos variables (automóviles, electrodomésticos)

## 5.1.2. Procesos enfocados a proyectos

Son aquellas diseñadas para fabricar productos complejos y a medida, lo que requiere una planificación detallada. Se organizan mediante un equipo de coordinación que define las tareas, establece relaciones entre ellas, calcula costes y plazos, y prevé retrasos. Se utiliza un "Procedimiento de coordinación" que incluye especificaciones técnicas y comerciales, contratos, gestión de materiales y planificación del proyecto. (E: Pasodoblos)

## 5.1.3. Procesos continuos

Se aplican a productos homogéneos y estandarizados con alta demanda, como en industrias químicas, bebidas o refinerías. Funcionan con máquinas especializadas que realizan siempre la misma tarea de forma secuencial y automática. Requieren alta inversión inicial y reducen flexibilidad, pero permiten minimizar costes variables. Es crucial la planificación, el mantenimiento preventivo y la calidad de los materiales, ya que detener una máquina puede implicar costos elevados (CocaCola).

## 5.1.4. Síntesis de este epígrafe

■ TABLA 13.16. Procesos productivos

Resumen

Tipos	Características				
	Clase de producto	Estandarización	Cualificación de la mano de obra	Coste variable	Coste fijo
Intermitente	Solicitado por el cliente	Escasa	Mucha	Alto	Bajo
Para diversificar versiones	Pocos productos pero cada uno con muchas opciones	Poca	Regular	Medio	Medio
En línea	Pocos productos con varias opciones	Mucha	Escasa	Bajo	Alto
Enfocados a proyectos	Único, a medida del cliente	Ninguna	Muy alta	Bajo	Alto o muy alto
Continuo	Homogéneo y estándar	Muy alta	Ninguna	Muy bajo	Muy alto

## 6. de distribución de la planta

Consiste en organizar los elementos materiales y humanos dentro de las instalaciones para garantizar un flujo eficiente de trabajo. Se basa en la selección del proceso productivo, la capacidad requerida y la disponibilidad de espacio.

concepto de distribución de planta.

El **layout** es un aspecto estratégico de la dirección de producción, ya que una mala distribución puede generar costos elevados y dificultades a largo plazo. Su planificación abarca la ubicación de máquinas, almacenes, puestos de trabajo y centros de servicio.

El objetivo principal es evitar tiempos muertos y optimizar el uso del espacio y los recursos. Los parámetros clave para su diseño incluyen la demanda, la localización, la capacidad de producción, los flujos de materiales y los centros de trabajo.

Tipos de distribución en planta:

1. Por producto (de flujo continuo o repetitivo)
2. Por proceso (centros de trabajo intermitentes)
3. De posición fija (proyectos específicos)
4. De servicios (enfocada en la atención al cliente)

Una buena distribución debe minimizar desplazamientos, optimizar el almacenamiento y mejorar la productividad. En las industrias, se busca un flujo en línea, reducción de tiempos y control de cuellos de botella. En los servicios, se prioriza la facilidad de atención al cliente, movilidad eficiente y señalización clara.

Los objetivos de una distribución óptima incluyen reducir almacenamiento innecesario, mejorar la eficiencia laboral y maquinaria, disminuir riesgos laborales, aumentar la productividad y la flexibilidad.

En empresas industriales de fabricación:

- Flujo en línea.
- Retrocesos de flujos mínimos.
- Tiempo de producción previsible.
- Poco almacenamiento de materiales entre etapas, o lo que es lo mismo, poca acumulación de materiales a lo largo del proceso.
- Áreas de trabajo abiertas para el control de las operaciones y del personal.
- Control de los cuellos de botella.
- Estaciones o centros de trabajo próximos.
- Manejo y almacenamiento eficiente y ordenado de los materiales.
- Flexibilidad de las instalaciones.

En empresas de servicios y de atención al público:

- Flujo de servicios fácil.
- Instalaciones de espera y áreas de atención al público atractivas y adecuadas.
- Fácil comunicación con los clientes.
- Control de los clientes.
- Entradas y salidas señalizadas con claridad.
- Movimientos de materiales y desplazamientos mínimos.
- Equilibrado entre las áreas de espera y servicio evitando las aglomeraciones.
- Exposición abierta de productos.
- Alto volumen de ventas por m<sup>2</sup>.

Los objetivos de una distribución en planta óptima son los siguientes:

- Introducir las áreas de almacenamiento necesarias.
- Reducir el almacenamiento entre etapas.
- Mejor utilización de la mano de obra y maquinaria.
- Mayor productividad disminuyendo los tiempos previstos de fabricación.
- Disminuir el riesgo de accidentes laborales.
- Mejorar la satisfacción y la moral del personal.
- Aumentar la flexibilidad.

## 7. El control de la producción: el método del PERT

Cualquier proyecto que sirva para conseguir algo complejo, que necesite un periodo prolongado de tiempo para su ejecución y que esté compuesto por un conjunto de trabajos, operaciones o actividades que deben ser realizadas en un determinado orden, puede ser planificado y controlado con ventaja utilizando el llamado método **PERT**. Para que sea posible utilizar este método, son necesarias las siguientes características:

1. Definir el inicio y el fin del proyecto, cuándo y cómo debe ejecutarse y concluirse.
2. Identificar todas las actividades necesarias para completarlo.
3. Determinar las relaciones de prelación, es decir, qué tareas deben finalizarse antes de comenzar otras.
4. Garantizar la independencia de las actividades, permitiendo que cada una pueda realizarse sin depender de la ejecución simultánea de otras.

### 7.1. La representación gráfica de un PERT

#### 7.1.1 Definiciones previas

El método PERT utiliza **grafos** para representar visualmente la planificación del proyecto. Un grafo está compuesto por **nudos** (círculos) y **aristas** (líneas unión).

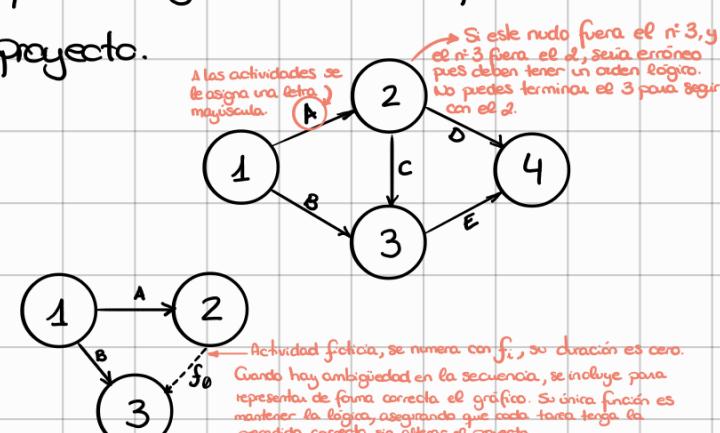
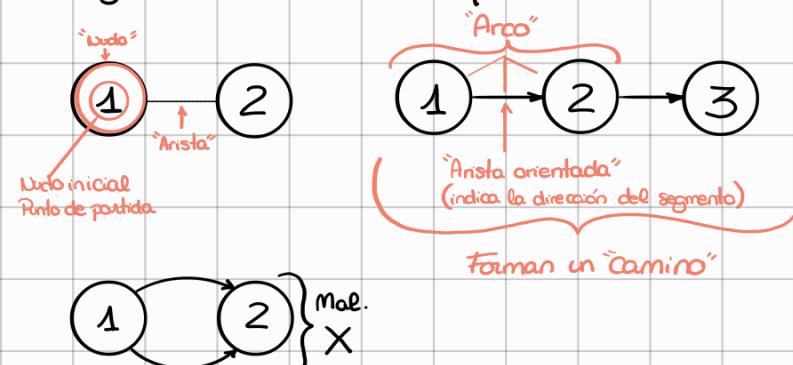
- Representan situaciones o etapas
- Actividades necesarias para completar el proyecto  
Cada línea representa una única tarea.

Correcta enumeración:

- \* El proyecto debe comenzar en un nudo inicial numerado siempre con el nº 1.
- \* Los demás nudos se enumeran de forma estricta, asegurando que ningún nudo reba número antes que los que le preceden (en orden)

Reglas importantes:

- \* No puede haber 2 flechas saliendo del mismo nudo y llegando al mismo destino
- \* Se utilizan actividades ficticias (líneas de puntos) para corregir estos casos para corregir estos casos sin afectar la duración del proyecto.



## 7.1.2. dos distintos tipos de prelación entre actividades

Tipos de prelación entre las actividades que lo componen:

A) Lineales: una actividad debe terminar antes de que empiece la siguiente



■ FIGURA 13.15. Prelación lineal.

B) Convergentes: varias actividades deben finalizar antes de iniciar una nueva.



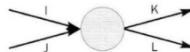
■ FIGURA 13.16. Prelación de convergencia.

C) Divergentes: una actividad finaliza y da inicio a varias nuevas.



■ FIGURA 13.17. Prelación divergente.

D) Mixtas: varias actividades deben finalizar antes de que empiecen varias.



■ FIGURA 13.18. Prelación mixta.

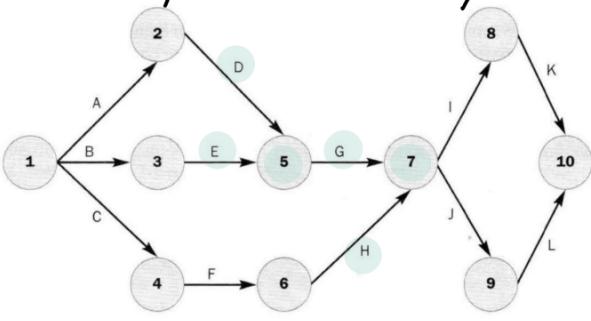
## 7.1.3. Principios de construcción del grafo

1. El principio de designación sucesiva: los nudos deben numerarse en orden, de forma que no se numere uno sin haber numerado previamente los nudos de los que salen flechas hacia él.

2. El principio de designación única: no pueden salir dos flechas de un nudo que terminen en el mismo nudo; cada flecha debe finalizar en un nudo distinto.

3. El principio de unicidad de los nudos inicial y final: solo un nudo inicial y uno final.

## 7.1.4. Representación completa de un proyecto (Ejemplo del libro)



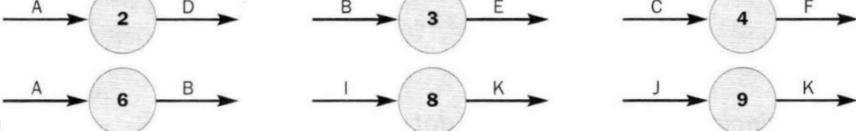
■ FIGURA 13.19. Grafo PERT de un proyecto.

■ TABLA 13.17. Prelaciones del proyecto.

La actividad <i>i</i> precede a	La actividad <i>j</i>
A	D
B	E
C	F
D, E	G
F	H
G, H	I, J
I	K
J	L

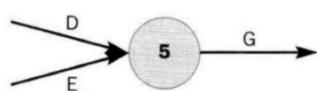
1 Actividades que deben completarse antes de

■ Lineales: los nudos 2, 3, 4, 6, 9 y 8, respectivamente:



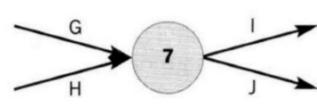
■ FIGURA 13.20. Prelaciones lineales del PERT.

■ Convergentes: el nudo 5



■ FIGURA 13.21. Prelación convergente del PERT.

■ Mixta: el nudo 7



■ FIGURA 13.22. Prelación mixta del PERT.

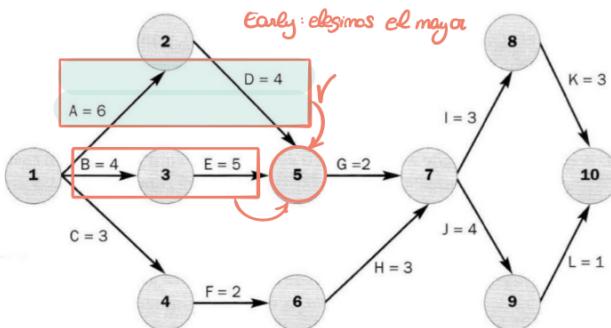
## 7.1.5. La duración del proyecto

Para controlar un proyecto con el método PERT, es necesario estimar la duración de cada actividad planificada. Algunas tareas no pueden ejecutarse simultáneamente, como la instalación eléctrica y la construcción de muros en la obra de un edificio. La duración total del proyecto se determina a partir del tiempo transcurrido entre el inicio y la finalización, asegurando que todas las tareas intermedias se completen.

■ TABLA 13.18. Duración estimada de las actividades.

Actividad	Duración	Actividad	Duración
A	6	G	2
B	4	H	3
C	3	I	3
D	4	J	4
E	5	K	3
F	2	L	1

Las duraciones estimadas se incorporarán a los nodos respectivos en el grafo del proyecto, tal como se recoge en la figura 13.23:



■ FIGURA 13.23. Grafo PERT con duración de las actividades.

Su duración sin afectar la duración total del proyecto. Se calcula de atrás hacia adelante, comenzando por el nodo final, cuyo tiempo last coincide con su early. Si solo recibe una flecha, se resta el tiempo de la actividad al last del nodo de llegada; si recibe varias, se toma el mínimo de los valores. [Es más fácil de lo que parece, ejemplo.]

Tiempo early (gráfica 13.23↑) (por el principio, el mayor)

$$E_1 = 0 \rightarrow \text{inicio}$$

$$E_2 = (E_1 + t_{1,2}) = (0+6) = 6 \text{ días}$$

$$E_3 = (0+4) = 4 \text{ días}$$

$$E_4 = (0+3) = 3 \text{ días}$$

$$E_5 = \max(E_2 + t_{2,5}; E_3 + t_{3,5}) = (6+4; 4+5) = (10; 9) = 10 \text{ días}$$

...

$$E_{10} = \max(E_8 + t_{8,10}; E_9 + t_{9,10}) = (15+3; 16+1) = 18 \text{ días}$$

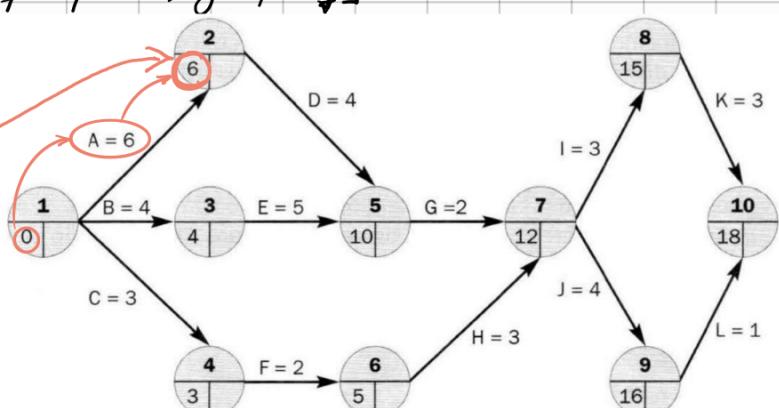
Se suman los tiempos, en caso de que haya o más se toma el mayor.

### 7.1.5.1. Los tiempos early

El tiempo "early" de un nudo representa el momento más temprano en el que se puede llegar a esa etapa del proyecto. Se calcula sumando el tiempo early del nudo anterior más la duración de la actividad correspondiente. Si un nudo recibe varias flechas, se elige el mayor de los tiempos posibles.

### 7.1.5.2. Los tiempos last

El tiempo "last" de un nudo indica el momento de tiempo más tarde en el que puede ocurrir un suceso sin afectar la duración total del proyecto. Se calcula de atrás hacia adelante,



■ FIGURA 13.24. Tiempos «early» del Grafo PERT.

Tiempo last (empezamos por el final, entre varias opciones cogemos la menor)

$$L_{10} = (E_{10}) = 18 \text{ días}$$

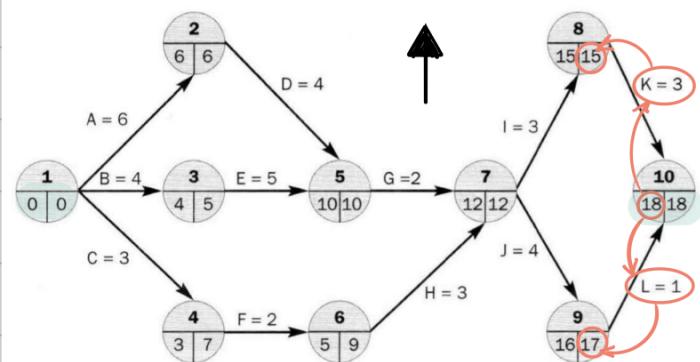
$$L_9 = (L_{10} - t_{9,10}) = (18-1) = 17 \text{ días}$$

$$L_8 = (L_{10} - t_{8,10}) = (18-3) = 15 \text{ días}$$

$$L_7 = \min(L_9 - t_{7,9}; L_8 - t_{7,8}) = \min(17-4; 15-3) = 12 \text{ días}$$

$$L_2 = (L_5 - t_{2,5}) = (10-4) = 6 \text{ días}$$

$$L_1 = \min(L_2 - t_{1,2}; L_3 - t_{1,3}; L_4 - t_{1,4}) = L_0 = \min(6-6; 5-4; 7-3) = 0 \text{ días}$$

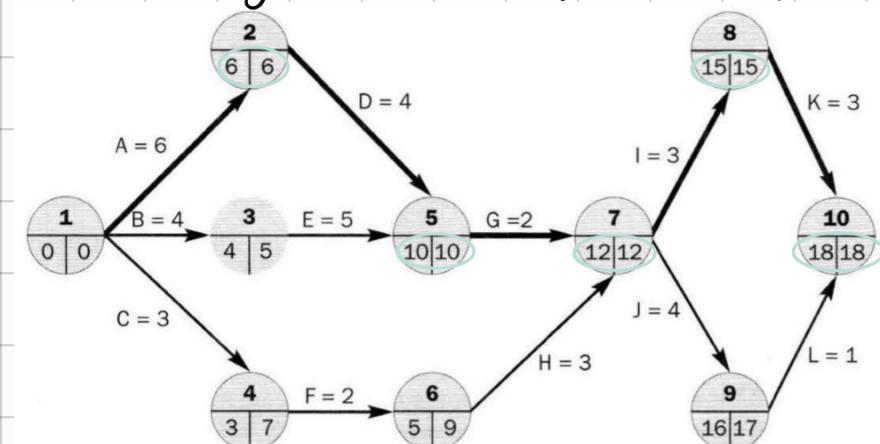


■ FIGURA 13.25. Tiempos «early» y «last» del Grafo PERT.

### F. 1. 5.3. El camino crítico

Es el camino más largo que une el nudo inicial con el final. Representa la duración mínima del proyecto, ya que cualquier retraso en sus actividades retrasará toda la ejecución. En el ejemplo analizado, los posibles caminos tienen distintas duraciones, y

el más largo (18 días) es el camino crítico (A, D, G, I y K). Las actividades críticas son aquellas que no pueden retrasarse sin afectar al proyecto. Se identifican porque su tiempo early y last coinciden en los nudos que unen. En cambio, en las actividades no críticas pueden tener cierto margen de retraso sin afectar el tiempo total. El camino crítico se marca con líneas gruesas.



■ FIGURA 13.26. Camino crítico del grafo PERT.

# Fórmulas

la tasa de variación que hay de un año respecto al anterior. Se calcula

$$\frac{\frac{x_t - x_{t-1}}{x_{t-1}} \times 100}{\frac{x_t}{x_{t-1}} - 1} \times 100 = \boxed{\% \text{ variación}}$$

Año actual      Año anterior  
Año anterior      Año actual

## 3.2. Clases de capacidad

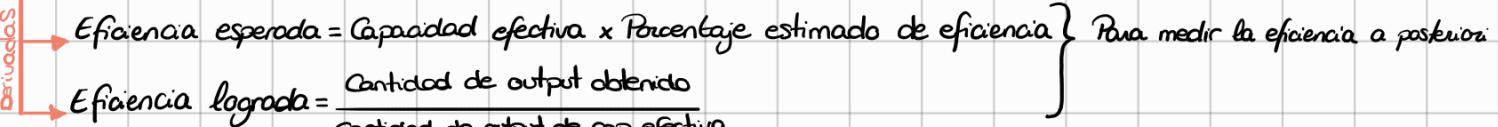
Hay al menos 3 medidas relacionadas con el párrafo anterior:

1. **Capacidad técnica o proyectada** = Cantidad de output posible por unidad de tiempo (según los equipos)

Es la cantidad máxima de producto que pueden generar las instalaciones, su potencia máxima (100%).

2. **Capacidad efectiva o de utilización** = Capacidad técnica por % de utilización

Es la capacidad máxima utilizable según el porcentaje de uso de las máquinas que decide la empresa.



3. **Capacidad estimada o esperada** = capacidad técnica × % de utilización × eficiencia

## Calcula según Método Aditivo

$$T_{Gipón} = 8 \times 0'3 + 6 \times 0'1 + 4 \times 0'15 + 3 \times 0'05 + 9 \times 0'4 = 7'35 \quad (1)$$

Se multiplica por su ponderación

## Tiempo early (PERT)

$$E_i = \text{Máx}(E_j + t_{j,i}) \quad \text{Ejemplo}$$

$$E_5 = \text{Máx}(E_2 + t_{2,5}; E_3 + t_{3,5}) = (6+4; 4+5) = (10, 9) = 10 \text{ días}$$

Empezar por el principio

Suma, coge el valor máximo

## Calcula según Método multiplicativo

$$T_{Gipón} = 8^{0'3} \times 6^{0'1} \times 4^{0'15} \times 3^{0'05} \times 9^{0'4} = 6'99 \quad (1)$$

Se eleva a su ponderación

## Tiempo last (PERT)

$$L_i = \min(L_k - t_{i,k})$$

Ejemplo

$$L_7 = \min(L_9 - t_{7,9}; L_8 - t_{7,8}) = \min(17-4; 15-3) = 12 \text{ días}$$

Empezar por el final

Resta, coge el valor mínimo