

## Discusión sobre si la ley de rendimientos decrecientes puede considerarse representativa de la producción industrial

**José Ma. Castán Farrero**

*Departamento de Economía y Organización de Empresas  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Universidad de Barcelona  
Avda. Diagonal, 690 - 08034 Barcelona*

**Discusión sobre si la ley de  
rendimientos decrecientes puede  
considerarse representativa de la  
producción industrial**

### **RESUMEN**

En este trabajo se contrastan varias de las opiniones hoy prevalecientes que consideran esta ley como representativa de la producción industrial, con una serie de investigaciones efectuadas en el orden de la Economía de la Empresa y nuestras constataciones empíricas en empresas de distintos sectores. Observando tanto en unas (investigaciones) como en otras (constataciones empíricas) que la evolución de las curvas de costes y la referente a aumentos de la producción, no reflejan el desarrollo de la ley de rendimientos decrecientes; por lo que según nuestra opinión, esta ley no puede considerarse representativa de la producción industrial.

**Discussion about if the Law of  
Decreasing Income, can be  
Considered Representative of the  
Industrial Production**

### **SUMMARY**

In this research some of the prevalent opinions today are contrasted, they consider this law as representing the industrial production, with a series of investigations made in the order of the Company economy and our empirical statements in companies of different sectors. Observing one investigation as in others the empirical statements, the evolution of the cost curves and refers to the increases of production, this does not show the development of the law of the decreasing income; therefore in our opinion, this law can not be considered as a representing of the industrial production.

# Discusión sobre si la ley de rendimientos decrecientes puede considerarse representativa de la producción industrial

## I. INTRODUCCIÓN

La empresa utiliza, por unidad de tiempo para producir una cierta cantidad, de una amplia gama de factores productivos. Esta provisión que efectúa la empresa se puede reducir de algún modo a la relación "rendimiento de factor; empleo de factor". En esta relación se trata de una relación de productividad. Tomaremos dicha relación como punto de partida y base de nuestro análisis del proceso de producción, *centrándose nuestras investigaciones a la producción industrial*.

Al resultado o producto total  $X$  lo denominaremos rendimiento cuantitativo de una empresa, y a  $R_1, R_2 \dots R_n$ , factores productivos aplicados en la obtención del mencionado producto total, la relación de producción puede expresarse de la siguiente manera.

$$X = F (R_1, R_2, \dots R_n)$$

Llamamos a esta función la función de producción (función de rendimiento). Ella indica la relación entre las cantidades de empleo de los factores que entran en el proceso de producción y el rendimiento. En este caso damos por supuesto que las calidades de los factores quedan invariables.

La función de producción demuestra cómo cambia el rendimiento si varían las cantidades empleadas de los factores productivos. En el caso de sustitución alternativa<sup>1</sup> obtenemos otra función de producción, que se escribiría entonces:  $X = G (R_1, R_2, \dots R_n)$ .

Cambiando con frecuencia las condiciones de producción de una

1. Sustitución alternativa, la entendemos como el reemplazo de un factor o grupo de factores por otro factor o grupo de factores, en cada caso con propiedades distintas, debidas a cambios constantes o por mutación de las condiciones de producción, cuando determinados factores productivos se sustituyen por otros factores productivos.

empresa en virtud de fenómenos constantes o de mutaciones, también se puede decir: el proceso de producción se caracteriza por una sucesión de funciones de producción<sup>2</sup>.

Siguiendo a GUTENBERG<sup>3</sup>, fundamentalmente podemos distinguir entre dos clases de funciones de producción. Hay una función de producción del tipo A cuando las cantidades empleadas de los factores —por lo menos en ciertos límites— son libremente variables. Frente a ello, una función de producción del tipo B que se caracteriza por el hecho de que las cantidades empleadas de los factores no puedan variar libremente, sino que se hallan en una relación terminante con el rendimiento (con la cantidad de producto obtenido).

Como acabamos de indicar, la función de producción del tipo A, osea la ley del rendimiento, se supone que las cantidades empleadas de los factores son libremente variables por lo menos en ciertos límites, es decir, que la cantidad empleada de uno de los factores puede variar libremente, mientras que las cantidades empleadas de los demás factores se mantienen sin variar—. *Con esta suposición, podemos atribuir un cambio en el rendimiento (en el producto) debido a un cambio en la cantidad empleada de uno de los factores.*

En la teoría económica la función de producción del tipo A se conoce con el nombre de ley de rendimientos decrecientes o ley de proporciones variables, a la que nosotros, en las sucesivas citas que hagamos a ella, la denominaremos “Ley del rendimiento”.

## II. HIPÓTESIS SOBRE LAS QUE SE ASIENTA LA “LEY DEL RENDIMIENTO”

Según la literatura referente al tema, recapitulamos a continuación los planteamientos sobre los que se ampara la ley del rendimiento, para analizar seguidamente si esta ley puede considerarse representativa de la producción industrial.

### *II.1. Las cantidades empleadas de los factores son libremente variables, por lo menos entre ciertos límites.*

Partimos del supuesto de que una función de producción del tipo:  $X = F(R_1, R_2, \dots R_n)$ , donde X es el rendimiento (producto total, resultado) y  $R_1, R_2, \dots R_n$  se refieren a factores productivos empleados en cantidad necesaria para la obtención del producto total. Para esta

2. GUTENBERG, E. (1961): Fundamentos de la economía de la empresa. El Ateneo, 3<sup>a</sup> Edic. Buenos Aires. pág. 187.

3. Ibid, pág. 188 y ss.

función ha de regir la condición de que las cantidades empleadas de los factores son libremente variables, por lo menos en cierta medida, y que los cambios en las cantidades empleadas de los factores se pueden relacionar terminantemente con los cambios del rendimiento. "Ello quiere decir —afirma GUTENBERG<sup>4</sup>— que los factores son libremente divisibles y que, para la función, existen deducciones parciales".

**II.2. Los rendimientos (marginal, promedio y total) alcanzan sus máximos respectivamente.**

Las curvas de rendimiento (marginal, promedio y total) alcanzan sucesivamente su máximo. Así mismo la situación en la primera y tercera, etapa se debe a desproporciones extraordinarias de los factores productivos, en la primera etapa en especial al empleo excesivo del factor constante (o del grupo de factores constante), y en la tercera etapa, al empleo excesivo del factor variable (o del grupo de factores variables) figura 1.

**II.3. Es posible atribuir inequívocamente un cambio de rendimiento a la variación de cada uno de los factores.**

Estando dada una función de producción de características;  $X = F(R_1, R_2, \dots, R_n)$ , que cumple con las condiciones de la ley del rendimiento, es posible atribuir inequívocamente un cambio de rendimiento o la variación de cada uno de los factores (por lo menos en cierta medida).

En este caso, la productividad marginal de cada uno de los factores es  $\frac{dX}{dR}$  y el rendimiento marginal igual a  $\frac{dX}{dR} \cdot dR$ <sup>5</sup>.

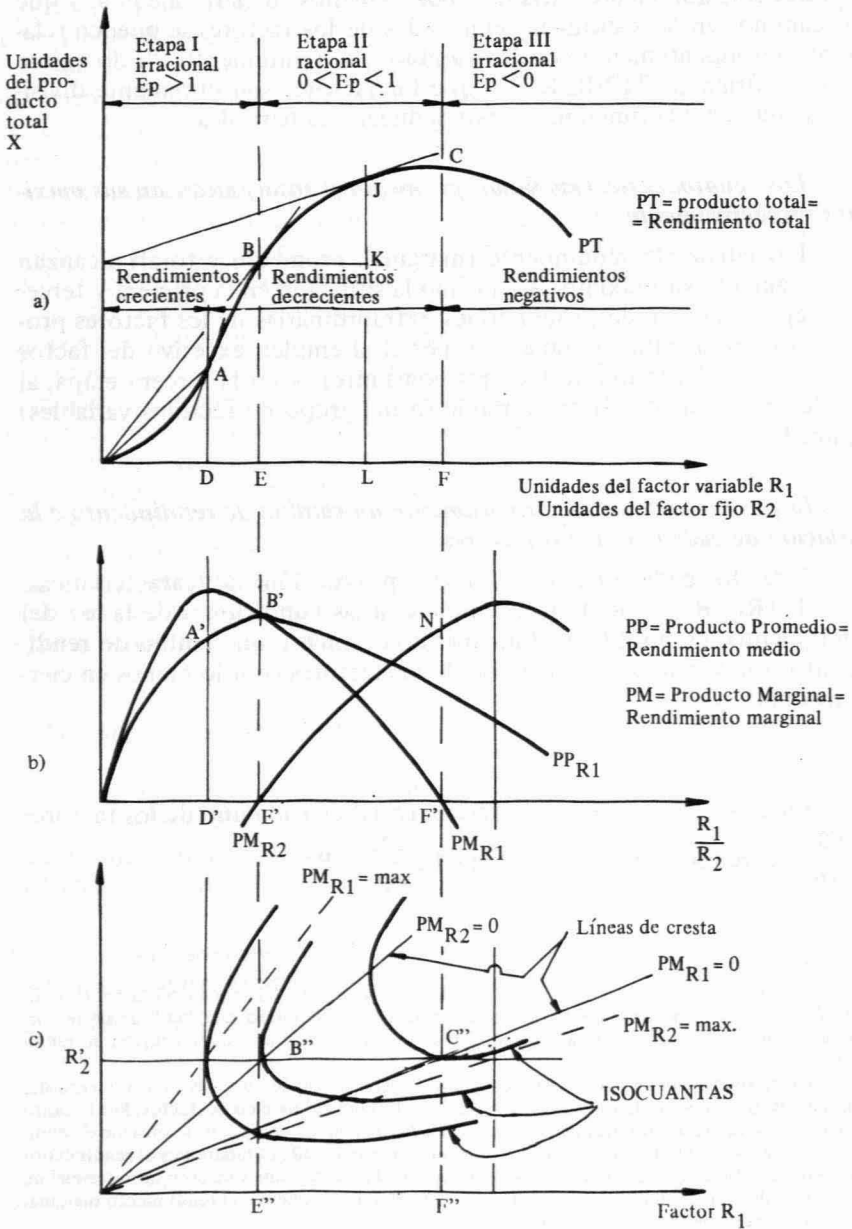
4. Ibid, pág. 190.

5. A la relación entre el aumento de rendimiento y cambio del empleo del factor en el límite del empleo de factor o sea  $dX/dR$ , se denomina "productividad marginal" de un factor. Matemáticamente, la productividad marginal es el cociente diferencial de la función de rendimiento.

La productividad marginal representa una relación entre los dos factores aumento del rendimiento y cambio de la cantidad del factor en el límite del empleo del factor. Por lo tanto mediante una variación infinitesimal de las cantidades de empleo del factor, se obtiene el rendimiento marginal (el producto marginal). Si esta variación es de  $dR$ , obtendremos el rendimiento marginal si multiplicamos la productividad marginal del factor por una variación infinitesimal de la cantidad de empleo del factor, o sea  $dX/dR \cdot dR$ . Matemáticamente, el rendimiento marginal es la diferencial de la función de rendimiento.



Figura 1



Para expresar que se trata de la productividad marginal y del rendimiento marginal de un factor perteneciente o una combinación de varios factores productivos utilizaremos el símbolo de derivada parcial.

Las productividades marginales parciales de cada uno de los factores se escriben de la siguiente manera:

$$\frac{\partial X}{\partial R_1}; \frac{\partial X}{\partial R_2} \dots \frac{\partial X}{\partial R_n}$$

Sabiendo que la variación efectiva viene dada por  $dR_1, dR_2 \dots dR_n$ , obtendremos el rendimiento marginal parcial de cada factor multiplicando la productividad marginal parcial de cada factor por esas variaciones infinitesimales, de las cantidades de empleo de los factores, o sea

$$\frac{\partial X}{\partial R_1} dR_1; \frac{\partial X}{\partial R_2} dR_2; \dots \frac{\partial X}{\partial R_n} dR_n$$

En cuanto al rendimiento medio de un factor, digamos del  $R_i$ , se obtiene como sabemos, dividiendo el rendimiento por la cantidad de empleo del factor, e indica cuantas unidades de producto corresponden a la unidad de tal factor.

El conocimiento y la importancia práctica de este cociente es tanto más grande cuanto mayor influya el factor cuyo valor se quiere averiguar, en la obtención del rendimiento. Y es tanto menor cuanto menor sea esta influencia.

#### ***II.4. Un nivel dado de producción puede obtenerse con diferentes combinaciones de factores; es decir se produce la sustitución periférica o marginal.***

Una de las características principales de la producción en condiciones de proporciones variables, consiste en el hecho de que diferentes combinaciones de factores pueden generar un nivel dado de producto. En otras palabras, un factor puede sustituir a otro, en forma tal, que se mantenga constante el nivel de producción. Por lo tanto:

Si se disminuye  $\Delta R_i$  una cantidad de empleo de factor  $R_i$ , hay que aumentar en  $\Delta R_j$  otro  $R_j$  si el rendimiento ha de mantenerse igual. En este sentido puede decirse que unidades de un factor se sustituyen por unidades de otro factor. Llamaremos a esta sustitución, para diferenciarla de la sustitución alternativa, *sustitución periférica o marginal*,

porque esta sustitución tiene lugar en el margen del empleo del factor y nunca puede llegar a ser una sustitución total<sup>6</sup>.

Según acabamos de ver, en la sustitución marginal resultan efectos compensatorios. La disminución del aporte productivo de un factor (como consecuencia de una disminución cuantitativa) se compensa por el aumento del aporte productivo de otro factor (como consecuencia de un aumento cuantitativo).

Estando dada la función de producción del tipo A, la variación libre, por lo menos entre ciertos límites, de las cantidades de empleo de los factores conduce necesariamente a coeficientes de producción variables. Por lo tanto, la función de producción del tipo A puede calificarse de función de producción con cantidades de empleo de factor libremente variables, por lo menos dentro de ciertos límites y coeficientes de producción variables<sup>7</sup>.

### ***II.5. Exclusión de la sustituibilidad completa.***

En el caso de que exista la posibilidad de sustituir totalmente entre sí los factores empleados, de tal modo que por cada unidad de un factor también podrían emplearse las correspondientes unidades de otros factores, no puede producirse ningún desarrollo de la curva que corresponda a la ley del rendimiento. Por lo tanto, la sustituibilidad completa excluye un desarrollo de curvas que corresponda a la ley del aumento decreciente del rendimiento.

### ***II.6. El criterio de coste mínimo escoge la combinación más eficiente desde el punto de vista técnico y económico.***

En el caso de una función de producción del tipo A, vemos que es posible, la elaboración de iguales cantidades de productos con varias combinaciones de factores, llegado este punto se plantea el interrogante de cual de estas combinaciones es la que se elige. Este interrogante queda resuelto aplicando los criterios de costo mínimo y la senda de expansión. Sin mayor dificultad también se entiende que, de aumentar el precio de un factor (o sea variar los precios relativos) que forma parte de la combinación, el efecto sustitutivo provocado por tal hecho será el aumento de las cantidades de empleo del otro factor, y a la inversa. Por lo tanto queda resuelto, en principio, el problema de determinar las cantidades de empleo de los factores para el caso de estar dada una función

6. La denominación de sustitución periférica, véase: GUTENBERG, op. cit. pág. 197.

7. Los coeficientes de producción indican, la cantidad con la cual un factor productivo participa en una unidad producida.

de rendimiento con coeficientes de producción variables y cantidades de empleo de factor libremente variables, por lo menos en ciertos límites.

### III. OPINIONES EN FAVOR DE LA "LEY DEL RENDIMIENTO"

Según lo que hemos visto, la ley del rendimiento, se basa en la condición de que las cantidades de empleo de los factores, sean libremente variables, por lo menos en ciertos límites. Se trata de examinar si esta condición concuerda con las relaciones técnicas de la producción industrial.

Si se comprueba empíricamente la libre variabilidad de las cantidades de empleo de los factores pueden decirse que la ley del rendimiento ha de considerarse representativa de la producción industrial. En este caso, los desarrollos de las curvas indicados por la ley del rendimiento expresarían situaciones de empresas industriales, aunque en un plano elevado de la abstracción<sup>8</sup>. Entonces de ser esto así, la ley de combinación prevaleciente en la producción industrial se tendría que formular; indicando que los factores productivos precisos para una elaboración determinada, siempre deben emplearse justamente tantas unidades que sus productividades marginales guarden la misma relación de sus precios, (con la condición de calidades y precios dados para los factores).

Son varias las opiniones hoy prevalecientes en considerar la ley del rendimiento como representativa, tanto de la producción agrícola como también de la producción industrial. En este sentido, autores como: FERGUSON, E.C.<sup>9</sup>, después de definir la Ley de Rendimientos indica: "conviene subrayar en este punto que la "ley de los rendimientos decrecientes" es realmente una afirmación empírica acerca de la realidad. No es un teorema derivado de un sistema axiomático; tampoco es una proposición lógica susceptible de ser probada o refutada matemáticamente. Sólo es una afirmación relativa a relaciones físicas que han sido observadas en el mundo económico real. Vale la pena notar que nunca se ha registrado una observación en contrario".

SEO y WINGER<sup>10</sup> al hablar de las propiedades de una función de producción, comienza su discusión, indicando que la forma más elemental del análisis de producción, y la que proporciona la base para consideraciones más complejas en la administración de producción, ... Justifica

8. GUTENBERG, E., op. cit. pág. 204.

9. FERGUSON, C.E. (1971): Teoría microeconómica. Fondo de Cultura Económica. México, pág. 113, nota a pié de página.

10. SEO y WINGER (1983): Economía industrial. U.T.E.H.A. México, págs., 166 y 167.

su análisis con un ejemplo sobre el consumo de carburante efectuado por un motor de automóvil, y después de exponer una serie de propiedades, concluye: "La ley de los rendimientos decrecientes se aplica, a casi todos los tipos de funciones de producción que van desde la agricultura y la producción automotriz, así como operaciones textiles y al menudeo, hasta la fabricación de cinc y cierres. Por lo tanto, esta ley es significativa y de gran carácter general".

COHEN, J.<sup>11</sup>. Comienza indicando que la "Ley de los rendimientos decrecientes" es un principio económico general citado con frecuencia, ..., y al que a veces se dispensa un respecto más reverencial que la "ley de oferta y demanda". Después de definir la ley de los rendimientos decrecientes y señalar una serie de consideraciones sobre la misma, concluye: "La ley de los rendimientos decrecientes pretende ser una generalización empírica. Parece aplicable a la mayoría de los procesos de producción que podemos observar en el mundo real".

STIGLER, J.G.<sup>12</sup>. Después de hacer un enunciado relativamente sencillo de la ley de rendimientos decrecientes, indica: La ley no es una tautología, sino una afirmación sobre el mundo real. Como tal debe ser interpretada de una manera exacta: incluso la ley física de la caída libre de los cuerpos con una aceleración constante, no opera si el cuerpo está en una cuba de melaza. En nuestro caso, las condiciones son:

1.— Que haya factores cuyas cantidades permanecen constantes. Si todos los factores variaran, tenemos el problema de las economías de escala.

2.— La tecnología está dada. Las distintas posibilidades de combinación factores-productos están disponibles al mismo tiempo. Naturalmente si se aplicara una unidad adicional de trabajo a una granja el próximo año, y un nuevo descubrimiento hace crecer el producto más de lo que lo haría aumentar la adición de un hombre en el año actual, esta no es una refutación de la ley.

3.— Las proporciones en las cuales los factores pueden combinarse son variables, o, en otras palabras, los coeficientes de producción son variables. La ley tiene relevancia incluso si esta condición no se cumple, pero sólo discutiremos el importante caso de proporciones continuamente variables.

Más adelante<sup>13</sup> hace una descripción de la ley y un desarrollo de las curvas de producción total, y marginal, en base a un ejemplo esque-

11. COHEN, J. (1973): Economía de empresas. El Ateneo. Buenos Aires. págs., 106 y 107.

12. STIGLER, J.C. (1968): La teoría de los precios. Revista de Derecho Privado. Madrid, pág. 149.

13. Ibid. págs. 150 y ss.

mático tomado de la producción agraria. Cuando se refiere a la prueba de la ley, indica<sup>14</sup>: "La ley de rendimientos decrecientes es, como hemos dicho, una generalización empírica, no una deducción de las leyes de este campo. Una ley empírica no puede probarse por medio de ejemplos de su funcionamiento. Esto no es decir que sea irrelevante cada evidencia empírica; en particular la ley fue inmediatamente aceptada por los economistas cuando se propuso por primera vez, sólo porque parecía claramente operativa en la agricultura. Podríamos ahora construir un gran número de ejemplos"...

MARSHALL, A.<sup>15</sup> como otros muchos autores de la economía política; describe la ley del rendimiento sobre la base de ejemplos esquemáticos tomados de la producción agrícola. No se observa que estos autores examinen, si la ley del rendimiento también rige con condiciones industriales.

SAMUELSON, A.P.<sup>16</sup>, también describe la ley del rendimiento (ley del rendimiento decreciente) sobre la base de un ejemplo tomado de la agricultura. No se observa, que se dedique a los problemas de esta ley con respecto a la producción industrial. Con motivo de la deducción de la combinación de costos mínimos, SAMUELSON<sup>17</sup> vuelve a hablar de la ley del rendimiento, sobre la base de un ejemplo numérico construido, el cual opera con unidades de trabajo y capital sin que las mismas se definan con mayor detalle, no se aclara en su exposición, si se trata de factores macroeconómicos o microeconómicos y se demuestra en virtud de una tabla los aumentos de rendimiento que resultan cada vez que varía uno de los factores suponiendo la vigencia de la ley del rendimiento. En la mencionada deducción, no se observa ningún intento de deducir la ley sobre la base de las características de la producción industrial.

En otra de sus obras, SAMUELSON<sup>18</sup>, cuando desarrolla la teoría de la maximización de la conducta indica: Hay todavía otra posibilidad de deducir teoremas concluyentes. Podemos conocer de antemano ciertas propiedades cualitativas de nuestras ecuaciones de equilibrio, siendo así, se puede hacer mención de las pretendidas leyes tecnológicas y psicológicas, que se consideran plausibles por motivos a priori. Incluso aquí, como señalaron numerosos autores, el razonamiento, el último

14. Ibid. págs. 159 y ss.

15. MARSCHALL, A. (1963): Principios de economía. Aguilar. Madrid, 4ª ed. Capit. III, págs. 129 y ss.

16. SAMUELSON, P.A. (1968): Curso de economía moderna. Aguilar, Madrid, 16ª ed., págs. 27 y ss.

17. Ibid., pág. 612 a 614.

18. SAMUELSON, P.A. (1966): Fundamentos de análisis económico. El Ateneo. Buenos Aires. 2ª edic. Cap. III págs. 22 y 23, el subrayado es mío.

análisis, puede descansar en determinadas consideraciones de máximo. Así cuando procedemos a la demostración de la validez de la ley de la productividad marginal física decreciente, subrayamos ordinariamente el hecho de que, en competencia pura, las empresas están en equilibrio bajo un conjunto dado de precios de los factores. *Esto sería imposible si la ley de la productividad marginal decreciente no tuviera validez.*

Ahora bien, el rendimiento y el crecimiento vegetativo en el orden de la producción agrícola son fenómenos biológicos. Pues no nos parece coherente transferir por analogía, los fenómenos biológicos del crecimiento a la producción industrial o, como indica GUTENBERG<sup>19</sup> “aplicar simplemente una deducción en el orden de la producción agraria por analogía a la producción industrial no es una prueba a favor de la validez de la ley del rendimiento bajo las condiciones de la producción industrial”.

Muchos autores establecen una relación entre la ley de rendimientos decrecientes y la forma de las curvas de costes a corto plazo de una empresa, de tal forma que: En condiciones de competencia perfecta cuando los precios que una empresa paga por los servicios productivos no guardan relación con las magnitudes de estos servicios que se han comprado, las curvas de costo medio variable a corto plazo en forma de U son una consecuencia de la ley de los rendimientos medios decrecientes. A corto plazo, la planta y el equipo productivo de una empresa son factores fijos. Si los precios de los factores son constantes, el coste medio variable se relaciona inversamente con el producto medio de los factores variables.

Por lo tanto, la ley de los rendimientos medios decrecientes implica curvas de costo medio variable en forma de U. Autores como por ejemplo SCHNEIDER, E.<sup>20</sup>. Después de tomar un ejemplo numérico basado en la agricultura indica: “El fenómeno observado en la agricultura... recibe el nombre de ley del rendimiento marginal decreciente. Pero es preciso insistir en que se trata de un fenómeno puramente empírico cuya validez y amplitud sólo puede conocerse por procedimientos empíricos”. Y en otro párrafo, el mencionado autor, expresa “en la siguiente sección veremos claramente que también en la producción industrial para una variación proporcional de los factores, los rendimientos marginales pueden así mismo ser, a partir de cierto punto, decrecientes (es decir los costes marginales son crecientes a precios constantes de los factores)”.

19. Op. cit. pág. 205.

20. SCHNEIDER, E. (1964): Teoría económica, tomo 1. Aguilar, Madrid, págs. 280 y ss.

#### IV. POSICIONES Y PLANTEAMIENTOS EN CONTRA

Pues en el caso de que la curva de costos de la empresa refleje el desarrollo de la curva de costes basada en el desarrollo de la ley del rendimiento, se podrá argumentar que dicha ley es representativa para la producción industrial.

Pues bien, como afirma GUTENBERG<sup>21</sup> hasta ahora ninguna investigación en el orden de la economía de la empresa ha conducido a curvas de costos que tengan un desarrollo primeramente cóncavo y luego convexo (visto desde abajo).

A continuación se detalla un estudio que tiene por objeto someter a un análisis empírico ciertas hipótesis económicas referentes a las relaciones existentes entre costes y producción. Estas hipótesis se refieren a las alteraciones que sufre el coste de producción de una empresa a medida que su volumen varía.

##### *IV.1. Hipótesis acerca de la naturaleza de la variación coste-producción.*

###### *IV.1.1. La tradicional forma de U.*

Si, por razones de simplicidad, suponemos que la función de producción contiene solamente dos factores, uno fijo y otro variable, y si aceptamos también el supuesto conjunto de producto marginal y producto medio decrecientes a partir de un determinado valor del factor variable, es fácil representar gráficamente la relación entre la función de producción y la función de los costes a corto plazo.

Así pues, estos componentes básicos del coste guardan una relación inversa con las productividades marginal y media correspondientes al factor variable. Si suponemos que estas últimas crecen suavemente al principio y después disminuyen, las curvas de costes se comportarán en la forma opuesta, así obtendremos la tradicional forma de U de las curvas de coste, que aparecen en los libros de texto.

Si como indica JOHNSTON<sup>22</sup>, prescindimos de la hipótesis de precios constantes para los factores, no alteramos materialmente la forma de las curvas, tradicionales; la única diferencia será que la subida de las curvas del coste marginal, coste medio variable por unidad de producción y coste medio, será anterior y mayor.

###### *IV.1.2. El coste medio y coste marginal crecen a una tasa constante.*

Una segunda hipótesis acerca de la naturaleza de variación coste-

21. Op. cit. pág. 205.

22. JOHNSTON, J. (1966): *Análisis estadístico de los costes*. Sagitario, S.A. Barcelona, pág. 28.



cantidad de producto ha sido establecida por H.T. DAVIS<sup>23</sup>. Denominando U al producto y Q(u) a los costes totales, establece que:

$$Q(u) = a u^2 + b u + c \quad (1)$$

por lo que el coste medio es de la forma

$$q(u) = au + b + c/u \quad (2)$$

y así tenemos las curvas que aparecen en la figura 2. DAVIS establece que: "Los datos existentes sobre las funciones de los costes muestran que las figuras, 2 y 3 son representaciones esencialmente correctas de las funciones del coste medio y del coste total"; sin embargo, más tarde, en el mismo capítulo, contestando a la pregunta "¿Qué aspecto tiene una curva de coste?" recoge el estudio de Yntema sobre la United States Steel Corporation<sup>24</sup>, el cual da la función

$$Q(u) = 182,1 + 55,73 u$$

donde Q(u) viene medido en millones de dólares y u en millones de TM.

#### *IV.1.3. Los costes medios variables se mantienen constantes en un amplio intervalo de variación del volumen de producción.*

La curva de costos totales de la United States Steel Corporation es una hipótesis fundamental acerca de la variación a corto plazo de los costes con la producción. Esto ha sido expuesto principalmente en los escritos de ANDREWS<sup>25</sup>. Su conclusión acerca del análisis de la situación a corto plazo es:

En general, es de esperar que los costes variables medios por unidad de producto se mantengan constantes en un amplio intervalo de variación del volumen de producción, mientras las empresas continúen empleando los mismos procedimientos de producción, y que el total de tales costes varíe proporcionalmente con el producto total.

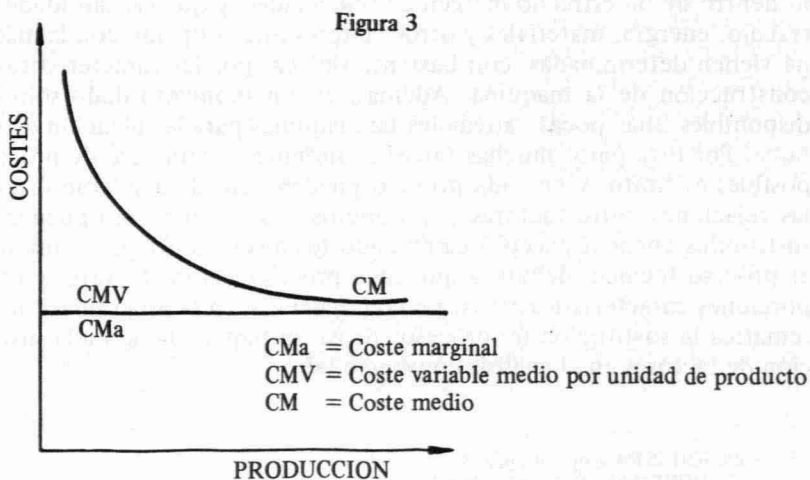
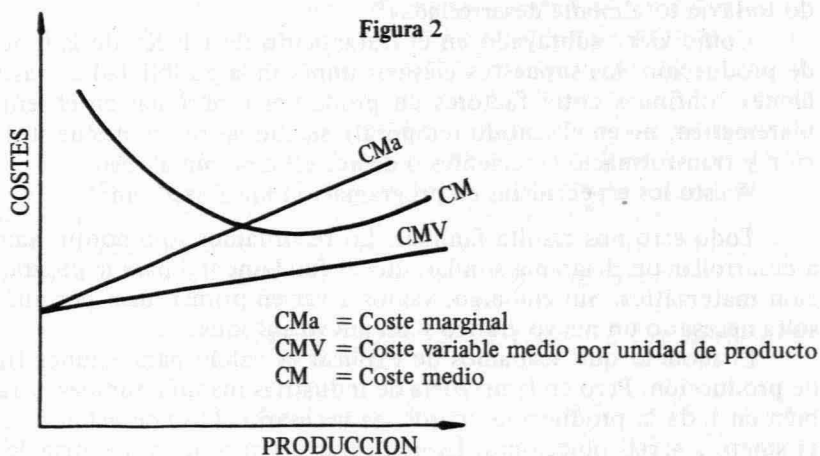
Esta hipótesis conduce a la situación reflejada en la figura 3. Así pues, tenemos hipótesis distintas acerca de la naturaleza de la variación

23. DAVIS, T.H. (1943): *Theory of Econometrics*, Principis Press. Bloomington, ind. pág. 125 citado en JOHNSTON' op. cit. págs. 29 y 30.

24. YNTEMA, O.T. (1940): *Steel Prices, Volume and Costs*, United States Steel Corporation, Temporary National Economic Committee Paper, vol. I, págs. 223 a 323 citado en JOHNSTON op. cit. pág. 30.

25. ANDREWS, S.W. (1949): *Manufacturing Business*. The McMillan Company New York, pág. 102 citado en JOHNSTON op. cit. pág. 30.

costes-producción a corto plazo, de las que la primera reclama claramente una fundamentación más amplia; La segunda anticipada por DAVIS sin ninguna evidencia empírica no difiere sustancialmente de la primera y da lugar a una curva de costes medios en forma de U. La tercera es la más reciente y es la única sugerida como plausible por la evidencia empírica acumulada.



#### **IV.2. La corriente de la programación lineal.**

Paralelamente a esta discusión en torno a las curvas de costes, ha habido en los últimos años un rápido desarrollo de la teoría y aplicaciones prácticas de la programación lineal. Un reflejo de este desarrollo en la teoría de la empresa ha sido la sugerencia de una serie radicalmente distinta de supuestos acerca de la naturaleza de las actividades productivas de una empresa, pero las consecuencias de estos supuestos no han sido todavía totalmente desarrolladas<sup>26</sup>.

Como viene subrayado en el tratamiento de HICKS de la función de producción, los supuestos clásicos implican la posibilidad de sustituciones continuas entre factores en productos (continuas en el sentido matemático, no en el sentido temporal), siendo las relaciones de sustitución y transformación crecientes o decrecientes según el caso.

A esto los especialistas en programación lineal replican<sup>27</sup>:

Todo esto nos resulta familiar. Lo recordamos sólo porque vamos a desarrollar un diagrama similar, que es fundamental para la programación matemática. Sin embargo, vamos a ver en primer lugar por qué resulta necesario un nuevo gráfico y un nuevo enfoque.

El modelo que acabamos de explicar es válido para algunos tipos de producción. Pero en la mayoría de industrias manufacturadas, y también en toda la producción en que sea necesario el uso de máquinas, está sujeto a serias objeciones. Es una característica de la mayoría de las máquinas modernas que cada clase de máquina opera eficientemente sólo dentro de un estrecho margen de velocidades, y que las cantidades de trabajo, energía, materiales y otros factores que cooperan con la máquina vienen determinadas, con bastante rigidez, por las características de construcción de la máquina. Además, en un momento dado sólo hay disponibles unas pocas variedades de máquinas para la ejecución de una tarea. Por otra parte muchas tareas económicas, el número de procesos posibles es finito, y en cada proceso pueden considerarse como rígidas las relaciones entre factores y productos. Los factores no pueden ser sustituidos entre sí excepto cambiando los niveles a los que se usa todo el proceso técnico, debido a que cada proceso usa los factores en proporciones características fijas. En consecuencia, en la programación matemática la sustitución de procesos juega un papel análogo a la sustitución de factores en el análisis convencional.

26. JOHNSTON, op. cit., pág. 31.

27. DORFMAN, R. (1953): "Mathematical or "Linear" programming". American Economic Review, vol., 43, nº 5, Diciembre, pág. 803 (Existe versión castellana bajo el título Programación matemática o lineal FCEE, UB, págs. 9 y 10).

### IV.3. Otros planteamientos relativos a la función de coste.

La teoría económica nos enseña que, debido a la ley de rendimientos marginales decrecientes, los costos marginales suben cuando la empresa tiene muchos y muy cercanos competidores. Sin embargo, los hombres de negocios sostienen, de acuerdo con su experiencia, que por lo general sus costos disminuyen a medida que se producen unidades adicionales. Esta observación es particularmente cierta en el caso de los talleres que hacen trabajos especiales en pequeñas tandas para una gran diversidad de clientes, como ocurre con los negocios de imprenta, decoración de interiores, metalistería y transporte, donde los costos marginales disminuyen rápidamente con los grandes pedidos. Con frecuencia los estudios econométricos no revelan el aumento de las funciones de costo marginal, apoyando así lo que afirman los ejecutivos de empresas. A continuación vamos a presentar un modelo que creemos ayudará a resolver este conflicto entre la teoría económica tradicional y lo que se observa en la práctica de los negocios, y explica porqué la curva del coste medio puede ser plana para una amplia escala de producción.

#### IV.3.1. El papel del nivel (tasa) de producción y del volumen total planeado.

Según el profesor ARMEN A. ALCHIAN<sup>28</sup> la razón de este conflicto radica en parte en la confusión que existe entre dos dimensiones de la producción: la *tasa* y el *volumen*. Sienta la hipótesis de que el coste marginal es una función creciente de la tasa de producción y una función decreciente del volumen de producción. Esto difiere del enfoque del libro de texto común que pone énfasis en la tasa más que en el volumen, supone que el producto es homogéneo y se produce únicamente para el mercado con exclusión de los pedidos hechos por particulares y supone también implícitamente ya sea que el producto se va a elaborar continuamente a la tasa actual, sugiriendo que el volumen va a ser infinito.

Todas las características de una operación de producción pueden afectar a su coste. En este ensayo queremos dirigir nuestra atención esencialmente cuatro variables:

1<sup>o</sup>)  $x$  = tasa de producción por unidad de tiempo o nivel de producción por período es considerado en el análisis económico, la característica más importante. Pero es solamente una característica, y el con-

28. Véase al respecto, ARMEN A. ALCHIAN (1973) Costes y producción en la obra de BREIT W. y HOCHMAN H.: Microeconomía, Interamericana, México, cap. 12. también ARMEN A. ALCHIAN "Los costes y la producción". En la obra colectiva de ABRAMOVITZ y otros (1964) La asignación de los recursos económicos. Compañía General de Editores. México, págs. 31 a 56.

centrarse solamente en ella ha llevado a serios errores.

2<sup>o</sup>) V = volumen total planeado o programado de producción (o número total de unidades).

3<sup>o</sup>) T = momento en que se inicia la producción o fechas de despacho.

4<sup>o</sup>) m = tiempo en que se efectúa la producción o longitud total del programa de producción.

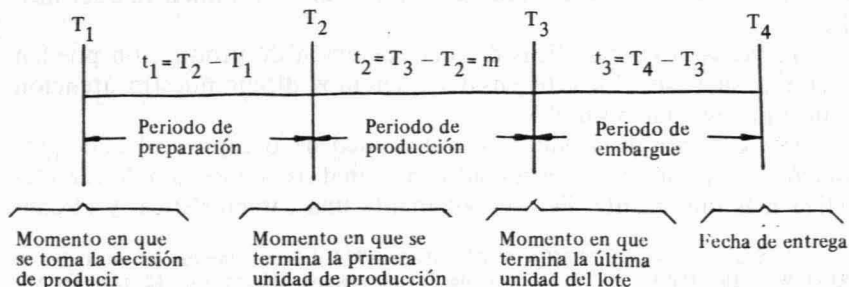
El coste total C es función de estas cuatro variables mencionadas:

$$C = F(V, x, T, m), y$$

se restringe a valores positivos; es decir  $C > 0$ .

Los términos y el modelo de Alchian se pueden situar en perspectiva haciendo referencia a la figura 4. Entre  $T_1$  y  $T_4$  hay cuatro puntos en el tiempo, comenzando con  $T_1$ , en que la empresa decida emprender la producción de algún artículo, prosiguiendo a  $T_2$ , cuando la línea de producción se ha preparado y terminado la primera unidad del producto; luego a  $T_3$ , en que se ha producido la última unidad del lote, y a  $T_4$ , en que se ha completado la entrega a los clientes. Los intervalos correspondientes  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$  son respectivamente el periodo de preparación, en que se dan los pasos necesarios para estar listos para el momento en que comiencen a salir los productos terminados el periodo de corrida, durante el cual se produce el número planeado de unidades, y el periodo de embarque, durante el cual se llevan los productos terminados a los lugares que indican los clientes. En la práctica,  $t_3$ , se puede superponer a  $t_2$ , si las remesas se hacen por partes a medida que los artículos van saliendo de la línea de producción.

Figura 4



El volumen de producción  $V$  en Alchian, que define además como la suma de las tasas de producción con respecto al tiempo que comprende el periodo  $T$  a  $(T + m)$ ,

$$V = \int_T^{T+m} x \, dt \quad \text{ó} \quad V = mx$$

Con los supuestos adicionales de producción constante durante el periodo  $m$  y sin adelantos ni retrasos en  $T$ , corresponde al número de unidades producidas en el intervalo

$$T_2 \longrightarrow t_3 = t_2 = m$$

la tasa de producción de ALCHIAN,  $x$ , es  $dx/dt$  durante el periodo  $m$ . La  $T$  de ALCHIAN corresponde a  $T_2$  de la figura 4.

#### IV.3.2. *Proposiciones sobre costos y producción.*

IV.3.2.1. El coste total es una función creciente de la tasa o nivel de producción  $x$ ; es decir:

$$\frac{\partial C}{\partial x} > 0 \quad \begin{array}{l} \text{con } T = T_0 \\ V = V_0 \end{array}$$

La expresión de la izquierda es la derivada de los costos con respecto a  $x$ , cuando  $T$  y  $V$  permanecen constantes, dejando el ajuste para  $m$ . Muestra el cambio en los costes cuando el nivel de producción por periodo aumenta, sin incrementarse  $V$  y sin cambiar la fecha de despacho, pero con la adecuada reducción de  $m$ . La proposición 1 establece que cuanto más rápido sea el nivel de producción por periodo para obtener un volumen dado por producción mayores serán los costes:

IV.3.2.2. El coste total es una función creciente del volumen total planeado de producción.

$$\frac{\partial C}{\partial V} > 0 \quad \begin{array}{l} \text{con } x = x_0 \\ T = T_0 \end{array}$$

C aumenta con V para una x dada y una fecha de producción inicial también dado, T. Para un nivel constante de producción, por ejemplo, esto requeriría un programa de producción más largo, o sea, m más larga.

IV.3.2.3. El coste total es una función decreciente del tiempo de inicio de la producción.

$$\frac{\partial C}{\partial T} < 0 \quad \text{con } x = x_0 \\ V = V_0$$

en donde T, en este contexto, se refiere al transcurso del tiempo durante el cual se manifiesta la eficacia adquirida por la experiencia y aprendizaje, debido a “la familiarización con el trabajo, una mejor condición general, la organización del taller y las relaciones de ingeniería, producción más eficiente en las áreas de subensamblaje y herramientas también más eficientes”.

IV.3.2.4. Los costes medios y marginal disminuyen con respecto al volumen total planeado de producción, a los intervalos correspondientes al periodo de preparación y al tiempo de inicio de la producción.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial(C/V)}{\partial V} < 0 \\ \frac{\partial^2 C}{\partial V^2} < 0 \end{array} \right\} \text{con } x = X_0 \\ T = T_0$$

$$\frac{\partial(C/t_1)}{\partial t_1} < 0$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial t_1^2} < 0$$

$$\frac{\partial(C/t_2)}{\partial t_2} < 0$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial t_2^2} < 0$$

$$\frac{\partial(C/T)}{\partial T} < 0$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial T^2} < 0$$

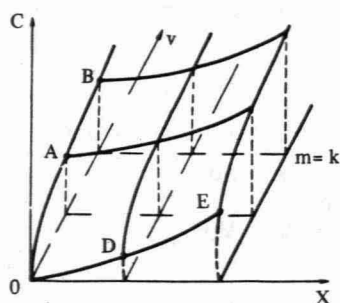
con  
 $x = x_0$   
 $V = V_0$

Ilustración gráfica de las proposiciones sobre costos y producción.

En la figura 5 aparecen curvas que muestran las propiedades anteriores con respecto a V y a x. En la figura 5 (a) se indica que C aumenta cuando aumenta V o x; las pendientes positivas de OAB y de ODE indican parciales positivas de C con respecto a V y x, respectivamente. La pendiente decreciente de OAB indica una segunda parcial negativa con respecto a V. De igual modo, la pendiente creciente de ODE indica una segunda parcial positiva con respecto a x. En la figura 5 (b) se señalan los costos marginales (primeras parciales<sup>29</sup>). La curva I mantiene constante la tasa de producción en  $x = x_0$  mientras que cambia el volumen; la producción de las unidades adicionales que se obtienen de este modo es continuamente menos costosa que la de las anteriores. El mayor volumen de producción abarca un periodo más largo m cuando la tasa no cambia. Esto permite un equilibrio más efectivo de los insumos fijos y

29. HIRSHLEIFER, JACK (1962): The Firm's Cost Function: ¿A Successful Reconstruction?. Journal of Business nº 3 Julio, pág. 238.

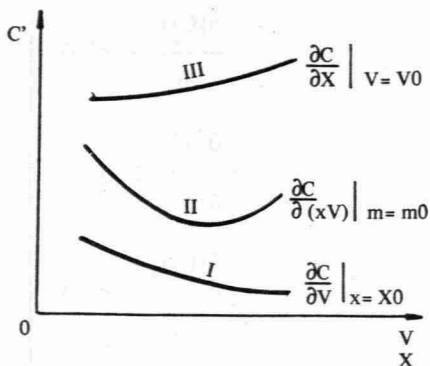




Superficie de coste como función de  $x$  y  $V$

a)

Figura 5



b)

variables a medida que se amplía el periodo de producción y se puede hacer mayor uso del equipo duradero.

La curva III mantiene constante el volumen de producción en  $V = V_0$  a medida que se deja variar la tasa; las unidades adicionales que se obtienen de este modo son cada vez más costosas.

La curva II indica la forma en que varía el costo marginal con respecto a los cambios proporcionales de  $V$  y  $x$  cuando el periodo de producción  $m$  se mantiene en  $m = m_0$ . Tanto  $V$  como  $x$  varían al moverse a lo largo de la curva II (como en el caso de las curvas clásicas del costo marginal), que comprende elementos de las curvas I y III, lo cual le da la forma característica de plato. Se piensa que la curva II es sólo un caso especial del modelo enriquecido de ALCHIAN; pero ello no prueba que la curva II tenga forma de  $U^{30}$ .

### IV.3.3. Resumen de los Estudios Empíricos del coste.

JOHNSTON<sup>31</sup> ha proporcionado un resumen de los estudios estadísticos de coste publicados en los principales boletines profesionales en el periodo de veinte años anterior a 1960. Salvo algún caso especial, no vamos a destinar aquí espacio suficiente para exponer los detalles de estos estudios. No obstante si ofrecemos un resumen de algunos de ellos, indicando el autor, la fecha, la industria a que se refiere y las ecuaciones de los que se citan.

30. Esto ha sido examinado por HIRSHLEIFER, op. cit. pág. 246-247.

31. Op. cit. pág. 187 y ss.

1. DEAN JOEL (1941), taller de fabricación de cinturones de piel

$$X_1 = -60,178 + 0,770X_2 + 70,181,30X_3$$

en donde  $X_1$  es el costo total,  $X_2$  es la producción y  $X_3$  es el peso promedio.

2. DEAN JOEL (1941), fábrica de calcetería

$$X_1 = 2,935.59 + 1.998X_2$$

$$X_1 = -13,634.83 + 2.68X_2 + 1,308.039X_3 - 22.280X_3^2$$

en donde  $X_1$  es el costo total,  $X_2$  es la producción y  $X_3$  es el tiempo.

3. DEAN JOEL (1942), tienda de departamentos

DEAN seleccionó tres departamentos de un gran almacén y estudió las relaciones entre costes y ventas a partir de 60 observaciones mensuales que cubrían el periodo 1931 a 1935. Los tres departamentos (abrigos, camisas y zapatos) fueron seleccionados porque presentaban amplias variaciones en el volumen de ventas, no heterogeneidad en la producción, así como poco cambio en el diseño, procedimiento general de elaboración y personal directivo. Las relaciones de costes encontradas fueron

$$X_T c = -25,440 + 1,052X_2 - 0,0019X_2^2 + 0,787X_4 \quad (R = 0,980)$$

$$X_T H = -60,764 + 0,347X_2 + 1,557X_4 \quad (R = 0,957)$$

$$X_T S = -146,776 + 0,925X_2 + 0,837X_4 \quad (R = 0,965)$$

$X_T c$  = costes totales en el departamento de abrigos.

$X_T c$  = costes totales en el departamento de camisería.

$X_T S$  = costes totales en el departamento de zapatería.

$X_2$  = número total de transacciones.

$X_4$  = valor medio de transacción.

Los elementos de costes incluidos en la cifra de coste total para cada departamento fueron: 1) Publicidad, 2) Sueldos de los vendedores, 3) Otros sueldos del departamento, 4) Expedición interior de géneros, 5) Expedición de géneros al exterior y 6) Gastos directos del departa-

miento. Se excluyeron todos los costos generales de asignación ordinaria del almacén, en vista de la naturaleza arbitraria de la asignación y del hecho de que el interés se centró sobre el coste marginal.

Los resultados obtenidos por Dean nos dan unos costes marginales decrecientes para un número creciente de transacciones en el departamento de abrigos, y unos costes marginales constantes para cada uno de los otros dos departamentos. No se encontró ninguna relación con relación al coste para ninguna de las siguientes variables, que fueron a su vez elegidas en el análisis:

1. Cambio en el número de transacciones con respecto al mismo mes del año anterior.

2. Número de días de venta por mes.

3. Número de días de venta por mes, teniendo en cuenta los días con tiempo desfavorable.

4. Variabilidad diaria en el volumen de transacciones.

4. BROSTER, J.E. (1938), British Railways (Ferrocarriles Británicos del Ministerio de Transportes)

$$E = 0.5474P + 1.6564F + 91,170,000$$

$$E = 0.10000M_p + 0.3680M_f + 54,250,000$$

en donde E son los costos de operación por unidad, ajustados a una tendencia de disminución en el tiempo de 1,17 por centavo y por año; P son las millas por pasajero; F es la cantidad neta de Toneladas-millas, en millares;  $M_p$  son las millas por tren de pasajeros y  $M_f$  son las millas por tren de carga.

5. YNTEMA, O.P. (1940). United States Steel Corporation.

Los costes se ajustaron a los cambios en el precio de los factores, realizándose posteriormente un ajuste de los costes obtenidos el cual se basó en la tendencia decreciente de estos últimos en relación con el volumen de producción para el período de tiempo considerado. La función estadística de los costes totales fue:

$$X_t = 182.100.00 + 55,73X_2$$

donde  $X_t$  = coste total, en dólares

$X_2$  = producción ponderada, en toneladas

Los componentes del coste total fueron: 1) intereses, 2) subvenciones, 3) amortización, 4) impuestos (excepción hecha de las cuotas de seguridad social, y los impuestos federales sobre los beneficios y la renta), 5) salarios, 6) cuotas pagadas a la seguridad social, y 7) otros gastos. El periodo de 1927 a 1936 incluye volúmenes anuales de operación que varían entre el 17,7 y el 90,4 por ciento de la capacidad de producción.

*IV.3.4. La curva de aprendizaje: sus efectos sobre el coste de producción.*

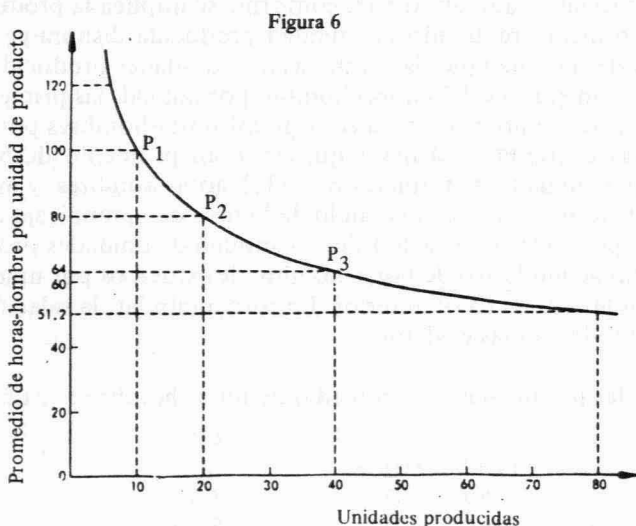
Muchas personas familiarizadas con los problemas de la producción industrial han observado que la eficacia de la producción a menudo progresa a medida que transcurre el tiempo y se desarrolla la fabricación. Dicho progreso se basa en una multitud de causas, muchas de las cuales actúan en una situación específica. Este progreso no es aprendizaje en el verdadero sentido de la palabra —es decir, un rendimiento más elevado de una tarea fija— sino esencialmente el progreso de una organización que aprende a ejecutar mejor su trabajo modificando las tareas individuales, por lo tanto, es un reflejo del principio de que una organización aprende por medio de la experiencia.

En especial se descubrió que, conforme se duplica la producción el esfuerzo promedio requerido por unidad producida disminuye a un ritmo constante; por ejemplo, las primeras diez unidades producidas requirieron un promedio de 100 horas-hombre por unidad, las primeras veinte unidades necesitaron un promedio de 80 horas-hombres por unidad, las primeras cuarenta unidades requirieron un promedio de 64 horas-hombres por unidad, las primeras 80; 51,2 horas-hombres, y así sucesivamente. Este sería un buen ejemplo de "curva de aprendizaje del 80%"; o sea, que por cada duplicación de la cantidad de unidades producidas, el promedio acumulativo de horas-hombre de esfuerzos por unidad tiende a ser un 80% de su valor anterior. En forma tabular, la relación factorial resulta todavía más evidente.

Unidades producidas		promedio de horas-hombre por unidad
10		100
20	(100 x .80) =	80
40	( 80 x .80) =	64
80	( 64 x .80) =	51,2

La relación puede ser expresada en unas coordenadas rectangulares como las de la figura 6<sup>32</sup>.

Las curvas de aprendizaje varían por industria y por tipo de trabajo en compañías específicas. En el caso concreto de la curva de aprendizaje al 80% como indica HEIN<sup>33</sup> no hay nada mágico en ella. Teóricamente el ritmo o tasa de aprendizaje alcanza un máximo del 100 por cien y un mínimo del 50 por ciento. Si no hay aprendizaje, el tiempo promedio acumulado por unidad no varía. Esto sería lo mismo que decir que la tasa o ritmo de aprendizaje es de 100 por cien (falta total de aprendizaje), y en consecuencia, dado un punto específico en la serie de fabricación, el tiempo promedio acumulado por unidad es el 100 por cien de cualquier otro punto anterior de la serie. Si la tasa de 50 por cien fuera efectiva, representaría la siguiente condición imposible: el tiempo promedio acumulado para la primera unidad (en nuestro ejemplo las 10 primeras) es igual a 100 por cien. Si el tiempo promedio acumulado para las dos primeras unidades (en nuestro caso las 20 primeras) fuera igual a 50 por ciento, el tiempo de producción para la segunda unidad (en nuestro caso las 10 segundas unidades) tendría que ser igual a cero.



Curva de aprendizaje al 80% en papel para gráfica aritmética

32. Tomada de BOCCHINO, A.W. (1972): Management Information Systems (Tols and Techniques). Peintice-Hall, pág. 188 (existe traducción al castellano).

33. HEIN, L.W. (1971): El análisis cuantitativo en las decisiones administrativas. Diana. México, pág. 123.

$$\frac{100 + 0}{2} = 50$$

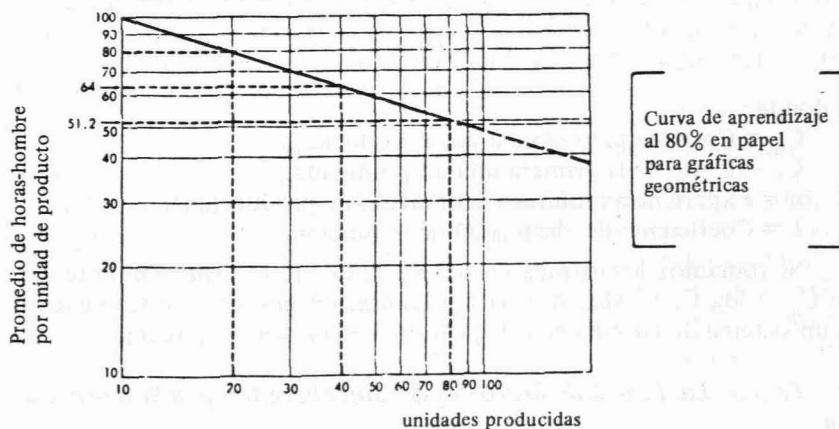
Por lo tanto, el ritmo o tasa de 50 por cien es el límite superior del aprendizaje; un límite que nunca puede alcanzarse (ya que es como si la producción se duplicara, sin necesidad de mano de obra adicional y con una tecnología dada).

En consecuencia, la curva de aprendizaje se puede describir simplemente como una curva logarítmica lineal que relaciona los requerimientos de mano de obra con las unidades consecutivas de producto que se elabora. Dice que cierto insumo, por ejemplo la mano de obra necesaria por unidad de producción, disminuye a tasa constante a medida que aumenta la producción.

La figura 7<sup>34</sup> muestra la curva del 80% trazada a escala logarítmica.

En la industria aeronáutica se ha encontrado que la curva del 80% (reducción del 20% en mano de obra) describe con exactitud su experiencia en la construcción de armazones para avión desde la década de los años treinta. En otras industrias, donde las operaciones que se efectúan

Figura 7



34. Tomada de BOCCHINO, A.W., Op. cit. pág. 109.

túan por medio de máquinas desempeñan un papel mayor en el proceso de fabricación, se ha encontrado que la curva del 90% es más apropiada.

Este mayor porcentaje, o menor grado de aprendizaje, refleja eficiencias reducidas de la mano de obra en el proceso de producción. Una reducción en el costo de operaciones que se hacen a máquina estará limitada por la alimentación y rapidez del dispositivo de manufactura. *Cuando la maquinaria es automática no se puede esperar aprendizaje alguno, como no sea a través de un mejor diseño o del uso de máquinas más eficientes.* En las operaciones de ensamblaje en gran volumen, que dependen de cantidades considerables de trabajo manual, las oportunidades para la eficiencia de la mano de obra son mayores y se pueden usar curvas de aprendizaje de porcentaje más bajo.

Por último la curva de aprendizaje es esencialmente una expresión estadística de una ley básica de la economía, que se conoce como economías de escala. A medida que aumentan las cantidades de la producción, los costos unitarios promedio tienden a disminuir. Basándose en un análisis de la experiencia de costos sobre una cantidad dada de producción, es posible calcular el patrón de realizaciones de costos y proyectar el rendimiento esperado sobre cantidades futuras de producción.

Así, si el coste unitario de un producto disminuye en un porcentaje constante cada vez que la experiencia (volumen de producción acumulado) se multiplica por dos, la función matemática<sup>35</sup> que relaciona ambas variables será una hipérbola y el coste de la n-ésima unidad producida será en función del coste de la primera unidad producida.

$$C_n = C_1 n^{-\lambda}$$

en donde:

$C_n$  = Coste de la n-ésima unidad producida.

$C_1$  = Coste de la primera unidad producida.

$n$  = Experiencia (volumen acumulado de producción).

$\lambda$  = Coeficiente de elasticidad de la función.

Si tomamos logaritmos en ambos lados de la expresión anterior,  $\log C_n = \log C_1 - \lambda \log n$ , y la representación gráfica de esta ecuación en un sistema de coordenadas logarítmicos será una línea recta.

#### IV.3.5. La Teoría de los costes de Gutenberg frente a la teoría clásica.

35. JEAN-PAUL SALLENAVE (1976): Experience Analysis for Industrial Planning, Heath, and Company, citado por PARCERISAS, V.D. (1982): La curva de experiencia. Esic-Market nº 39 (3<sup>er</sup> cuatrimestre) págs. 107 y ss.

En contraposición a la teoría condicionada por las hipótesis en que se asienta la Ley del rendimiento, Gutenberg empieza por afirmar que los costes no dependen exclusivamente de volumen de producción o grado de ocupación sino de los siguientes componentes:

1. Obviamente, de los precios de los factores productivos.
2. De la dimensión de las unidades técnicas (explotación).
3. Del programa de producción.
4. De las condiciones técnico-organizativas del proceso productivo.
5. Del grado de ocupación de las instalaciones.

Veamos brevemente, la incidencia de cada uno de estos componentes.

#### IV.3.5.1. Los precios de los factores productivos.

Una variación en los precios de los factores, tendrá distinta incidencia sobre los costes según se trate de procesos en los que se empleen factores sustituibles o factores limitativos. El primer caso —típico de las funciones de producción tipo A— se verá afectado por un cambio en los precios de los factores en el sentido de *modificar la combinación de los mismos* para alcanzar una nueva combinación de costes mínimos (siguiendo la “ley de igualación de las productividades marginales ponderadas”) <sup>36</sup>.

En cambio, tratándose de procesos cuyos factores son limitativos *la combinación* o estructura de los consumos de diferentes factores *está dada o definida por las características de construcción* de cada uno de los equipos técnicos. Debido a esto, no es posible sustituir un factor por otro y, en consecuencia, una alteración en el precio de los factores provocará, una modificación en los costes de producción <sup>37</sup>.

#### IV.3.5.2. La dimensión de las unidades técnicas (explotación).

Normalmente, la dimensión de la explotación va asociada a una determinada estructura de costes. En este sentido, las empresas de gran dimensión suelen tener ventajas frente a las de dimensión reducida, en orden a conseguir unos costes unitarios de producción más bajos. Este fenómeno puede ser atribuido a numerosas y variadas causas de entre las que destacamos aquellas que HOOVER <sup>38</sup> denomina principios de: “de los múltiplos”; “de la acumulación de reservas” y “de las operaciones al por mayor”.

36. TARRAGO, F. (1987): Fundamentos de economía de la empresa. Edición del autor. Barcelona, págs. 498 y 499.

37. TARRAGO, F.: Op. cit. pag. 499.

38. HOOVER, M. (1951): Localización de la actividad económica. Fondo de Cultura Económica. México, págs. 93 y ss.



#### IV.3.5.3. El programa de producción.

Es la etapa final de la planificación de la producción, en ella todas las actividades productivas se coordinan y proyectan en el tiempo. De hecho —como indica EILON<sup>39</sup>— el programa de producción es un horario que indica qué máquina o que departamento debe realizar una función y cuando debe hacerlo.

El programa de producción a la hora de asignar el trabajo, lo debe hacer de tal manera que se minimicen los diferentes costes asociados con la fabricación<sup>40</sup>. Estos costes son ocasionados por factores tales como inventarios en proceso, personal y equipos ociosos (por cualquier razón), tiempo extra, órdenes que se terminan con retraso, etc.

Los objetivos del programa de producción son:

- Terminar a tiempo un alto porcentaje de las órdenes de fabricación.
- Alta utilización de las máquinas y del personal.
- Bajos inventarios en proceso.
- Bajo tiempo extra.
- Agotamiento poco frecuente de los artículos fabricados.

#### IV.3.5.4. Las condiciones técnicas organizativas del proceso productivo.

Los factores productivos experimentan cambios en sus prestaciones debido a distintas causas; como el desgaste de los equipos, al envejecimiento de la plantilla, a la sustitución de un material por otro de reciente aparición, a estudios de mejoras de métodos a cambios en la organización de los procesos, etc. Tanto si se trata de modificaciones en los factores elementales como en el factor dispositivo, ambos llevarán implícito consecuencias sobre los costes de la empresa.

De mayor interés podemos calificar, los cambios en prestaciones, que aunque se presentan con mucha menos frecuencia, tienen una mayor importancia cuantitativa y un plazo de duración relativamente largo. La introducción de los nuevos equipos y procesos, las inversiones de reposición y racionalización, los planes de formación del personal, etc., pueden ser ejemplos de estos cambios en la calidad de los factores que provocan una mayor incidencia en los costes, siempre constituirá un elemento de gran importancia al tratar de determinar los costes singulares

39. EILON, S. (1976): La producción. Planificación, organización y control. Labor. Barcelona, pág. 391.

40. MIZE/WHITE/BROOKS (1982): Planificación y control de operaciones. Prentice-Hall Internacional. Madrid, pág. 202.

“por lugares de costes”; es decir, el tratar de individualizar cual ha sido la parte de coste incorporada al producto, según la naturaleza de las diferentes prestaciones hechas por las respectivas unidades técnicas<sup>41</sup>.

#### IV.3.5.5. El grado de ocupación de las instalaciones.

El grado de ocupación de la explotación constituye otra de las variables fundamentales que afectan al nivel de costes de la empresa, debido, particularmente, a la existencia de los costes fijos y a la posibilidad de que la capacidad propia de una determinada dimensión si o no aprovechada totalmente (posibilidad de la existencia de “costes de marcha en vacío”<sup>42</sup>.

Sin embargo, no existe sólo el riesgo de incurrir en excesivos costes de inactividad, sino que además cabe el inconveniente de que se presente el fenómeno designado con la expresión “histéresis de los costes” o “remanencia de los costes”.

Con la expresión “histéresis de los costes”<sup>43</sup> se hace alusión al hecho de que la función de los costes totales no es exactamente reversible, lo cual significa, expresado en otros términos, que lo que podríamos llamar la trayectoria seguida por los costes totales no es la misma según que un determinado volumen de producción se alcance en sentido creciente (es decir, partiendo de otros volúmenes más reducidos) o, por el contrario, se alcance en sentido decreciente por la reducción de volúmenes de producción más elevados.

#### IV.3.6. Contrastaciones empíricas de la teoría de Gutenberg.

##### IV.3.6.1. La curva de los aumentos de producción se desarrolla en forma lineal.

Supongamos una empresa del sector téxtil que se dedica a la elaboración de género de punto tipo “interlock”, trabaja con telares circulares tipo interlock G-20 (Jumberca). Un telar de este tipo<sup>44</sup> permite obtener una producción de 2,44 Kilogramos por hora, equivalente 33 metros de género por hora, a una velocidad de 50 vueltas por minuto. Un operario desarrollando una actividad normal (actividad correcta o exigible) está en condiciones de atender 6 telares por lo que en 8 horas ob-

41. TARRAGO, F.: Op. cit. pág. 501.

42. Ibid, pág. 501.

43. CASTAÑEDA, J. (1979): Lecciones de teoría económica. Aguilar. 4ª reimpresión. Madrid, págs. 300 y 301.

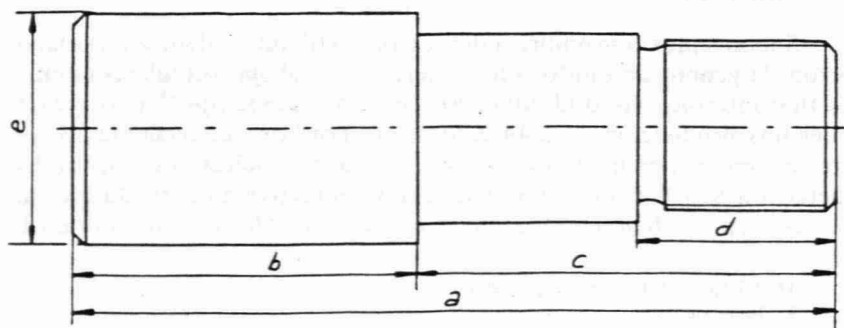
44. Estos datos han sido tomados en factoría correspondiente a la firma: Géneros de punto, F'RETA, S.A.

tiene la cantidad de  $33 \text{ m/h} \times 8 \text{ h.} \times 6 = 1.584 \text{ m.}$  de género de punto. Si el operario que atiende los seis telares no varía su conducta laboral, en el sentido de disminuir su actividad, cualquier otro operario de igual calificación que se agregue a los telares, quedaría sin ocupación. Asignando también 6 telares al segundo operario de idéntica calificación, y trabajando a actividad correcta, se obtendrán en 8 horas 1.584 m. más de punto. Como vemos, en este caso, el aumento de producción es proporcional al aumento de las cantidades de empleo de ambos factores (mano de obra y equipos), y la producción seguirá aumentando siempre que se aumenten ambos factores en la proporción 1:6 respectivamente, de ahí que los aumentos de rendimiento sean constantes. *Por lo tanto, podemos concluir, diciendo que la curva de los aumentos de producción se desarrollaría en forma lineal.*

IV.3.6.2. Un mayor rendimiento (aumento de producción) sólo es obtenido cuando todas las cantidades de empleo de los factores aumentan en una proporción dada.

En un torno, los factores determinantes de la velocidad de corte (aparte de las constantes  $3,14 (\pi)$  y 1000) son el diámetro de la pieza a mecanizar y el número de revoluciones por minuto a que se hace girar la máquina. Vamos a desarrollar esta cuestión, tomando un caso concreto de la realidad<sup>45</sup>. Se trata del proceso de mecanizado del "Eje articulación mordaza freno", cuyo esquema se representa en la figura 8.

Figura 8



45. Los datos que en este caso se exponen han sido facilitados por la firma PEGASO.

Esta pieza, es mecanizada en un torno MAZAK, en el cual según las distintas operaciones a efectuar se fijan las correspondientes revoluciones por minuto, lo que da lugar a sendas velocidades de corte, y fijando para cada operación el avance por revolución correspondiente, da lugar a que el tiempo del ciclo hombre-máquina sea de 3,35 minutos, o sea, que cada 3,35 minutos se obtiene una pieza, como la indicada en la figura 8 y por tanto se elaborarán 17 piezas por hora<sup>46</sup>, contando que el operario mantiene una conducta laboral, de trabajar a actividad normal (correcta). Prescindiendo de los altibajos durante la jornada de trabajo y otros factores de los cuales depende el rendimiento laboral, en una jornada de 8 horas se obtendrían 136 piezas, dando por supuesto que tanto el rendimiento de la máquina como la conducta laboral indicada, se mantienen invariables. Si en estas circunstancias se incorpora más material para ser procesado, pero se mantienen las velocidades de corte anteriores y el operario no cambia su ritmo de trabajo (actividad), no se conseguirá mecanizar, el material adicional. En otras palabras, no será posible reducir el ciclo hombre-máquina por lo que la cadencia de producción no aumentará quedando improductivo y sin mecanizar el material adicionado.

Veamos claramente que si las velocidades de corte (que dan lugar al rendimiento de la máquina) no experimentan ninguna modificación a raíz del aumento o adición de material a procesar, es evidente que la cantidad aumentada de material, no causa ningún incremento en el número de piezas obtenidas. En estas circunstancias, no hay ninguna posibilidad de sustitución de partes de un factor por partes de otro factor. *En consecuencia, sólo se obtienen aumentos de producción cuando todas las cantidades de empleo de los factores, aumentan en la proporción dada, por tanto los aumentos de producción son proporcionales al aumento cuantitativo de todos los factores que intervienen en la obtención del producto.*

En relación con lo expuesto en el apartado anterior, argumentamos que:

Si el comportamiento de los factores constantes no se ve afectado por los cambios en las cantidades de empleo del factor que ha variado; si su conducta (de estos factores constantes) se supone fijada en base a determinado rendimiento (17 piezas por hora); si las proporciones de empleo quedan invariables, es decir, si el factor constante (por ejemplo n.º de revoluciones de la máquina) no es susceptible de combinarse con cualquier cantidad de los factores variable (por ejemplo material adicional o conducta del operario, etc.). *Podemos decir que en estas circuns-*

46. Por supuesto que  $60 : 3,35 \neq 17$ , pero se ha ajustado a número entero para mayor comodidad, no desvirtuando por ello el contexto.

*tancias no es posible imputar en concreto, ningún aumento de rendimiento al cambio de la cantidad empleada del factor que ha variado, por lo que el desarrollo del rendimiento no responde a las tres etapas de la Ley del rendimiento y en consecuencia es evidente que no se cumplen las condiciones de esta ley.*

La *sujeta relación* que se establece entre los factores empleados y el rendimiento o eficacia productiva, hace imposible la libre variabilidad de la cantidad de empleo de los factores. Esto hace que no exista la posibilidad de aislar y determinar el aporte productivo de un factor individual. Por lo tanto carece de sentido el intentar averiguar (cuantificar) las productividades marginales de los factores.

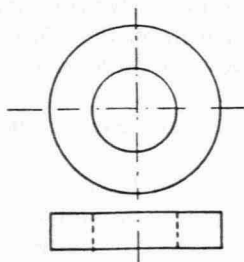
A igual conclusión llegamos en la investigación del siguiente caso<sup>47</sup>:

La firma en cuestión se dedica a transformados de aluminio, y entre otros, uno de los productos que obtiene es el "slugs", cuyo esquema se representa en la figura 9.

El material de partida, es cinta de aluminio laminada que es adquirida por la "firma" en forma de rollo.

Nuestra investigación se ha centrado en la sección de prensas ya que la materia prima cinta laminada sufre la operación de Extrusión<sup>48</sup> para convertirse en el producto que nos ocupa, o sea, el "slugs"<sup>49</sup>. En esta operación el operario embraga el material a la máquina (alimenta la máquina) y esta efectúa el proceso correspondiente para obtener el producto indicado en una cuantía de 150 Kilos por hora, equivalente a 2.419 "slugs"; pues, el peso de un "slugs" es de 62 gramos.

Figura 9



47. Los datos han sido obtenidos en la firma INDUSTRIAS SEMIMETALICAS; dedicada a transformados de Aluminio.

48. Extrusión: Es un proceso, realizable en caliente o en frío, en el que, mediante un émbolo o punzón, se presiona al material obligándole a salir por el orificio de una matriz, el cual da su forma a la pieza.

49. Aunque el producto pasa después por un tratamiento término y la posterior selección y empaquetado, prácticamente se puede dar como terminado en la operación de extrusión, ya que en las siguientes no sufre transformación física alguna.

Por otra parte, sabemos que cada 0,6 Kilos de producto terminado, es preciso consumir 1 Kilo de materia prima, en consecuencia los 150 Kilos precisarán 250 Kilos de materia prima.

Un operario ( $R_3$ ) trabaja en una prensa ( $R_2$ ) 250 Kilos de Cinta laminada ( $R_1$ ) en una hora de trabajo, lo mismo se puede aplicar a la máquina  $R_2$  en la cual se obtienen 150 Kilos de producto terminado o se han procesado 250 Kilos de cinta laminada. La producción aquí obtenida es la del conjunto Hombre-Máquina que es de 150 Kilos/hora.

Ahora bien, si previamente al establecimiento de la función  $X = F(R_1, R_2, R_3)$  queda fijada la conducta técnica de la máquina, y en consecuencia la del operario<sup>50</sup>, un cambio en la cantidad de material en el sentido de un mayor aporte del mismo (suponiendo el material como factor variable) no producirá ningún cambio en la conducta técnica de la máquina ni tampoco en el ritmo de actividad del operario, y en consecuencia el conjunto hombre-máquina continuarán procesando en una hora 250 Kilos de cinta laminada y obteniendo 150 Kilos de producto terminado o sea 2.419 piezas tipo "slugs". *En caso de aumentarse la cantidad de cinta laminada ( $R_1$ ) de 250 a 250,31 Kilos ( $dR_1 = 0,31$  Kilos) no saldrá mayor cantidad de producto terminado, por lo que quedas inestrusionar la cantidad de material ( $dR_1$ ) llevada adicionalmente al proceso de producción. Podemos decir que su productividad marginal es igual a cero.*

Haciendo el supuesto de que la cantidad de cinta laminada a procesar queda invariable, o sea 250 Kilos a la hora, y que el rendimiento de la máquina permanece igual que en la situación descrita anteriormente pero, en cambio, el factor trabajo aumenta a 1,15 horas-hombre (manteniendo por supuesto el mismo ritmo de trabajo y actividad), este aumento de 0,15 horas-hombre, no se transforma en un incremento de la producción. *En consecuencia queda improductivo ese aporte de trabajo adicional. Su productividad marginal es igual a cero.*

Con un razonamiento similar llegaríamos al mismo resultado, en el caso de que el factor variable fuera la máquina, e invariables la cinta laminada a procesar y el trabajo.

Puesto que, estamos ante el caso de que no influye en la conducta del factor constante los cambios de las cantidades de empleo de factores variables no se cumplen las condiciones que dan lugar al esquema de las tres etapas de la ley del rendimiento.

A las mismas conclusiones llegamos en las investigaciones efectuadas en las firmas "Hijos de AMADEO FERRE PLANA, S.A." (dedicada a la fabricación de tornillería, tuercas y remaches de precisión) y "SU-

50. Cuando un operario trabaja con una máquina, es frecuente que su actividad esté limitada por la misma; estamos en lo que se denomina trabajo limitado.

PER-QUIMICA, S.A.” (dedicada a la fabricación de detergente en polvo).

En la primera el estudio se ha hecho en la sección de estampado concretamente en una “estampadora de dos golpes”, en la cual el metal entra en forma de alambre, es enderezado por rodillos y cortado. Después este trozo es transferido a otra estación (en la misma máquina) en la que tienen lugar varias operaciones de recalcado que dan lugar a la obtención del cuerpo del tornillo. En cuanto a la segunda la investigación se ha hecho en la “Torre de Secado” en donde la pasta que allí llega procedente de la mezcla de varias materias primas se transforman en polvo por mediación del calor suministrado por un horno.

IV.3.6.3. Un mayor rendimiento sólo es imputable al cambio de las cantidades empleadas de todos los factores, no siendo libremente variables estas cantidades.

Para argumentar este planteamiento, tomamos como base la investigación efectuada en la sección de prensas y en concreto a la dedicada a la producción de “slugs” en la firma mencionada en páginas anteriores.

Si en el caso que nos ocupa, se conviene que un cambio de la cantidad de empleo del factor variable influye en el comportamiento del factor constante, podemos sostener lo siguiente:

El material, cinta laminada a procesar se aumenta de 250 a 250,31 Kilos ( $dR_1 = 0,31$  Kilos). Por lo tanto: en una hora ( $R_2$  y  $R_3$  constantes) han de trabajar  $R_1 + dR_1$  ( $250 + 0,31 = 250,31$  Kilos de cinta laminada).

Si la capacidad del operario y máquina<sup>51</sup> permite trabajar 250,31 Kilos de cintas laminada en el mismo tiempo o sea, en una hora, o dicho de otra manera, si los dos factores constantes toleran la influencia de la cantidad aumentada del empleo del factor variable (cinta laminada) entonces en una hora hombre-máquina se obtiene una producción de 150,186 Kilos del producto terminado, equivalentes a 2422 “slugs”.

Como quiera que en estas circunstancias el rendimiento del operario y de la máquina no han quedado invariables, pues:

El operario ha tenido que aumentar su ritmo de trabajo para embargar (alimentar) a la máquina el material adicional, ya que se trata de procesar 250,31 Kilos en una hora frente a los 250 Kilos de antes. Ahora bien, para que el operario incremente su actividad sería preciso

51. Al operario se le exige que desarrolle una actividad o ritmo de trabajo normal pero, tiene capacidad para desarrollar una actividad superior a aquella, la cual se consigue mediante incentivos. En cuanto a la máquina y desde un punto de vista técnico, es perfectamente admisible hacer variar su velocidad de trabajo, ejemplos más típicos: torno, limadora, rectificadoras, etc.



darle un incentivo, que por lo general es de carácter económico, lo que conlleva a un incremento en el coste de la hora-hombre y otras cuestiones referentes a suplementos por fatiga, en cuyo detalle no entramos. En cuanto a la máquina, para poder procesar el material adicional en el mismo tiempo que antes, o sea, en una hora habrá tenido que aumentar su velocidad de trabajo, este aumento de producción ha sido a costa de:

— Una utilización adicional de la máquina, es decir desgaste de todos los componentes de la misma, que de una forma directa o indirecta intervienen en la operación, con lo cual se originará un mayor gasto en reparaciones y recambios, y en su conjunto un acortamiento, en el tiempo de vida útil de la máquina.

— Un empleo adicional de herramientas que en este caso son los troqueles en sus dos partes fundamentales: la matriz y el punzón, ambos hechos a base de aceros especiales.

— Un consumo adicional de lubricante. En el ciclo de corte del troquelado se producen, aparte de tensiones y otros esfuerzos, un elevado grado de rozamiento lo que origina una elevación de la temperatura en los troqueles. Para no tener un desgaste excesivamente prematuro de estos, hay que evitar estas temperaturas y la forma más viable desde el punto de vista técnico es la lubricación. Por tanto cuantas más veces se repita el ciclo de trabajo, mayor será el consumo de lubricante.

Hemos visto que todas estas cantidades adicionales consumidas, han sido necesarias para procesar 0,31 Kilos de cinta laminada y por ende obtener 0.186 Kilos de producto terminado, contando para ello también con un mayor rendimiento por parte del operario.

La relación entre la cantidad de material a procesar, la velocidad de trabajo de la máquina, el consumo de lubricantes, el ritmo de actividad del operario..., están determinados para cada tipo de operación. En otras palabras, los cambios en las cantidades de empleo de los factores (a los que vamos a denominar bienes de "consumo"), están determinados desde el punto de vista técnico, existiendo unas interdependencias entre las cantidades empleadas y los rendimientos exigidos a los equipos mecánicos y que son conocidas en la práctica hasta el punto que se pueden aproximar por funciones.

Vemos que resulta concluyente que un mayor rendimiento, es el resultado de un cambio de las cantidades de empleo adicional de todos los factores, por que estas cantidades no son libremente variables. Al no cumplirse esta condición, *no pueden ser averiguadas* las productividades marginales parciales para los distintos factores productivos o bienes de consumo.

Como sabemos, *de la posibilidad de averiguar* las productividades marginales parciales, depende *la validez de la ley del rendimiento*, así



como la Ley de proporción que contiene los *criterios del costo mínimo*. En otras palabras, la Ley del rendimiento no exige solamente la constancia substancial de un factor, sino también la constancia de las cantidades empleadas de los factores.

Esta constancia en palabras de GUTENBERG<sup>52</sup> significa, constancia del empleo de la máquina (desgaste de la misma), constancia del empleo de herramientas (troqueles, cuchillas, fresas, peines), constancia de la energía consumida, constancia del consumo de lubricantes, etc.

El hecho de suponerse estas constancias de las cantidades de empleo de los factores al hablarse de la Ley del rendimiento, ya implica el cálculo de las productividades marginales de los distintos factores y, con ayuda de estas productividades marginales, la combinación de costes mínimos. Pero *sólo* es posible averiguar las productividades marginales cuanto existe posibilidad de variar las cantidades de empleo de un factor de producción, al tiempo que se mantengan constantes las cantidades de empleo de los demás factores de producción o bienes de producción.

Pero constancia de las cantidades de empleo de los factores significa, simultáneamente, que queda constante el rendimiento aportado por los medios de empresa al proceso productivo (el rendimiento del telar, rendimiento de horno en la torre de secado, rendimiento del torno, rendimiento de la prensa, etc.).

Por lo tanto, si ha de ser válida la Ley del rendimiento, debe ser factible mantener *invariables* los aportes de rendimiento de los agregados<sup>53</sup> técnicos necesarios para la producción, en el caso de variación de la cantidad empleada de un factor. Pero como hemos visto en nuestros ejemplos un mayor rendimiento sólo es imputable al cambio de las cantidades empleadas de todos los factores.

En consecuencia: el estudio e investigación hecho por nosotros, así como otros planteamientos desarrollados en páginas precedentes, *nos lleva a la conclusión de que la Ley del rendimiento, no puede considerarse representativa de la producción industrial*.

## V. CONCLUSIONES

V.I.— No son pocas las opiniones prevalecientes en considerar la Ley del rendimiento como representativa, tanto de la producción agrícola como de la producción industrial, en este sentido se han pronunciado autores como: FERGUSON, SEO y WINGER COHEN, STGLER,

52. Op. cit. pág. 210.

53. Por agregado(s) debemos entender todo bien(es) de equipo o máquina(s).

MARSHALL, SAMUELSON, SCHNEIDER. Algunos la aceptan como una aplicación general a la mayoría de los procesos de producción del mundo real, otros, aparte de esa aceptación la desarrollan, pero, en base a ejemplos tomados de la producción agrícola.

V.2.— El rendimiento y el crecimiento vegetativo en el orden de la producción agrícola son fenómenos biológicos. No nos parece coherente transferir por analogía los fenómenos biológicos del crecimiento a la producción industrial, en consecuencia, aplicar simplemente una deducción en el orden de la producción agraria por analogía a la producción industrial no es una prueba en favor de la validez de la ley del rendimiento bajo las condiciones de la producción industrial” y, sólo en el caso de que la curva de costes de la empresa refleje la evolución de la curva de costes basada en el desarrollo de la ley del rendimiento, se podrá argumentar que dicha Ley es representativa de la producción industrial.

V.3.— El sometimiento a un análisis empírico de cierta hipótesis referente a las alteraciones que sufre el coste de producción de una empresa a medida que su volumen varía; *no* ha llevado como vemos a continuación a un desarrollo de los costes primeramente cóncavo y luego convexo (visto desde abajo):

a) La hipótesis tradicional en forma de U de las curvas de coste, que aparecen en los libros de texto y que es consecuencia de los rendimientos medios decrecientes, reclama claramente una fundamentación más amplia.

b) La hipótesis más reciente y sugerida como plausible por la evidencia empírica acumulada es la de que los costes medios se mantienen constantes (la curva se mantiene plana) en un amplio intervalo de variación del volumen de producción.

c) La hipótesis que sostiene la teoría económica y así nos la enseña que, debido a la ley de rendimiento marginales decrecientes, los costes marginales suben cuando la empresa tiene muchos y muy cercanos competidores; se enfrenta a los planteamientos defendidos por los hombres de negocios pues, sostienen, de acuerdo con su experiencia, que por lo general sus costes disminuyen a medida que se producen unidades adicionales. A este respecto, es de destacar, que con frecuencia los estudios econométricos apoyan las afirmaciones de los ejecutivos de las empresas.

d) El elemento “curva de aprendizaje” que representa un esfuerzo significativo de medición del progreso de fabricación, demuestra que el coste unitario de un producto disminuye en un porcentaje constante ca-

da vez que el volumen de producción se multiplica por dos.

e) Otro enfoque relativo al comportamiento de los costes es el planteamiento de GUTENBERG que sostiene que los costes no dependen exclusivamente del volumen de producción o grado de ocupación (la teoría económica clásica así los considera por las hipótesis en que se asienta la Ley del rendimiento) sino de los siguientes componentes: obviamente, de los precios de los factores productivos, de la dimensión de las unidades técnicas (explotación), del programa de producción, de las condiciones técnico-organizativas del proceso productivo y del grado de ocupación de las instalaciones. Destacando que en adaptación cuantitativa el desarrollo de los costes se produce en forma escalonada (lineal).

V.4.— Nuestras investigaciones en el campo de la producción industrial, nos han llevado a los siguientes resultados:

a) La curva de los aumentos de producción se desarrolla en forma lineal.

b) Sólo se obtienen aumentos de producción cuando todas las cantidades de empleo de los factores, aumentan en la proporción dada, por tanto los aumentos de producción son proporcionales al aumento cuantitativo de todos los factores que intervienen en la obtención del producto. Un mayor rendimiento sólo es imputable al cambio de las cantidades empleadas de todos los factores.

c) La sujeta relación que se establece entre los factores empleados y el rendimiento o eficacia productiva, hace imposible al libre variabilidad de la cantidad de empleo de los factores. Esto hace que no exista la posibilidad de aislar y determinar el aporte productivo de un factor individual. Por lo tanto carece de sentido el intentar averiguar las productividades marginales de los factores.

V.5.— De la posibilidad de averiguar las productividades marginales parciales depende la validez de la Ley del rendimiento, así como la Ley de proporción que contiene los criterios de coste mínimo; la no existencia de tal posibilidad (las cantidades de empleo de los factores *no* son libremente variables) y el que los costes de producción de una empresa no sigan un desarrollo primero cóncavo y luego convexo (visto desde abajo), hace que resulte concluyente, que la Ley del rendimiento no puede considerarse representativa de la producción industrial.

### BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ y otros (1964): La asignación de los recursos económicos. Compañía General de Editores. México D.F.
- BOCCHINO, A.W. (1972): Management Information Systems (Tools and Techniques). Prentice-Hall-Internacional.
- BREIT, W. y HOCHMAN, H. (1973): Microeconomía. Interamericana. México.
- BUENO/CRUZ/DURAN (1971): Economía de la Empresa. Análisis de las decisiones empresariales. Pirámide 2ª ed. Madrid.
- BUFFA, E.S. (1981): Administración de operaciones. La administración de sistemas productivos. Limusa. México.
- CASTAÑEDA, J. (1979): Lecciones de teoría económica. Aguilar. 4ª reimp. Madrid.
- COHEN, J.K. (1973): Economía de empresas. Teoría de la firma. El Ateneo, Buenos Aires.
- DORFMAN, R. (1962): Programación Lineal. Aguilar. 2ª Edic. Madrid.
- DORFMAN, R. (1953): Mathematical or Lineal Programming, American Economic Review, vol. 43, nº 5 Diciembre, pág. 797-825. Existe versión en castellano bajo el título Programación matemática o lineal, FCEE, UB, págs. 7 y ss.
- EILON, S. (1976): La producción, planificación, organización y control. Labor, S.A. Barcelona.
- FERGUSON, C.E. (1971): Teoría microeconómica. Fondo de Cultura Económica. México.
- GUTENBERG, e. (1961): Fundamentos de la economía de empresa. El Ateneo 3ª Edic. Buenos Aires.
- HEIN, L.W. (1971): El análisis cuantitativo de las decisiones administrativas. Diana. México D.F.
- HICKS, J.R. (1952): Valor y capital. Fondo de Cultura Económica. Bogotá.
- HIRSHLEIFER, J. (1962): The Firm's Cost Function. ¿A Successful Reconstruction?. Journal of Business nº 3 Julio.
- HOOVER, M. (1951): Localización de la actividad. Económica. Fondo de Cultura Económica. México D.F.
- JOHNSTON, J. (1966): Análisis estadístico de los costes. Sagitario S.A. Barcelona.
- MARSHALL, A. (1963): Principios de economía. Aguilar 4ª Dossat. Madrid.
- MIZE/WHITE/BROOKS (1982): Planificación y control de operaciones. Prentice-Hall-Internacional. Madrid.
- PARCERISAS, D. (1982): La curva de experiencia. Esic-Market, nº 39 (3er. trimestre), págs. 107 y ss.
- RUSSELL, R. y WILKINSON, M. (1983): Microeconomía; Síntesis de las teorías neoclásica y modernas. Hispano Europea. Barcelona.
- SAMUELSON, P. (1966): Fundamentos de análisis económico. El Ateneo 2ª Edic. Buenos Aires 1966.
- SEO, K. - WINGER, J.B. (1983): Economía industrial. UTEHA. México.
- TARRAGO, F. (1986): Fundamentos de Economía de la Empresa. Edición del autor. Barcelona.
- WEBB, S. (1981): Economía de la Empresa. Limusa. México.