

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.11/L.5  
19 de diciembre de 1962

ORIGINAL: ESPAÑOL

SEMINARIO SOBRE PROGRAMACION INDUSTRIAL

Patrocinado conjuntamente por la Comisión Económica para América Latina, y el Centro de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas y la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica, con la cooperación de los grupos ejecutivos de la industria brasileña (GEIA, GEIMAPE, GEIMET, GEIN), de la Confederação Nacional da Indústria, y de la Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

São Paulo, Brasil, 4 al 15 de marzo de 1963

ECONOMIAS DE ESCALA EN LA PROGRAMACION INDUSTRIAL

Documento preparado por la Secretaría de la CEPAL

Nota: En su versión actual este documento - que es de circulación limitada y que está pendiente de revisión editorial - se presenta exclusivamente como material de discusión para los fines del Seminario. Antes de su distribución posterior como documento público, la Secretaría podrá incorporar cambios de forma y fondo, conforme lo aconsejen su revisión más detenida y las sugerencias que pudieran emanar de las propias discusiones del Seminario.

INDICE

|   | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| Introducción .....  | 1              |
| 1. Definición de economías de escala .....  | 2              |
| a) Producto .....   | 3              |
| b) Proceso industrial .....   | 4              |
| c) Técnica de operación .....   | 4              |
| d) Tecnología .....   | 4              |
| 2. Discusión económica del problema de las economías<br>de escala .....                                     | 7              |
| 3. Utilidad de un conocimiento sistemático de las<br>economías de escala para la programación industrial .. | 11             |
| 4. Metodología de la determinación de las curvas de<br>economías de escala .....                            | 14             |
| a) Inversión fija .....   | 14             |
| b) Insumos de mano de obra .....  | 15             |
| c) Inversión financiera .....   | 15             |
| d) Estimación del costo .....   | 15             |
| e) Cálculo de la viabilidad .....   | 15             |
| f) Observaciones generales .....  | 16             |
| 5. Posibles formas típicas de las curvas de<br>costos de inversión .....                                    | 16             |
| <u>Anexo</u> .....  | 22             |

### Introducción

El presente trabajo estudia, dentro de la Programación Industrial, la economicidad que suponen las alternativas de diferentes tamaños de plantas industriales. A este efecto, se presenta una definición del término Economías de Escala y de varios conceptos que serán empleados a lo largo del estudio.

Sobre esta base se exponen los aspectos económicos que caracterizan a los países de la América Latina, destacando problemas tales como las diversas barreras de entrada en los mercados, escasez de capital, usos versátiles del equipo vs. usos especializados etc. Sigue un análisis sobre la utilidad de un conocimiento sistemático de las economías de escala al objeto de disponer de información precisa en los proyectos de programación.

Después se entra a analizar aspectos metodológicos que permitan determinar las curvas que muestran el comportamiento de las economías de escala, haciéndose énfasis sobre las posibles formas que podrían presentar tales curvas.

El estudio termina con un anexo en el que se resumen los resultados obtenidos en los estudios concretos de las economías de escala en varios sectores industriales detallándose varias características comparadas de varios sectores, como capacidad de producción, tecnología etc. y se incluyen los números índices de varios rubros de costos e inversiones que muestran el comportamiento de las referidas curvas de las economías de escala.

### 1. Definición de economías de escala

En la determinación de perfiles industriales para su uso en programación, es necesario precisar el sentido en que interesa estudiar las economías de escala, formulando una definición de la mayor amplitud de aplicación posible, y que sirva de base para el establecimiento de una metodología de investigación.

Limitando un primer análisis al uso de un factor, una definición conveniente de la economía o diseconomía de escala asociada con un factor determinado, es la variación del costo medio del factor por unidad de producto, en la hipótesis del pleno uso de la capacidad instalada y en función de la variación de esta última.

Sin embargo, en ciertos casos excepcionales en que la unidad productora se reduce a una sola máquina o equipo altamente especializado, cuya capacidad de producción es mayor o del orden de la dimensión del mercado, las economías de escala sobre las cuales es necesario recoger información para la programación industrial no caben en la definición propuesta anteriormente. En efecto, su existencia se debe a la variación del grado de utilización de una capacidad mínima, fijada por razones tecnológicas, y no a la de las capacidades de la unidad productora.

La importancia de este caso excepcional es variable. Será mayor donde las dimensiones de los mercados son pequeñas, y prácticamente desaparecerá cuando las relaciones entre dichas dimensiones y las tecnologías disponibles hacen posible una variación de las capacidades de producción. Pero en el caso general, para el que interesa obtener una metodología libre de la consideración de casos particulares, la definición propuesta será válida, y si se cuida de precisar cuáles son las capacidades mínimas por razones técnicas, quedará abierta la posibilidad de extender el análisis, si fuera necesario, a los casos excepcionales de demanda reducida.

/Debe tenerse

Debe tenerse en cuenta la necesidad de distinguir claramente, entonces, entre este concepto de economía de escala y una segunda acepción frecuente en la literatura económica, que muestra paralelismo únicamente con el caso excepcional, y según el cual las economías de escala consisten en la variación del costo total medio por unidad de producto en función del grado de utilización de una capacidad determinada. Esta otra acepción también es útil en programación, pero en una etapa posterior, en la que se estima la viabilidad económica y el riesgo de programas o proyectos determinados, o cuando se exploran otras posibilidades detalladas en el párrafo 3.

A fin de no incurrir en inconsecuencias conceptuales durante la investigación, la definición de economías de escala en el uso de factores debe ser cuidadosamente calificada.

Un elemento básico a considerar es la necesidad de que los datos sean homogéneos, lo que obliga a introducir las siguientes definiciones auxiliares:

a) Producto

Definase el producto como el resultado de una o más operaciones que dan a materiales naturales, elaborados o artificiales, características merceológicas que permiten una identificación bien definida del resultado de dichas operaciones, la obtención de especificaciones distintas, o simultáneamente un cambio de identificación y de especificaciones (por especificaciones distintas se entienden características bien diferenciadas, ya sea por el cambio de dimensiones o de otras propiedades, que hacen posible usos diferentes). Ejemplo de productos distintos por diferencia de identificación y de especificaciones, que los adaptan a usos diferentes son la fundición y el acero. Ejemplo de productos distintos por diferencia de identificación, pero con especificaciones que los hacen adaptables a los mismos usos, el acero forjado y la fundición maleable americana. Ejemplo de productos con igual identificación pero con especificaciones que los adaptan a usos distintos, lo constituyen flejes laminados en caliente de distintos anchos. En los tres ejemplos, el arrabio obtenido por reducción del mineral de hierro ha obtenido nuevas características merceológicas, que según el caso establecen diferencias de identificación, de especificaciones o de ambas a la vez.

/b) Proceso

**b) Proceso industrial**

Toda transformación provocada deliberadamente sobre un material dado, para obtener un resultado determinado utilizando medios de acción definidos con precisión, por su naturaleza, por los agentes empleados y por los medios físicos externos. Por naturaleza se entiende una reacción química, una transformación física, etc. Por agente se entiende la energía térmica, la energía eléctrica, las afinidades químicas, etc. Por medios físicos externos, se entiende el equipo productor propiamente dicho.

Un mismo producto puede ser obtenido por dos procesos distintos, como el acetileno por vía petroquímica y a partir del carburo de calcio.

**c) Técnica de operación**

Conjunto de características de la naturaleza de los agentes y medios físicos externos utilizados en los procesos industriales, diferenciadas por estas causas o por la organización del equipo, pero no por los detalles constructivos que no dependen de esta última.

Ejemplo de dos técnicas de operación para un mismo proceso lo constituye la reducción del mineral de hierro en alto horno clásico, y el alto horno moderno operado a alta presión, empleando los mismos agentes con variación en algunas de sus características y las modificaciones imprescindibles en el equipo. Otro ejemplo de dos técnicas de operación para un mismo proceso es la producción discontinua y la producción serie sin variar las características de los agentes, y únicamente la organización del equipo y las características constructivas que de ella dependen.

**d) Tecnología**

Abreviadamente, se empleará este término para designar el conjunto formado por un proceso y una técnica de operación.

Con estas precisiones, es posible obtener una calificación: los datos deben referirse a un mismo producto, obtenido con la misma tecnología.

Pero como con frecuencia la tecnología presenta límites de aplicación en sus capacidades, por razones técnicas, y que por otra parte no están siempre bien definidos, la curva del costo medio por unidad de producto correspondiente a un factor y que representa el comportamiento de sus economías de escala, deberá entenderse como la envolvente de las curvas correspondientes a las distintas tecnologías analizadas. Recordando la

discusión que acompañó a la definición, esta curva deberá extenderse desde la tecnología que permite la menor capacidad de producción, y en caso necesario ampliarse a las variaciones del grado de utilización de esa capacidad mínima.

Ejemplo de tecnologías con limitaciones en su capacidad debidas al cambio de procesos, son el desbastado de lingotes de acero por prensa hidráulica y por laminación. Ejemplos de tecnologías con limitaciones en sus capacidades debidas a variaciones en las técnicas de operación de un mismo proceso, con el alto horno clásico, cuya capacidad de producción no supera en la actualidad un máximo de 600 000 toneladas anuales de arrabio, y el alto horno operado a alta presión, que permite llegar a la vecindad de 1 500 000 toneladas.

Finalmente, un último requisito de homogeneidad lo establece la necesidad de fijar el producto o productos de origen, a fin de no introducir en la variación del costo del factor la influencia debida a distintas integraciones de procesos.

Hasta ahora se ha supuesto, para simplificar, que el proceso o procesos considerados producen un único producto. En el caso de producción conjunta, en que un determinado producto se produce asociado con otro en proporciones fijas o aproximadamente fijas, como por ejemplo la soda cáustica por método electrolítico y el cloro, no se presentan dificultades para el estudio de las economías de escala de los factores de producción, una vez determinado cuál de los productos es el determinante de la decisión de producir.

La cuestión es más compleja si se trata de la producción de distintos productos, en proporción variable, como ocurre en un laminador comercial para barras o perfiles, cuya capacidad de producción varía con el tipo de producto terminado. En este caso convendrá referir los insumos del factor a una capacidad determinada por una composición del conjunto de productos que se estima corresponder a las condiciones habituales de la demanda, si la finalidad predominante de la investigación es la economía en el uso de factores, o bien al producto de menor precio si se trata de poner especial acento en la viabilidad económica de la inversión, frente a posibles alteraciones de la composición de la demanda.

También puede ocurrir que el producto se obtenga por ensamblaje de otros productos en proporciones fijas (como en las industrias de bienes

/de capital

de capital y en las de bienes de consumo duradero), en cuyo caso habrá que realizar el análisis por etapas, estudiando cada uno de los productos parciales que entran en la composición del producto final, y tener en cuenta, además, el efecto eventual de la integración en una planta de dos o más de los procesos involucrados.

Resumiendo, cuando se consideran solamente las economías o deseconomías de escala en el uso de un único factor de producción, una vez definido el producto y establecidas las condiciones de homogeneidad, lo que implica también precisar el grado de integración, conforme se ha discutido anteriormente, se tendrá para cada tecnología o combinación de tecnologías si hay límites de capacidad en la aplicación, una curva bien determinada, que representará la variación del costo medio del factor por unidad de producto.

Dadas dos tecnologías, o combinaciones de tecnologías con rangos comunes de capacidades, o serán equivalentes dentro de dicho rango y con respecto al costo medio del factor considerado, o una de ellas será preferible a la otra, en el rango entero o en parte del mismo.

Pero cuando interesa a la programación estudiar la economía en el uso conjunto de factores, será necesario introducir precios relativos, para ponderar los insumos de cada factor, y dadas dos tecnologías que utilizan capital y trabajo en proporciones diferentes (calculadas en términos físicos, conforme se establece en el párrafo 4), es posible que variaciones en el nivel de los precios relativos conduzcan a resultados diferentes en cuanto a la economía conjunta, complicándose así el problema de la selección entre alternativas.

En este caso, se presenta la necesidad de trazar para cada tecnología alternativa una familia de curvas en función de las variaciones de nivel de los precios relativos. La comparación de estas familias podrá conducir a conclusiones sobre la sensibilidad de las tecnologías a las variaciones en dicho nivel, y permitirá además apreciar la estabilidad de los resultados calculados con un único nivel.

Es evidente que en este caso el criterio de selección entre tecnologías alternativas puede no estar dado por la comparación de su costo total en función de un nivel de precios relativos, sino por la economía en el uso de un factor que se considera escaso, o por el uso máximo de un factor cuyo pleno empleo se busca. Entonces, la disponibilidad de una familia de curvas trazadas en base a distintos niveles de precios relativos permitirá apreciar la influencia del criterio de selección en el costo medio de la combinación de factores.



## 2. Discusión económica del problema de las economías de escala

La existencia de las economías de escala es de importancia para la teoría económica, tanto para el estudio del equilibrio económico general como para el proceso de industrialización de los países subdesarrollados.<sup>1/</sup>

En el estudio del equilibrio económico general, uno de los problemas centrales es el de la existencia de un punto de máxima producción del sistema económico, el cual se resuelve, bajo ciertas condiciones, mediante un teorema que conduce al llamado óptimo de Pareto. Pero la situación paretiana de un óptimo colectivo puede alterarse. Así, si existen rendimientos crecientes, se puede originar una tendencia al monopolio, o sea la posibilidad de una estructura de la oferta tal, que el punto de máximo beneficio no coincida con el de máxima producción, sino con una producción menor.

Otra consecuencia importante de la existencia de rendimientos crecientes es que puede ocasionarse una rigidez de la estructura del mercado, al dificultarse las posibilidades de entrada de otros productores. Pueden existir además otros factores, bien de tipo institucional o estructural que obstaculicen la entrada al mercado y que mantengan a éste en una situación de monopolio u oligopolio, y dado el interés que presentan estos problemas para las economías en proceso de desarrollo, se expondrán los cuatro tipos de barreras que afectan la entrada:<sup>2/</sup>

1. Barrera de la economía de escala
2. Barrera de la diferenciación del producto
3. Barrera del costo total de la empresa
4. Barrera de los requerimientos de capital

---

1/ Vid Tibor Scitovsky, Two concepts of external economies, Journal of Political Economy, Chicago, abril de 1954.

2/ Joe S. Bain, Barriers to new competition (their character and consequences in manufacturing industries), Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1956.

La primera barrera y su consideración mediante la relación costo-capacidad se tratará en la sección 4 de este documento. La barrera dos concierne a los problemas de la diferenciación del producto, con sus dificultades del mercado en cuanto a competencia, gustos, patentes, etc. y a los problemas del costo de la diversificación y la participación en el mercado bajo la política llamada de non price competition. La barrera tres, del costo total de la empresa, comprende desde el costo de localización hasta la organización y costo de los canales de distribución, áreas de influencia, etc., de cuyos resultados las empresas pueden configurarse como marginales, intra o extra marginales en la oferta de la industria y por consiguiente su permanencia o ausencia del mercado. Por último la cuarta barrera, de los requerimientos de capital, presenta un marcado interés en los países subdesarrollados (por lo que se la consideró en la sección 1, con los problemas de acumulación de capital, de financiamiento interior o extranjero, de las ratios capital-trabajo etc. que en definitiva condicionarán, entre otros factores, las posibilidades de entrada.

En resumen, de las cuatro barreras, la primera es de carácter básicamente técnico, es decir, de la adecuación de la relación costo-capacidad y en las otras tres influyen una multiplicidad de factores desde la organización, publicidad, know-how, tipos de cambio, etc. de cuya interacción resultará la posibilidad de participación de nuevos concurrentes en el mercado.

La experiencia de los países industrializados ha mostrado recientemente una tendencia hacia:

- a) descentralización
- b) desintegración

o sea, una práctica en un sentido contrario al previsto por la teoría y a la que vino desarrollándose anteriormente. En estos países es característico distribuir los establecimientos industriales conforme a criterios de localización racional para atender a las áreas de venta y atenuar los problemas de transporte. Por otro lado, es corriente la existencia de

/subcontratos con

subcontratos con otras firmas para la fabricación de piezas aparte de la producción de una empresa antes integrada.<sup>3/</sup>

En los países subdesarrollados el estudio de las economías de escala ha de considerar también los efectos de las economías externas, puesto que condicionan las dimensiones de las plantas a través de multiplicidad de factores: tamaño del mercado, capacidad de importar, etc. Las tecnologías empleadas provienen de países industrializados, por ello es que se enfrentan a la dificultad de tener que adecuar tales tecnologías al medio ambiente. Como consecuencia de este hecho surgen problemas tales como los de la indivisibilidad de ciertos equipos, diseñados para condiciones distintas, que no hacen posible que las escalas mínimas sean viables. Por otro lado, la falta de las ventajas de las economías externas, típica en los países subdesarrollados, exige que las plantas tiendan a la integración. Si a esto se añade la escasez de capital, que es otra constante estructural de estos países, quedará manifiesta la dificultad que presenta el problema de las economías de escala en estas condiciones. Y es que en los países subdesarrollados, todas estas dificultades, que en su total dan una idea del grado de subdesarrollo, constituyen una barrera a la entrada en el mercado.<sup>4/</sup> Para intentar salvar estas dificultades hay que replantearse el problema de la adecuación de las tecnologías, debido a dos características:

- a) carestía del equipo capital
- b) imposibilidad de uso de equipo altamente especializado en gran escala.

---

<sup>3/</sup> Para la experiencia de Estados Unidos, vid. Saul S. Sands, Changes in scale of production in United States manufacturing industry (1904-1947), Review of Economics and Statistics, Vol. XLIII, noviembre 1961, y para el Reino Unido, E.A.G. Robinson, The structure of competitive industry, Cambridge University Press, 1958.

<sup>4/</sup> Vid. "Examen Preliminar de las Posibilidades de Desarrollo Industrial Integrado en Centroamérica". Documento de CEPAL (E/CN.12/CCE/GT.Ind/10) noviembre, 1961.

Lo primero porque en los países desarrollados los precios relativos de los insumos capital y trabajo son distintos que en los países subdesarrollados y, segundo, que las necesidades de integración y amortización del equipo pueden exigir un uso más flexible de la maquinaria en vez de un uso especializado.

Esto nos lleva a la elección de tecnologías y sus alternativas, lo cual habrá de decidirse no sólo en conjunción con los aspectos de las economías externas, sino también ante perspectivas tales como el Convenio sobre el Régimen de Industrias Centroamericanas de Integración y el Tratado de Montevideo, instrumentos de integración regional cuya aplicación permitirá mayores tamaños de mercado, y facilidades de entrada.

Ante estas cambiantes perspectivas, las alternativas podrían establecerse como sigue:<sup>5/</sup>

1. instalar equipo subóptimo
2. instalar equipo óptimo con explotación parcial
3. posponer la instalación del equipo óptimo lo suficiente para que intervenga un aumento en la demanda que permita una mejor explotación de la capacidad.

Estas alternativas llevan en sí la importancia que supone un conocimiento de las economías de escala en el desarrollo de los países de América Latina. La respuesta necesitará como elementos, aparte de criterios de decisión que consideren las circunstancias que sean peculiares de cada país, una información sobre la realidad observada de las escalas en varios sectores industriales, cuyo uso para la programación será tratado a lo largo de este documento.

---

5/ Tibor Scitovsky "Economic Theory and Western European Integration". George Allen and Unwin Ltd., Londres 1958.

3. Utilidad de un conocimiento sistemático de las economías de escala para la programación industrial

En una programación detallada de sectores industriales, en la que se desciende de la determinación del nivel de producción global de los sectores a la discriminación por productos individuales, se presenta la necesidad del conocimiento sistemático de las economías de escala, en diversas etapas de su ejecución.

Ya sea que el paso de las metas sectoriales a las de productos se realice simplemente mediante la integración de proyectos en el programa, seleccionados estableciendo su consistencia con las metas de este último (por medio de coeficientes de valuación del valor agregado, de la ocupación, etc.), o desde el punto de vista de la eficiencia en la utilización de recursos escasos (precios de cuenta de la inversión, de los recursos en divisas, etc.), o bien se establezcan primeramente metas de productos antes de pasar a los proyectos, el conocimiento de las economías de escala permite afinar considerablemente las técnicas de programación.

En efecto, en una primera etapa, y antes de proceder a aplicar los criterios detallados de valuación de proyectos, es necesario realizar un análisis preliminar del conjunto de proyectos existentes, la que permitirá estimar si éstos son en principio aceptables, o si es conveniente suspender su evaluación hasta disponer de un repertorio más amplio de proyectos adecuados.

En este análisis preliminar, es fundamental disponer de perfiles que permitan apreciar, para cada producto cuya importancia justifica la discriminación dentro del sector, la modalidad de las economías de escala, y su posible influencia en el logro de las finalidades del programa.

Por ejemplo, si una de éstas, como puede suponerse que ocurrirá en la mayoría de los casos en los países subdesarrollados, es obtener ciertas metas de producción con un uso mínimo de los recursos de capital, y en un producto determinado incluido en el programa se ha comprobado que existen fuertes economías de escala en la inversión, será conveniente desechar los

/proyectos cuya

proyectos cuya magnitud corresponde a un uso ineficiente del capital, o bien desarrollar algunos en la gama de magnitudes de uso eficiente y que no figuran entre los disponibles.

Es evidente que si la información sobre las economías de escala cubre no sólo los productos considerados en el programa sino también otros, permitirá, además de simplificar el problema de la evaluación preliminar del conjunto de proyectos, apreciar la posibilidad de posibles alternativas al programa, y llevar su análisis considerablemente más adelante de lo que permite la programación global.

En efecto, en el caso de que la capacidad de producción requerida para el cumplimiento de las metas del programa es inferior a aquellas en las que la inversión alcanza un mínimo, será factible hacer una evaluación del costo en uso excesivo de recursos que tendría por consecuencia el llevar adelante el programa, y una estimación del tiempo de espera necesario hasta que el desarrollo del mercado permita eliminar este último costo.

Tanto el costo en uso excesivo de recursos así definido, como el tiempo de espera, suministran criterios adicionales para la selección de productos alternativos a incluir en el programa, que pueden llegar a hacer necesaria una revisión de los sectores a desarrollar, si las diferencias se presentan entre estos últimos.

En el caso opuesto, en que la capacidad de producción requerida para el cumplimiento de las metas del programa es considerablemente mayor que aquella en que la inversión alcanza un mínimo, sería posible considerar entonces objetivos adicionales de descentralización y desarrollo regional, que no serían consistentes con el programa si el fraccionamiento de la producción en diversas unidades redujera excesivamente las escalas.

Es evidente que para poder afirmar, en este orden de ideas, que un  
/programa es

programa es óptimo con respecto a criterios como el de uso mínimo de capital, los perfiles deben cubrir todo el campo de las principales actividades posibles, en cuyo caso se prestan también para realizar una estimación del uso total de recursos y del flujir de la producción y sectores, entre sí y con la disponibilidad total de recursos, en una forma más aproximada que con los coeficientes medios que se obtienen en los estudios de relaciones interindustriales.

Sin embargo, es necesario también tener en cuenta que los casos en que un solo factor es el único elemento de decisión, como se ha supuesto con la inversión fija en la discusión anterior, constituyen una excepción, y que además siempre es necesario considerar la combinación de factores para una estimación preliminar del costo que es imprescindible para juzgar la viabilidad económica.

Supuesto que se conocen los niveles de precios relativos, el comportamiento de las economías de escala permite en este caso, como en el de un solo factor, también complementar últimamente los métodos de programación, introduciendo criterios adicionales para el estudio de posibles alternativas, y dado un nivel de precios internacionales, también permite estimar las implicaciones de política económica asociadas con un plan de desarrollo industrial, al establecer la necesidad y posible monto de protecciones y subsidios (según sea el mecanismo de fomento adoptado), y el tiempo de espera en que es necesario su mantenimiento. Es indudable que estos últimos elementos de juicio pueden desempeñar un papel fundamental en la evaluación final de un plan de desarrollo, y que sin el conocimiento de las economías de escala no hay posibilidad de estimar su importancia con alguna aproximación.

4. Metodología de la determinación de las curvas  
de economías de escala

a) Inversión fija

Se enciende por costo de la inversión fija los siguientes items:

- i) Costo de los equipos de producción (estimados en su lugar de procedencia).
- ii) Costo del transporte de los equipos hasta el lugar de instalación de la unidad productora.
- iii) Gastos de instalación o montaje del equipo y puesta en marcha (comprende los honorarios del proyecto industrial, asesoramiento para su puesta en marcha por parte de consultores o del mismo fabricante de los equipos, pero no incluye los eventuales consumos de materia prima y fuerza motriz para la realización de ensayos, etc.).
- iv) Costo de la edificación (evaluado aplicando un precio unitario a la unidad de superficie cubierta requerida para el equipo, teniendo en cuenta las características de cada caso, que pueden demandar o no estructuras especiales para soportes de grúas, etc.).
- v) Proyecto y dirección de la construcción.
- vi) Intereses durante la construcción e instalación (estimados a la tasa del 12 por ciento anual para la mitad del total de la suma de i) hasta v), durante el período que estime necesario que transcurra desde la iniciación de la construcción hasta la puesta en marcha para la venta, aunque sea en forma parcial).

El total de la inversión fija estará dado por la suma de i) hasta vi), y se requiere una evaluación detallada del inciso i), en lo posible con especificación del costo de las diversas máquinas y secciones. Los incisos ii) y iii) podrán evaluarse por un porcentaje del costo de los equipos que se suponga suficientemente representativo del costo medio en América Latina, y que variará con cada tipo de industria.

/b) Insumos



b) Insumos de mano de obra

Los insumos de mano de obra se calcularán en términos físicos (horas trabajadas o personal ocupado) por unidad de producto, atendiendo a la siguiente discriminación:

- i) Mano de obra directa (personal a cargo de los equipos de producción)
- ii) Mano de obra indirecta (personal auxiliar, de mantenimiento y limpieza, y de supervisión).

En todos los casos se especificarán los supuestos de productividad de mano de obra en que se basa la estimación de estos insumos, a fin de hacer posible el estudio de la variación entre diferentes países, o de la influencia de una mejora en el entrenamiento del personal.

c) Inversión financiera

Para estimar la inversión financiera se fijará un período de rotación, durante el cual se calculará el costo de la mano de obra, el de la materia prima (especificando su tipo y precio), y los consumos de energía eléctrica y/o combustibles, y de mantenimiento.

Para calcular el costo de mano de obra habrá que estimar un salario medio por hora trabajada, especificando si es relativo a un país determinado, o un valor promedio de la región, o de un grupo de países en el que la industria está más desarrollada. Este costo incluirá una estimación de las cargas sociales.

A estos gastos directos se sumarán los gastos de administración y dirección (estimados como un porcentaje del valor de la producción).

d) Estimación del costo

Se efectuará una estimación del costo de producción, por unidad de producto, teniendo en cuenta los gastos variables, una amortización de la inversión fija estimada en un 10 por ciento anual, y partiendo del supuesto que en América Latina el capital de explotación proviene del crédito, un interés del 12 por ciento de la inversión financiera.

e) Cálculo de la viabilidad

En caso de requerirse estimaciones preliminares de viabilidad, será necesario agregar al costo un porcentaje de rentabilidad del capital (12 por ciento) y si se considera que la información es suficientemente detallada, una determinación del break-even point.

/f) Observaciones

f) Observaciones generales

Dados los términos de la definición de economías de escala empleados, la capacidad de producción se entenderá en términos de máxima utilización de la inversión, lo que implica como norma general el empleo de tres turnos de producción durante un número de días laborables que deberá especificarse.

Este requisito del empleo de tres turnos tiene por consecuencia que al estimar los insumos de mano de obra se atienda a la posible reducción de eficiencia en el turno nocturno, y al estimar los costos de mano de obra se tenga en cuenta la mayor remuneración requerida en estas condiciones y también la posible reducción de jornada que imponen tanto la legislación como las necesidades de mantenimiento, etc., lo que influye también sobre la capacidad de producción.

5. Posibles formas típicas de las curvas  
de costos de inversión

El tratamiento clásico en la literatura económica de las economías de escala en función de la variación de la capacidad del equipo productivo, parte del reconocimiento de la existencia de elementos indivisibles en los factores de producción, lo que provee un primer enfoque para la discusión del problema, que además se restringirá inicialmente a la inversión en equipo productivo.

Establecida una gama de capacidades de producción, y definidas las tecnologías a emplear, a cada capacidad corresponderá una composición del equipo productivo. Estableciendo provisoriamente como límite máximo la que corresponde a una situación de equilibrio, en la que todas las secciones integrantes del equipo productivo trabajan a plena capacidad, a menores capacidades corresponderán costos medios en equipos mayores, debido a la utilización parcial de elementos indivisibles.

Suponiendo, para simplificar, que hay un solo elemento indivisible (o elemento estratégico) y que el resto del equipo admite una divisibilidad prácticamente perfecta, el costo de la inversión en equipos se puede descomponer en dos partes, una de las cuales es constante  $x$ , o sea admite una representación de la forma

$$y = Kx + C$$

/en que

en que  $y$ : costo de la inversión en equipos

$C$ : costo del elemento estratégico

$K$ : costo por unidad de capacidad de producción del  
resto del equipo.

La validez de esta representación está limitada al segmento correspondiente a la capacidad del elemento estratégico, y en general no será posible admitir tampoco que sea continua, limitándose en realidad a puntos ubicados sobre la recta, desde el momento en que también será preciso admitir elementos indivisibles en el resto del equipo.

Pero esta representación será suficientemente aproximada si existe una gran disparidad entre la capacidad del elemento estratégico y la de los elementos de mayor costo del resto, como ocurre por ejemplo en el caso de la industria del hilado de algodón (ver párrafo 6), en que la relación entre la capacidad del elemento estratégico (máquina abridora) y la del huso de continua es de 1/11 000 para el título 10 cardado y llega a 1/45 000 para el título 40 peinado.

Si en lugar del costo total se considera la inversión en equipos por unidad de capacidad de producción, se tendrá la siguiente función:

$$Y = \frac{C}{x} + K$$

en que  $Y$  es la inversión unitaria o costo medio por unidad de producto en la hipótesis de ocupación plena.<sup>6/</sup>

Esta ecuación corresponde a la de una rama de una hipérbola equilátera de asíntotas  $x = 0$  e  $Y = K$ , que queda completamente determinado por las constantes  $C$  y  $K$ .

Si se conoce  $C$ , basta determinar un punto, o sea la inversión necesaria para alcanzar una cierta capacidad de producción, para poder despejar  $K$ , y también con dos puntos se puede despejar simultáneamente  $C$  y  $K$ , pero como interesará en general determinar el tipo de curva en lugar de suponerlo con anticipación a la investigación de costos, en la práctica habrá que determinar tres puntos para verificar si el ajuste es satisfactorio.

---

<sup>6/</sup> Esta ecuación corresponde a la "ley de capacidades", en la terminología propuesta por I. Jantzen, "Laws of production and cost" (Proc. of the Int. Statistical Conferences, Vol. V, 1947, pp. 58-68).

La primera derivada de la ecuación de la hipérbola equilátera muestra la variación de la inversión en equipo por unidad de capacidad de producción, en plantas de distinta magnitud:

$$\frac{dY}{dx} = -\frac{C}{x^2}$$

En consecuencia, el ahorro en la inversión medido por esta derivada (debido al signo negativo), por cada unidad de aumento de la capacidad de producción, es inversamente proporcional al cuadrado de la magnitud de la planta.

La significación de este ahorro desde el punto de vista de las economías de escala depende de la relación de magnitudes entre K, C y x. Si C/x es del orden de magnitud de K, habrá fuertes economías de escala, pero si C/x es sólo una fracción de K, las economías de escala serán relativamente reducidas.

En el ejemplo anteriormente citado de la industria del hilado de algodón, y considerando como unidad de capacidad de producción 1 000 kg anuales, los valores correspondientes serán:

$$C = 53\,500$$

$$K = 305.3$$

$$x \text{ comprendido entre } 1\,094 \text{ y } 2\,295$$

por lo que C/x varía entre 48.9 y 17.9, o sea es de pequeña magnitud con respecto a K, y las economías de escala serán de escasa significación.

Si la capacidad de producción se aumenta por encima de la capacidad del elemento estratégico, será necesario añadir un segundo elemento estratégico. En la representación de la inversión total en equipos se tendrá un nuevo tramo representado por una recta de igual pendiente que la anterior, pero desplazada en el sentido creciente de las ordenadas en una magnitud igual a C.

En la representación del costo en equipos por unidad de capacidad de producción, se tendrá una segunda hipérbola, de ordenada igual a

$$Y = \frac{2C}{x_1} + K$$

/en el

en el punto  $x_1$ , que es la capacidad del elemento estratégico, y válida entre  $x_1$  y  $2x_1$ , punto en el cual aparecerá una hipérbola de ecuación

$$Y = \frac{3C}{x} + K$$

válida entre  $x = 2x_1$  y  $x = 3x_1$ , y así sucesivamente, siendo de notarse que todas estas hipérbolas tienen la misma asíntota horizontal  $Y = K$  y que la magnitud de la discontinuidad disminuye proporcionalmente a los múltiplos de  $x_1$ .<sup>7/</sup>

Un segundo enfoque para la discusión de las economías de escala en la inversión en equipo productivo parte del reconocimiento de que la relación matemática entre superficies y volúmenes es menos que proporcional, por lo que en toda industria de proceso continuo asimilable a una circulación por tubería, y con una capacidad proporcional a la sección de la misma, el costo del equipo en primera aproximación depende solamente de la superficie, la que crece solamente como la raíz cuadrada de la sección, verificándose que para dos capacidades  $x_1$  y  $x_2$  los costos totales se encontrarían en la relación

$$\frac{y_1}{y_2} = \left( \frac{x_1}{x_2} \right)^{0.5}$$

Esta ley se cumplirá con tanta más aproximación cuanto menos equipo auxiliar (bombas, etc.) exista y dentro de variaciones de diámetro que no hagan necesario aumentar el espesor de la chapa que constituye la tubería.

En cambio, si el proceso es asimilable al tratamiento en recipientes, partiendo de la relación entre el área y la superficie de la esfera se tendría un exponente 0.67 con iguales observaciones sobre las condiciones necesarias para una buena aproximación.

Un gran número de industrias químicas (ver ejemplos del párrafo 8) siguen muy aproximadamente este comportamiento en las inversiones en equipos.

Pero las mismas expresiones son de aplicación en otros casos distintos a la industria química, donde tuvo origen, y su uso se ha extendido, figurando como regla en los manuales de ingeniería para estimar rápidamente variaciones de inversión correspondientes a variaciones de capacidad (la regla del 0.6).

<sup>7/</sup> La "ley de armonía", según I. Jantzen (op.cit.)

Un ejemplo importante de aplicación de esta regla fuera del ámbito de la industria química puede observarse en el caso de la refinación de acero por el método del horno de solera (Siemens-Martin), que en el rango de 100 000 a 1 millón de toneladas está bien representado por el exponente 0.57 (ver sección 9), lo que se debe sin duda a que en este tipo especial de equipos el espesor de las paredes está determinado por la temperatura del proceso, que es la misma en todos los casos, y no tiene ningún papel estructural, el que es desempeñado por una armadura metálica cuyo costo en comparación con el de la masa de refractarios es muy reducido.

La representación analítica de este tipo especial de comportamiento, que por oposición al discutido anteriormente corresponde a una hipótesis de divisibilidad ilimitada en los equipos y estaría representado en el diagrama logarítmico por una recta paralela al eje de abcisas.

La combinación de este caso límite con el de indivisibilidad completa, como ocurriría por ejemplo en el caso de que se aislara dentro de la industria siderúrgica la etapa del alto horno (sin coquería), daría por resultado en el diagrama logarítmico una recta horizontal desde  $x = 0$  toneladas hasta  $x = 100\ 000$  toneladas anuales (que es el límite mínimo que se puede estimar hoy, por razones técnicas, para el alto horno).

Si, en cambio, se combinara este caso con el de indivisibilidad completa, se tendría para las inversiones totales un diagrama de escalera, con rectas horizontales separadas por saltos de magnitud igual al costo de la unidad productora, y para la inversión por unidad de producción se caería en un diagrama del tipo del de la ley de armonía estudiado en primer término, con la única diferencia de que la asíntota horizontal común de las hipérbolas sería el eje de abcisas.

Resumiendo, en el diagrama logarítmico la función de costo total tomará, en el supuesto de una tecnología uniforme, la forma de una recta cuya pendiente definirá el comportamiento de las economías de escala. Si corresponde a un exponente igual a la unidad, no habrá economías ni

/deseconomías. Si

deseconomías. Si corresponde a valores menores habrá economías normales entre 0.5 y 0.67; menos que normales, entre 0.67 y la unidad, y más que normales si es inferior a 0.5.

El caso excepcional corresponderá a una recta horizontal que empalme con otra recta no horizontal en un punto que corresponde a la capacidad límite inferior por razones técnicas.

En los casos de completa divisibilidad del equipo se puede presentar un comportamiento lineal o no lineal de las curvas de costos totales. El caso lineal viene a ser un caso límite de lo expuesto al principio de este apartado 5, donde las curvas de los costos totales medios y de inversiones medias tienen fuerte tendencia al decrecimiento, (como en la fabricación mecánica basada en operaciones de torneado en serie).

En el caso no lineal,<sup>8/</sup> las curvas de los costos totales medios presentan forma de U. En estas condiciones el volumen máximo de producción no coincide con el mínimo de los costos totales medios. Los aumentos de escala, bajo tales supuestos, sólo repiten el mismo fenómeno, (costos totales medios en forma de U) y aunque se puede encontrar una relación de sustitución de factores bastante flexible, sólo es posible aprovecharla a costa de costos crecientes de operación y esto siempre que los precios relativos de los factores se mantengan estacionarios.

La salida a este problema es básicamente un problema de diseño industrial; por ello las actividades que más se favorecen de las economías de escala son aquellas que reciben más directamente los beneficios de los progresos tecnológicos. Recientemente se ha puesto énfasis entre la complementaridad entre las economías de escala y el progreso técnico<sup>9/</sup> y también en la importancia para una economía en su capacidad para absorber el cambio técnico con vista a su crecimiento.<sup>10/</sup>

---

<sup>8/</sup> Cuando la relación funcional Costo Total-Producción adoptara la forma de una parábola cúbica.

<sup>9/</sup> W.E.G. Salter "Productivity and Technical Change" Cambridge University Press 1960.

<sup>10/</sup> Nicholas Kaldor "Ensayos sobre Desarrollo Económico" CEMLA, México 1961.

## ANEXO

El cuadro adjunto presenta en forma simplificada algunos de los resultados obtenidos en los estudios de las Economías de Escala en una muestra de actividades industriales.

Cuando del enfoque metodológico general se pasa a estudios concretos comienzan a surgir múltiples dificultades que exigen tratamientos peculiares para cada actividad industrial, así el problema de la divisibilidad de los equipos. Entre las peculiaridades que se presentaron, entre otras fueron las dimensiones de las plantas las cuales variaron las escalas no siempre en forma uniforme dado a que la realidad no siempre presentan uniformidades, así en el caso de la producción de papel Kraft en una fábrica integrada, los índices de producción se movieron en las escalas: 100 - 200 - 400, pero en el caso de la fabricación de tejido crudo de algodón en una fábrica integrada que elabora su propia hilatura (Ne 10 cardado), los índices de producción se movieron en la escala: 100 - 199 - 274.

En el caso de algunas ramas de la industria química la variedad fue considerable (se estudiaron 18 casos) y en esta exposición abreviada se consideró presentar al menos dos casos: la producción de ácido sulfúrico y la del butadieno para dar una idea, aunque general del comportamiento de las economías de escala en las inversiones.

No se ha entrado a especificar características muy diversas que afectan a las distintas actividades, así en la producción de papel y celulosa los procesos son continuos y fijan una producción y calidad determinada en cambio en las caldererías, los procesos no son continuos y se obtienen productos que presentan variedades de acuerdo con los pedidos.

En la fabricación de tubos de acero con costura un factor característico y condicionante del volumen de producción es la capacidad del equipo de soldadura que a su vez permite cierta flexibilidad en cuanto al programa de fabricación (tubos de diferente diámetro nominal). En los números índices que se presentan se eligió como muestra el caso en que los aumentos de escala se refieren a mayores tamaños del equipo de soldadura, empleando siempre una sola línea de producción y un solo turno de trabajo. Este caso reflejó por comparación con otras hipótesis de trabajo, que era el que correspondía al uso del mejor diseño industrial que se disponía.



Al pie de cada actividad industrial se presentan los números índices de producción, inversión y costos. Así en el título Celulosa y Papel, las escalas de producción varían con rigurosa proporción y se pueden observar los correspondientes índices del costo total medio que muestran economías de escala de cierta consideración. En otras actividades, textiles, la escala de producción no varía con rigurosa proporcionalidad y los índices del costo total medio no muestran notables economías de escala.

En resumen que aunque no existe uniformidad completa en cada actividad industrial, la comparación de los números índices es ilustrativa del fenómeno del comportamiento entre la producción y el costo total medio que sintetizan el problema de las economías de escala.

/Textiles

|  | Textiles   | Calderería  | Tubos de acero   | Celulosa y papel  | Química  |
|--|--|---|--|---|--|
| 1. Divisibilidad de los equipos principales              | En la hilandería la sección de limpieza y en la tejeduría la sección de engomado, trabajan bajo 3 hipótesis, en la última todos los equipos se equilibran. | Dada la naturaleza discontinua del proceso, ciertos equipos no se usan a plena capacidad. | Se consideró la producción con los procesos equilibrados en función de la velocidad del equipo de soldar | Se consideraron los procesos continuos y equilibrados   | Procesos continuos. Elementos diseñados para la capacidad utilizada.   |
| 2. Número de turnos de trabajo                           | Según la hipótesis de 1 a 3  | 1 y 2 turnos.   | Según la tecnología de 1 a 3.  | 3 turnos  | 3 turnos.  |
| 3. Homogeneidad del producto                             | 3 tipos de tejido crudo de diferente calidad de algodón y distintos tamaños  | Conforme a los pedidos  | Varían solo la dimensión y el peso   | Varían las calidades y el producto final (celulosa o papel) según el grado de integración es el tratamiento | Total en cada ejemplo de proceso   |
| 4. Niveles de productividad (especialmente mano de obra) | Superior al estándar del Brasil, y se considera realizable   | Según los estándares convencionales europeos y americanos.                                | Según los estándares convencionales de Europa y EE. UU.  | Según los estándares convencionales de Europa y EE. UU.   | Standard europeo y USA ligeramente modificado a fin de tener en cuenta la realidad de la región ( $\pm 20\%$ de mano de obra que el standard USA). Baja incidencia de la productividad de mano de obra |
| 5. Tecnología utilizada                                  | El mismo grado de mecanización con énfasis alternadores en trabajo o capital.  | Según los estados de América Latina más mecanizados.                                      | El mismo grado de mecanización con énfasis alternadores en trabajo o capital                             | Uso intensivo del trabajo con el equipo equilibrado   | Convencional (moderna). Uso intensivo del capital.   |
| 6% de la amortización                                    | 10%  | 10%   | 10%  | 15%   | Variable entre 7 y 10%.  |
| Números índices de: producción                           | 100 - 199 - 274  | 100 - 200   | 100 - 178 - 447  | 100 - 200 - 400   | 100 - 276 - 830 (A)<br>100 - 200 - 433 (B)   |
| Números índices de: inversión/unidad                     | 100 - 88 - 85 (a)  | 100 - 77  | 100 - 72 - 44  | 100 - 59 - 46   | 100 - 83 - 66 (A)<br>100 - 75 - 56 (B)   |
| Números índices de: cargas de la inv./unidad             | 100 - 88 - 86  | 100 - 76.2  | 100 - 76 - 44  | 100 - 67 - 52   | 100 - 83 - 67 (A)<br>100 - 75 - 56 (B)   |
| Números índices de: costo operación/unidad               | 100 - 95 - 93  | 100 - 100.9   | 100 - 95.8 - 91.2  | 100 - 73 - 59   | 100 - 86 - 77 (A)<br>100 - 89 - 84 (B)   |
| Números índices de: costo total medio                    | 100 - 90 - 88  | 100 - 88.9  | 100 - 85.8 - 67.8  | 100 - 71 - 57   | 100 - 84 - 71 (A)<br>100 - 79 - 65 (B)   |
|  | Caso A (No 100 algodón)<br>(a) la unidad es 100 metros de género. Véase documento CONF. 11/L.20  | Caso de A1-A2<br>Véase documento CONF. 11/L.13  | Programa IV de fabricación, véase documento CONF. 11/L.14  | Papel kraft (integrado), véase documento CONF. 11/L.19  | (A) Acido sulfúrico.<br>(B) Butadieno, véase documento CONF. 11/L.17.  |