



Acerca de las economías de escala, el tamaño y la localización de inversiones

Manuel Castro Tato *

Fernando M. Portuondo Pichardo **

*En este trabajo se analiza la importante relación que existe entre los costos de inversión, de operación y de transporte de insumos y productos, y el tamaño y la localización de inversiones industriales. Se parte del estudio del concepto conocido como de **economía de escala**. Se ofrecen algunas expresiones de cálculo fundamentales para la evaluación esencial de las variantes de tales inversiones.*

Introducción

Cualquier cliente sabe que mientras mayor capacidad disponga para conservar productos el refrigerador doméstico, o de mayor tamaño sea la pantalla del televisor que desea, mayor precio tendrá en el mercado. Otro tanto ocurre con los equipos industriales. Y siendo una fábrica un conjunto de equipos debidamente diseñados y técnicamente ordenados para producir uno o varios productos, se comporta similarmente el costo de inversión en relación con el tamaño de una fábrica de una tecnología dada: a mayor tamaño, mayor costo

* Profesor titular y profesor consultante de la Facultad de Economía, Universidad de La Habana.

** Profesor titular y profesor consultante de la Facultad de Ingeniería Industrial.

de inversión. Y aunque algunos pudieran pensar que el costo de inversión se incrementa proporcionalmente con el tamaño —y aun otros pudieran haber olvidado que no es así— lo cierto es que a partir de un tamaño mínimo, y dentro de cierto intervalo de razonabilidad, el costo de inversión de cada unidad incremental de capacidad, cuesta menos.

Por otra parte, al tener esto último en cuenta, a veces se pudiera pensar que una gigantesca industria sería la solución técnico económicamente más conveniente para producir toda la cantidad deseada de uno o varios determinados productos. En tal caso, sin embargo, se estarían omitiendo algunas consideraciones técnicas y económicas importantes, como los costos implícitos en la transportación de los insumos hasta la localización de la «megafábrica», y los implícitos en la distribución de sus productos hasta los sitios en que son necesarios.

En efecto, a las grandes ventajas económicas que se pueden obtener construyendo e instalando fábricas de gran tamaño, pueden oponerse en algunos casos los costos en que se puede incurrir principalmente por la transportación de las materias primas, insumos fundamentales, y (o) de la producción terminada o por cualquier otro factor importante. Todo ello indica que para lograr el aprovechamiento más eficaz de cada nueva inversión hay que tener en cuenta las ventajas económicas de la economía escala y los factores de localización de las nuevas fábricas.

Este trabajo tiene como objetivo central, analizar principalmente los efectos técnico-económicos y sociales que hay que considerar en la mayoría de los casos, cuando se estudia la posible ubicación general o macrolocalización en el territorio nacional de una fábrica, teniendo en cuenta el aprovechamiento de las economías de escala, unido a las deseconomías en que se puede incurrir si no se tiene en cuenta, se valoran y se evalúan los factores de localización, especialmente las deseconomías de transporte.

Las economías de escala

La relación técnico-económica de las economías de escala en las inversiones es el resultado de la disminución relativa del costo del capital de inversión por unidad de producción en la medida en que se incrementa la capacidad de producción de los proyectos de inversión en la industria.

Esta relación técnico-económica es conocida desde mediados del siglo pasado, la cual fue divulgada por R. Williams Jr. la denominó «factor de las seis décimas» pues halló que en la industria química de los EE.UU., los costos de inversión de proyectos de inversión de igual tecnología variaban como la relación de sus capacidades elevada al exponente 0,6. ¹ Otros autores, entre ellos C. H. Chilton y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) también plantearon ese factor de disminución del costo unitario de la capacidad en la medida en que se incrementaba el tamaño de la industria. En Cuba fue conocida un poco más tarde a principios de la década de 1970 y publicado en la *Revista Economía y Desarrollo*, por M. Castro Tato ² y Fernández de Bulnes ³; más tarde se publicó por F. Portuondo Pichardo ⁴ en el libro de *Economía de empresas industriales*, en el cual se brinda una demostración de los fundamentos técnicos de la referida relación entre el costo de inversión y la capacidad, así como ejemplos de su aplicabilidad.

Estos ahorros relativos de capital en la industria química también se presentan en las inversiones de otras ramas industriales como el cemento, el níquel, el azúcar, la metalurgia, la electricidad y en las hidroeléctricas, refinerías de petróleo y en las demás ramas industriales. Debido a que son tecnologías diferentes y pueden tener distintos niveles de desarrollo, el valor del exponente generalmente difiere del 0,6 referido, y toma valores entre 0,4 y 0,9.

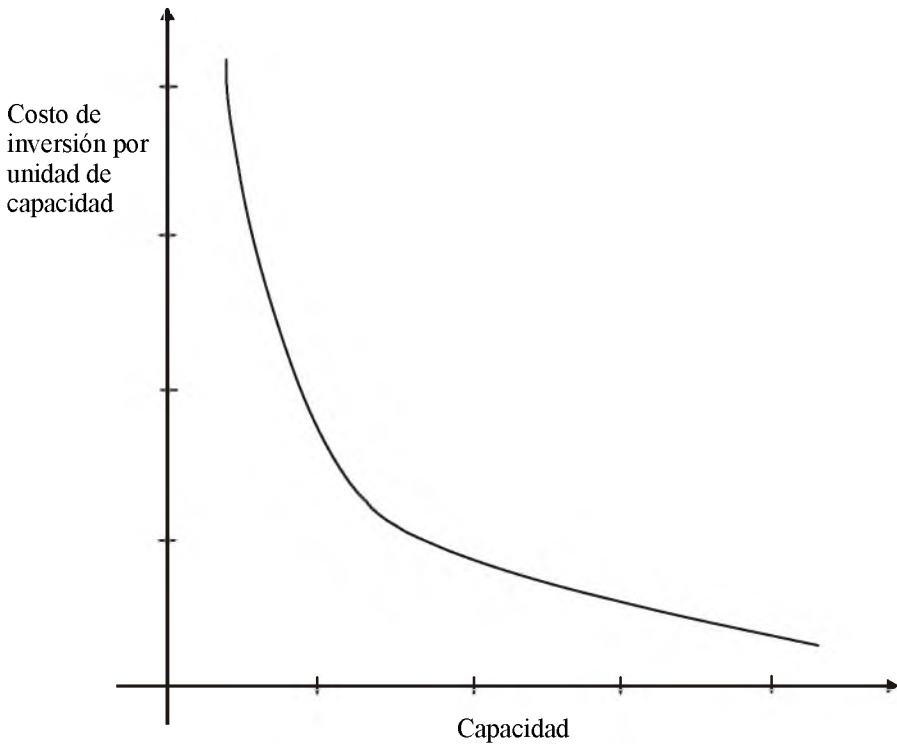
En la práctica, para conocer el costo aproximado de inversión de lo que constituye el llamado «límite de baterías» (del inglés *battery limits*) es decir, de los componentes de la tecnología propiamente, que excluye las instalaciones o facilidades auxiliares (conocidos en inglés como *off-sites*) de una nueva instalación industrial de la misma tecnología y tipos o clases de producción de las plantas de referencia, que deben ser preferiblemente las instaladas más recientemente, se utiliza generalmente la expresión matemática siguiente:

$$I_1/I_0 = (C_1/C_0)^{0,6}$$

donde:

- I_1 = El costo de inversión (*battery limits*) no conocido para una capacidad C_1 , con la tecnología de I_0 .
- C_1 = La capacidad propuesta para la inversión I_1 .
- I_0 = El costo de inversión real de la planta de capacidad C_0 .
- C_0 = La capacidad de producción anual de la planta de referencia.
- ? = Es el exponente de economía de escala de la tecnología seleccionada.

Gráfico 1
Comportamiento del costo por unidad de capacidad vs. Capacidad



El término de la derecha de la expresión (1) es el denominado «factor de las seis décimas», o también «factor de Williams», pues al despejar I_1 multiplicaría al valor de la inversión de referencia I_0 .

En la figura 1 se puede observar gráficamente el tipo de relación que en la práctica existe entre el costo de inversión por unidad de capacidad y la capacidad de los proyectos de inversión, es decir, los efectos de la economía de escala.

Los beneficios económicos que se obtienen por la disminución del costo de inversión por unidad de capacidad en la medida en que se incrementa la capacidad de producción se han ido identificando y explotando también en otras ramas productivas como la minería, las construcciones, pero quizás lo más notable se ha observado en los medios de transporte. En estos últimos, en poco más de medio siglo la capacidad de transportación se ha incrementado varias veces, por ejemplo, en los medios de transportación: los camiones en la actualidad pueden cargar decenas de toneladas, los aviones más de 300 pasajeros, los barcos, cientos de miles de toneladas.

El factor económico principal que ha influido en el diseño de nuevas tecnologías, construcción e instalación de nuevas industrias, en la producción de nuevos equipos de transportación, todos de gran capacidad y eficiencia en su funcionamiento, ha sido el gran ahorro relativo que se obtiene en los costos de producción, administración y ventas, en comparación con los que se tendrían en un mayor número de plantas o equipos cada uno de menor tamaño para lograr la misma producción o servicio.

Esta tendencia a la instalación de industrias de gran tamaño en cierta medida ha sido aplicada en la localización de algunas en el territorio nacional. Quizás a veces pueden no haberse tenido en cuenta suficientemente los demás factores importantes de localización.

Los factores de localización de las nuevas fábricas

Es sabido que hay varios factores: técnicos, económicos, políticos y sociales, estratégicos, que influyen en mayor o menor medida en la ubicación de las futuras fábricas en el territorio nacional.

La selección de la zona del territorio nacional más ventajosa para la ubicación de un tipo de instalación de producción industrial es una necesidad de primer orden por la importancia que tiene para el desarrollo económico y social, así como territorial, a mediano y largo plazo.

Un ejemplo elocuente de la poca perspectiva de desarrollo integral a largo plazo del país antes del triunfo de la Revolución el 1ro de enero de 1959, se constata fundamentalmente en la capital, donde se producía alrededor del 70% de la producción industrial del país, mientras que solo contaba con el 22% de la población. Se ponía de manifiesto una elevada concentración territorial de la producción. En la actualidad, habiéndose analizado cuidadosamente la necesaria distribución territorial de la producción, se han incrementado los centros productivos en otras regiones del país habiéndose reducido la anterior proporción a menos del 40%.

Lo anterior tiene en cuenta la importancia política, económica y social que tiene lograr una localización óptima para todo el pueblo de las nuevas industrias por su gran incidencia en el desarrollo proporcional de todo el territorio nacional, especialmente por el ahorro que se puede obtener en las transportaciones y en la elevación del nivel de vida de la población en todos los órdenes.

Las mejores experiencias prácticas en las últimas décadas, indican también que la decisión de localización de las nuevas fábricas es un problema técnico, económico, político y social, así como estratégico para algunos tipos de industria. Un ejemplo práctico actual es el desarrollo de la generación eléctrica distribuida que se está realizando en el marco de la Revolución Energética.

Grandes ventajas económicas se obtienen cuando se aprovechan las economías de escala y los llamados factores de localización. Entre dichos ahorros que se pueden obtener se destacan por su magnitud los gastos de transportación de las materias primas básicas. En Cuba, un ejemplo clásico de esto último lo constituyen las tres plantas de níquel en el Norte de la región oriental, que están localizadas cerca de los yacimientos de la materia prima para cada instalación. Este hecho está motivado porque para obtener una tonelada de níquel más cobalto (Ni+Co) se requiere transportar de 70 a 90 toneladas de mineral.

De forma similar, el ahorro en la transportación de los productos terminados a las zonas de su demanda es otro factor importante. La ya mencionada generación eléctrica distribuida es un ejemplo de tener en cuenta este factor, al reducirse las pérdidas en la distribución.

La participación y el análisis de todos los factores de localización así como considerando la economía de escala deberá permitir que cada localización de una nueva instalación industrial sea siempre el resultado de un análisis integral de todos los factores, con el fin de poder minimizar al máximo posible los costos de producción y transportación.

Un criterio de selección

Un criterio de selección de la combinación óptima entre el tamaño de la instalación, que implica la consideración de la economía de escala, y los demás factores de localización —excluidos los atinentes a la creación de infraestructura, que por lo general no son imputables solo a la instalación industrial, sino también al desarrollo del territorio de localización de esta— es el de lograr un mínimo de la suma del costo total de producción y de transportación de las materias primas, los insumos y productos, como se muestra en la expresión siguiente.

- i = Variante de localización que se analiza.
- Ci = Costo total de producción promedio anual de cada variante “i” de localización.
- Tij = Costos totales de transportación promedio anual hasta la zona “i” de localización que se analiza, de las materias primas e insumos fundamentales desde sus fuentes “j”.
- Tik = Costos totales de transportación promedio anual de la producción terminada desde la zona “i” de localización que se analiza, a las diversas zonas de consumo “k”.

$$C_i + \sum_j T_{ij} + \sum_k T_{ik} = \text{Mínimo} \quad (2)$$

donde:

Desde luego, la aplicación de la expresión (2) no excluye en lo absoluto la consideración de los demás criterios conocidos para la evaluación de proyectos de inversión que no son objeto de tratamiento en este trabajo.

Consideraciones generales

- Las mejores experiencias prácticas en la economía cubana aconsejan que para poder lograr el aprovechamiento óptimo de las economías de escala en las futuras inversiones o proyectos industriales, es necesario no solo tener en cuenta el tamaño óptimo, sino también haber determinado la zona de localización óptima para la economía del país en el territorio nacional para poder minimizar los gastos de transportación de las materias primas e insumos y los de distribución de productos, así como tener en cuenta los factores políticos, sociales y los estratégicos.
- En varias experiencias prácticas en Cuba y en otros países, se aprecia que el aprovechamiento de las economías de escala se ha generalizado no solo en las ramas industriales, sino también en la minería, en el transporte aéreo, marítimo y terrestre, en la construcción, no solo por la disminución del costo unitario de capital por el incremento de la capacidad, sino fundamentalmente por el ahorro adicional que se obtiene en los costos de producción, porque no crecen en la misma escala los de administración, los gastos de personal, ni los de ventas, que tienden a comportarse como fijos o semifijos.
- No obstante esas ventajas que ofrecen las economías de escala, no deben ignorarse los demás factores implícitos en la localización de proyectos industriales, por lo que se sugiere y (o) rememora, la conveniencia de aplicar un criterio de selección que procure conjugar todos los costos relevantes atinentes a cada localización que le resulten directamente imputables al proyecto, para poder identificar la de mínimo costo total.

Notas

¹ Ver R. Williams Jr.: “Six tenths factor aids in Approximating costs”, en *Cost Engineering in the process Industries*, pp. 40-41.

² Ver M. Castro Tato: “Las Economías de Escala”, en *Economía y Desarrollo*.

³ C. Fernández de Buolnes: “Métodos rápidos para el cálculo del costo de inversión”, en *Economía y Desarrollo*.

⁴ Fernando M. Portuondo Pichardo: *Economía de empresas industriales*.

Bibliografía

- Castro, Tato, M.: “Las economías de escala”, en *Revista Economía y Desarrollo*. No. 6, La Habana, 1971.
- Castro Tato, M.: “Los gastos reducidos mínimos como criterio de eficiencia económica de la evaluación de inversiones”, en *Revista Economía y Desarrollo*. No. 96, La Habana, 1987.
- Castro Tato, M. y Gonzalo Rodríguez Mesa: *La evaluación de proyectos industriales*. Editorial Universidad de La Habana, La Habana, 1988.
- Chilton, Cecil. H: “Six Tenths Factor Applies, to Complete Plant Costs”, en *Cost Engineering In The Process Industries*”. McGraw-Hill Book Company, Inc. Nueva York, 1960.
- Fernández de Bulnes, Carlos: “Métodos rápidos para el cálculo del costo de inversión”, en *Revista Economía y Desarrollo*. No. 13, La Habana, 1972.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial: *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*. Editorial ONUDI, Viena, 1994.
- Organización de las Naciones Unidas: *Industrialización y productividad*. Boletín No. 10, Editorial ONU, Nueva York, 1987.
- Portuondo Pichardo, Fernando M.: *Economía de empresas industriales*. 2 vols. Vol. 2, 1ra. reimp., Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1990.
- Williams Jr., Roger: “Six Tenths Factor Aids In Approximating Costs”, en *Cost Engineering In The Process Industries*”. McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1960.