

Santiago, Agosto de 1965

PROBLEMAS DEL TAMAÑO DE LA FABRICA EN LA INDUSTRIA  
DE LOS PAISES MENOS DESARROLLADOS \*

- \* Tomado de "Industrialización y Productividad", Boletín N°2, Naciones Unidas, New York (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Nueva York, Marzo de 1959). Reproducción solicitada por el Sr. Helder Motta para ser utilizado en la Especialidad de Proyectos en el Curso Básico de Planificación.

...

...

...

PROBLEMAS DEL TAMAÑO DE LA FABRICA  
EN LA INDUSTRIA DE LOS PAISES  
MENOS DESARROLLADOS \*

En este trabajo se analiza el problema del tamaño de la instalación fabril, que es uno de los elementos esenciales para decidir el establecimiento de nuevas industrias en los países menos desarrollados, y está vinculado íntimamente con lo que se suele denominar "economías de la producción en gran escala". Todo el mundo sabe que, en condiciones normales, el costo de producción de las industrias es menor (en algunos casos, mucho menor) en las fábricas de gran tamaño que en las de pequeño, debido sobre todo a que los gastos de construcción y equipo y la cantidad de mano de obra requerida para cualquier proceso varían en menor proporción que la capacidad de la empresa. En los países industrializados, la manufactura de productos industriales se suele realizar en fábricas lo bastante grandes para que los costos resulten económicos. En los países insuficientemente desarrollados que tratan de diversificar sus actividades industriales, por la falta de mercados nacionales amplios, impide con frecuencia establecer en las etapas iniciales fábricas cuyo tamaño permita mantener los costos en un nivel comparable al de los países industrializados más antiguos. Mientras exista esta situación, la discrepancia entre los costos y la competencia de los productos importados tienden a obstaculizar la creación de nuevas industrias en los países menos desarrollados, lo cual, a su vez contribuye a retrasar, e incluso a interrumpir, su desarrollo económico.

Los elementos que se deben examinar al estudiar el problema del tamaño adecuado de la fábrica son: i) el costo de la producción y la cuantía de la inversión en las condiciones que predominan en la región, y su variación según la capacidad productiva; ii) el precio de los productos importados competidores; iii) la magnitud del probable mercado y su crecimiento previsible, y iv) los costos de distribución de los productos de fabricación nacional, que dependen de la configuración geográfica del país y de otras características físicas y económicas del mercado interno; estos factores plantean a su vez el problema de la ubicación de las industrias.

---

\* Preparado por la Dirección de Asuntos Económicos de las Naciones Unidas.

Desde luego, las conclusiones que se sacan del estudio de estos elementos sólo son uno de los factores que se han de tener en cuenta al decidir si se establece o no una determinada industria. También existen otros factores, tales como las prioridades que se otorgan a algunas industrias, los objetivos que persiguen la política de desarrollo del país y las consideraciones no económicas.

En este estudio se presta principalmente atención al análisis de los tres primeros elementos enumerados, en dos industrias (una de abonos amoniacales y otra de envases de vidrio) cuya creación se está considerando en una región insuficientemente desarrollada (la América Central). El estudio trata sobre todo de dar un método de evaluación que pueda aplicarse a otras industrias donde se planteen problemas análogos.

Como ya se sabe que la pequeñez del mercado interno es uno de los principales obstáculos que se oponen al establecimiento de empresas industriales en muchos países insuficientemente desarrollados, se ha creído conveniente estudiar el caso de los países pequeños cuyo mercado interno está limitado por la escasa población y el reducido nivel de ingresos. Las cinco repúblicas centroamericanas, cuya población oscila entre 1.000.000 y 4.000.000 de habitantes, están estudiando la creación de un mercado común y piensan establecer industrias que se beneficiarían del mercado más amplio logrado con ese plan. Las dos industrias elegidas para este estudio, los abonos nitrogenados y los envases de vidrio, figuran entre las que se crearían dentro del programa de integración.

Desde el punto de vista metodológico, un estudio sobre la América Central, con especial referencia a las industrias integrables, ofrece muchas ventajas. Como se trata de un problema concreto, del que se preocupan los Gobiernos y los hombres de negocios, es posible obtener una perspectiva real de la naturaleza de los factores en juego, reunir datos sobre las condiciones económicas que existen en los países interesados y sacar ciertas conclusiones acerca de la forma práctica de abordar este problema y de los demás estudios que convendría realizar.

Respecto a las industrias incluidas en el análisis, su selección se basó en las consideraciones siguientes. La expansión de la producción agrícola adoptando técnicas más eficaces, sobre todo el uso más difundido de los abonos se

/suele considerar

suele considerar como uno de los objetivos principales de los programas de fomento de los países insuficientemente desarrollados. Como los abonos químicos no suelen contener más que del 20% al 30% de ingredientes activos, los fletes tienden a hacer elevado, y a veces prohibitivo, el costo de los importados. Por tales motivos, el plan de integración económica de Centroamérica prevé la creación de una industria de abonos, sobre todo para fabricar abonos nitrogenados<sup>1/</sup>.

Aunque algo menos importante desde el punto de vista económico general, la industria del vidrio también se considera adecuada para incluirla en el programa de integración de las cinco repúblicas centroamericanas. La demanda de vidrio plano en la región no parece ser suficiente para justificar el establecimiento de una fábrica, pero la situación aparece más favorable respecto a los envases en especial botellas corrientes para cerveza, bebidas sin alcohol y leche, que utilizarían las industrias de productos alimenticios ya instaladas.

Las dos industrias tienen ciertas características comunes que revisten interés para los fines de este estudio. En ambas, los fletes de los productos importados competidores constituyen una protección natural significativa, y además el mercado constituido por las cinco repúblicas centroamericanas requiere unidades de producción que son pequeñas si se juzgan por las normas de los países más avanzados<sup>2/</sup>. Al mismo tiempo, cada una de estas industrias representa hasta cierto punto un grupo amplio de actividades industriales. Como se verá más adelante con algún detalle, las dos difieren bastante en lo que se refiere a la estructura de las inversiones de capital y de costos y a la capacidad económica mínima. Aunque en ambos casos se trata de procesos que

---

1/ La fabricación de abonos fosfatados con materias primas importadas (tales como fosfato y azufre natural) no parece resultar ventajosa en todos los casos; el peso de esas materias es mucho mayor que el del producto acabado y el valor agregado es relativamente pequeño en relación con el de las materias primas.

2/ Aunque no se conoce con exactitud el consumo de abonos nitrogenados y envases de vidrio en la actualidad, los datos tomados de las estadísticas aduaneras y la información proporcionada por los importadores y usuarios demuestran que el mercado formado por los cinco países es pequeño.

/requieren una

requieren una gran densidad de capital, los abonos nitrogenados, que son ejemplo de una industria que trabaja con procesos químicos, se ajustan a condiciones técnicas bastante rígidas; las fases del proceso están bien determinadas y no se pueden modificar con facilidad. En cambio, existen varias operaciones en la fabricación de envases de vidrio que se pueden mecanizar más o menos (tales como la manipulación de materias primas, la preparación de hornadas y el embalaje y manejo de los productos terminados, por ejemplo); así, pues, se dispone de cierto margen para modificar la densidad de capital en esta industria. Además, la capacidad de producción de la industria de abonos nitrogenados aumenta a "saltos" apreciables, cada uno de los cuales exige una inversión adicional de importancia; mientras que en la industria de envases de vidrio, la modificación de la capacidad es más flexible desde el punto de vista de la inversión de capital, pues los aumentos se pueden conseguir, dentro de ciertos límites, instalando nuevas unidades para moldear botellas. Por último la estructura de los costos en relación con la capacidad es bastante distinta en las dos industrias. Los costos relacionados con la inversión de capital representan la mayor parte de los costos totales de producción en la primera, mientras que en la segunda las materias primas constituyen el elemento principal en los costos.

#### PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA

El método utilizado en este estudio se puede resumir de la manera siguiente. Partiendo de la base de que se usa la misma tecnología en los países industrializados y no industrializados, se estudia la estructura de los costos de producción en relación con la capacidad para los primeros y luego se traslada a los segundos reajustando los datos pertinentes, y el punto de capacidad económica mínima se determina en relación con el precio de los productos importados competidores. A continuación se compara la citada capacidad económica mínima con la magnitud real del mercado interno, con objeto de determinar si el establecimiento de la fábrica está económicamente justificado. En caso afirmativo, se tiene que determinar el tamaño óptimo de tal fábrica; el aspecto dinámico de este problema se estudia calculando el desarrollo probable del mercado mientras dura la vida útil del equipo. En la etapa siguiente

/se abandona

se abandona un poco la hipótesis inicial de identidad de técnica; y se supone que se podrían introducir otras (por ejemplo, las que indican una menor densidad de capital), evaluándose de nuevo en correspondencia los resultados obtenidos en el primer caso. Un problema conexo es la posibilidad de prolongar la vida útil del equipo mediante un mantenimiento más frecuente, con lo que se reduce indirectamente la densidad de capital de un determinado proceso fabril. Las diversas fases descritas se examinan con algún detalle en los párrafos que aparecen a continuación.

Estructura de los costos de las industrias incluidas en este estudio, a base de la práctica seguida en los Estados Unidos

El punto de partida es la experiencia adquirida por un país industrializado en la manufactura del producto; el país que se ha elegido para este objeto son los Estados Unidos.

Respecto a la estructura de los costos, los gastos de producción se clasifican en grupos amplios, establecidos de tal manera que su variación en relación con la capacidad sea análoga dentro de cada grupo. Para evitar complicaciones, se propone analizar los tres grupos siguientes<sup>3/</sup>: i) materias primas y suministros, incluidas todas las compras corrientes de la fábrica pero no los suministros para el mantenimiento; ii) mano de obra, incluidos los salarios y pagos conexos, aparte de las remuneraciones del personal encargado de la conservación, y iii) costos relacionados con la inversión de capital, incluida la depreciación, mano de obra y materiales para el mantenimiento, el rendimiento normal del capital y cargos diversos, tales como intereses a corto plazo y primas de seguro. La variación de los costos en relación con la capacidad de producción se puede determinar para cada uno de estos grupos. En general, las materias primas y energía que se consumen son aproximadamente proporcionales a la capacidad, mientras que las necesidades de mano de obra y de equipo aumentan con menos rapidez que ésta<sup>4/</sup>.

---

1/ Los costos representados por la suma de los tres grupos sólo incluyen los gastos de producción, excluyendo conceptos tales como los gastos de venta y propaganda o distribución.

2/ Es posible preparar de una manera sistemática las curvas pertinentes para diversas industrias; aquí podemos señalar, anticipándonos a las conclusiones del estudio, que la reunión de esta clase de datos será muy útil en la práctica para planear proyectos industriales en los países menos desarrollados.

### Traslado de los datos a los países menos desarrollados

Con objeto de aplicar a las regiones menos desarrolladas los datos económicos basados en las prácticas de los países industrializados hay que disponer de información razonablemente exacta sobre los costos de los diversos factores de producción en los primeros. Los datos pertinentes para determinados países centroamericanos aparecen en otro lugar de este trabajo. Después se vuelven a calcular los datos de los costos basándose en los nuevos precios de los factores. Hay que introducir algunos ajustes para tomar en cuenta las condiciones que existen en el país. Por ejemplo, las materias primas de producción nacional quizá se consigan en una forma poco conveniente; es posible que su calidad no sea tan buena o uniforme como se necesita o que el suministro resulte irregular. En estos casos, hay que incurrir en gastos suplementarios, porque es preciso elaborar las materias primas antes de utilizarlas, porque es necesario mantener más existencias o porque el rendimiento en productos acabados puede ser menor. Los costos de las materias primas se reajustarán en correspondencia. Respecto a los costos de la mano de obra, éstos no sólo se determinan por la escala de salarios sino también por la productividad de los trabajadores industriales de la región, y habrá que introducir el ajuste correspondiente.

### Precios de los productos importados competidores

El costo de producción así obtenido se compara con el precio de los productos importados. Aunque, en primera aproximación, el precio de las importaciones se considerará en este estudio como un dato de referencia, quizá convenga dar un paso más y describir brevemente algunos de los problemas que plantea el uso de los precios de las importaciones para decidir el tamaño mínimo de la fábrica que resulta económico.

En primer lugar, el precio de las importaciones se determina mediante los costos de producción de los países industrializados más antiguos. Este criterio plantea el problema del nivel de los costos en esos países. En otras palabras, suele existir un nivel mínimo de costos que corresponde a la explotación de una industria con su capacidad óptima de producción. La hipótesis básica es que las industrias que exportan a los países menos desarrollados están funcionando a esa capacidad óptima. Sin embargo, el examen de esta faceta no entra dentro del alcance de este documento.

### Determinación de la capacidad mínima

Cuando se conocen los costos con que pueden producirse un artículo en fábricas nacionales de distintas capacidades, así como el precio a que se ofrece importado, es posible utilizar estos datos para determinar la capacidad mínima requerida para fabricar tal artículo en el país a precios de competencia. Esta capacidad será aquella en que los costos de producción en el país sean iguales al precio de importación; por debajo de este punto, la producción nacional ya no puede competir con las importaciones a base del precio. Si los estudios del mercado interno demuestran que es demasiado pequeño para mantener tal capacidad mínima, suele resultar más barato utilizar productos importados para satisfacer las necesidades del país. En cambio, si estos estudios del mercado indican que el consumo interno permite instalar una capacidad mayor que la mínima, está económicamente justificada la creación de una industria nacional. Por regla general, el precio de los productos competidores importados es más elevado que el costo de fabricarlos en una instalación de tamaño óptimo en un país industrializado, a causa de los fletes, que son muy elevados en las dos industrias elegidas. Así, pues, la capacidad económica mínima de una fábrica en un país insuficientemente desarrollado será por lo general mucho menor que el promedio de capacidad de la fábrica correspondiente en un país industrializado.

### El problema de decidir la capacidad en el caso de un mercado en expansión

En algunos casos, los estudios del mercado de un determinado producto industrial pueden revelar que el volumen de ventas probablemente aumentará en un futuro inmediato o próximo; entonces hay que decidir qué tamaño tendrá la fábrica productora. Si el tamaño elegido es demasiado pequeño, el costo de producción no sólo será más alto que lo necesario, sino que después de algún tiempo no se podrá satisfacer toda la demanda. Por otra parte, si se elige un tamaño demasiado grande, la fábrica funcionará durante la mayor parte de su vida útil a menos de su plena capacidad y con un costo antieconómico, debido sobre todo a que los cargos para depreciación y mantenimiento del equipo y los intereses sobre el capital se harán íntegramente contra los costos, aun cuando la producción sea inferior a la capacidad disponible<sup>5/</sup>. Como se verá

---

5/ También es probable que la mano de obra empleada en la fábrica, así como el consumo de algunas materias primas y de energía, sean excesivos en relación con la producción.

más adelante, este problema reviste especial importancia en las industrias donde por razones tecnológicas resulta difícil aumentar gradualmente la capacidad de las instalaciones a medida que se desarrolla el mercado; así sucedería en la fabricación de abonos nitrogenados. La forma de abordar este problema en el estudio consiste en averiguar el tamaño de fábrica en que el costo medio de producción durante toda la vida útil del equipo es mínimo.

#### Cambios en el proceso tecnológico y prolongación de la vida del equipo

Hasta ahora se ha supuesto que se estaban aplicando sin modificación procesos técnicos rígidamente definidos, tal como se usan en los países industrializados. En algunos casos, es posible recurrir a otros procesos (por lo menos para ciertas operaciones), por lo que se puede seleccionar una combinación de técnicas que resultará más económica en las condiciones que existen. En tales circunstancias, el costo calculado a base de un proceso corriente en un país industrializado no es a priori el más bajo posible. Cuando los salarios son bajos, resultará ventajoso modificar el proceso (por lo menos para algunas operaciones) a fin de aumentar el contenido de mano de obra en relación con el capital. A veces no será fácil investigar esta posibilidad, puesto que en los países industrializados ya no se emplean los procesos con elevada intensidad de mano de obra, y, en consecuencia, no se dispondría de datos basados en la experiencia para realizar un estudio comparativo. Sin embargo, es posible obtener información sobre una experiencia pertinente de algunos países insuficientemente desarrollados donde se utilizan procesos menos mecanizados. Una investigación sistemática de las posibilidades de sustituir el capital por mano de obra en diversas operaciones industriales sería indudablemente muy útil para planificar el desarrollo industrial de los países menos desarrollados, sobre todo los datos acerca de la existencia de técnicas menos mecanizadas y rendimiento comparable.

Un problema conexo que se plantea en relación con la posible variación de la intensidad de capital en el equipo productor —o sea de los insumos relativos de capital y mano de obra— es la vida útil que se espera tenga el equipo instalado. Se puede considerar que la duración de esta vida es función del ritmo de desgaste del equipo y de la rapidez con que éste se torne anticuado. El desgaste y la obsolescencia son conceptos relativos, y es muy probable que, a la luz de las condiciones que existen en los países menos

desarrollados, las

desarrollados, las normas para declarar gastado o anticuado el equipo sean muy distintas de las que rigen en los países industrializados. Por ejemplo quizá se considere que el ritmo de desgaste del equipo se puede reducir con un mantenimiento y reparación más intensos y completos; en los países que disponen de escasos recursos de capital, tal política resultaría muy acertada para las industrias donde el insumo de capital es grande. Como la mano de obra representa un elevado porcentaje de los gastos de mantenimiento y reparación, la prolongación de la vida del equipo equivaldría a sustituir capital por mano de obra, y sería un procedimiento muy importante para ahorrar capital. Además, como los salarios son más bajos en los países insuficientemente desarrollados, los gastos para un determinado volumen de mantenimiento y reparación se pueden reducir aún más utilizando más trabajadores y menos repuestos.

Por último, pueden hacerse algunas observaciones acerca de ciertos aspectos de la política económica oficial que afectan a la industria, cuales pueden tener una influencia significativa, y a veces directa, en el problema que se examina. El caso más evidente es aquel en que el gobierno establece o aumenta el derecho de aduana que grava un producto importado, u otorga privilegios tributarios o subsidios directos que sirven para rebajar los precios de los artículos de producción nacional. Es evidente que tales medidas afectan la posición relativa de los precios de importación y de los costos internos y rebajan proporcionalmente el punto de capacidad económica mínima. Un efecto semejante se consigue cuando se reduce el tipo de cambios, suponiendo que la modificación del valor de la moneda no va acompañada de un cambio equivalente del nivel de precios y salarios del país<sup>6/</sup>. Las medidas de política general del Gobierno, tal como, por ejemplo, las encaminadas a reducir el empleo de recursos de capital que escasea estimulando la sustitución general de equipo por mano de obra en las operaciones industriales,

---

6/ Este estudio supone que los precios internos se mantienen a un nivel constante. Esta simplificación, que facilita la presentación de los datos, no ofrece desventajas importantes desde el punto de vista del propio estudio. Sin embargo, sí implica que no se tiene en cuenta la posible distorsión del mecanismo de precios y costos de empresas industriales aisladas debido a las condiciones inflacionarias.

tienen un efecto más indirecto. Este último caso está evidentemente relacionado con el problema de la modificación de la tecnología que ya hemos analizado.

## RESUMEN DE LA TECNOLOGIA DE LAS INDUSTRIAS COMPRENDIDAS EN ESTE ESTUDIO

### Fabricación de abonos nitrogenados

El proceso industrial que se usa hoy para producir abonos nitrogenados se basa en gran parte en la síntesis del amoníaco<sup>7/</sup>; a continuación se enumeran, sin los detalles técnicos, sus principales etapas.

#### a) Producción de la mezcla de hidrógeno y nitrógeno.

La producción de hidrógeno a base de hidrocarburos<sup>8/</sup> se funda en la reacción entre el hidrocarburo liviano y el vapor de agua a gran temperatura y presión, que da por resultado una mezcla de ácido carbónico e hidrógeno. Existen varios procesos para provocar la reacción, que tiene lugar en presencia de un catalizador adecuado. Uno de los procesos más corrientes incluye las siguientes operaciones:

- i) En un primer convertidor (reformador) alrededor del 70% del hidrocarburo utilizado como materia prima se convierte en el hidrógeno y monóxido de carbono; este último es un producto intermedio;
- ii) En un segundo convertidor, se introduce una cantidad de aire suficiente para completar la transformación de las materias primas en hidrógeno y monóxido de carbono; la mezcla gaseosa así obtenida también contiene la cantidad de nitrógeno necesaria para la síntesis;
- iii) En un tercer aparato, se produce una reacción del monóxido de carbono con vapor de agua para formar más hidrógeno, mientras el primero se transforma en ácido carbónico.

---

<sup>7/</sup> El sulfato amónico también es un subproducto de la fabricación de coque y gas de hulla.

<sup>8/</sup> En América Central, el hidrógeno podría obtenerse de los productos del petróleo, tales como el fuel-oil pesado o el gas reformado, si la fábrica de amoníaco estuviera situada cerca de una refinería. El gas reformado, que está compuesto principalmente de hidrógeno, es un subproducto de la refinación del petróleo. En Centroamérica no hay ninguna refinería, pero se piensa construir una en virtud del programa de integración económica.

b) Purificación de la mezcla de hidrógeno y nitrógeno.

Para que la eficacia de la síntesis sea elevada, hay que purificar la mezcla de hidrógeno y nitrógeno. Durante la purificación, se extrae el dióxido de carbono -que en caso necesario puede utilizarse para producir urea en otra sección de la fábrica- y luego se eliminan las pequeñas cantidades de monóxido de carbono que todavía quedan en la mezcla.

c) Síntesis

Una vez purificada, la mezcla gaseosa se inyecta en el aparato en que se sintetiza el amoníaco. El rendimiento de la reacción es del orden de 20% ó 30%; la mezcla gaseosa resultante contiene amoníaco, que se separa por enfriamiento, y nitrógeno e hidrógeno no combinados, que se hacen recircular.

El sulfato amónico se obtiene por reacción de ácido sulfúrico sobre el amoníaco; el producto se separa y, en caso necesario, se granula. El nitrato amónico se suele producir en dos secciones de la fábrica: en una se obtiene ácido nítrico por oxidación del amoníaco, y en la otra se hace reaccionar el ácido con más amoníaco para producir nitrato amónico. Para usarlo como abono, se suele diluir con materiales inertes, lo que da un producto que contiene del 20% al 21% de nitrógeno; además, se granula para reducir su higroscopicidad.

Para fabricar urea, se hace reaccionar el dióxido de carbono con el amoníaco a temperatura y presión adecuadas. El rendimiento de la reacción es relativamente reducido y la producción de urea por este procedimiento resulta bastante costosa. Con otro procedimiento, que permite obtener simultáneamente urea y nitrato amónico, el amoníaco no convertido en urea después de circulado se aprovecha para hacer nitrato.

Hay que señalar que el amoníaco no se suele usar directamente como abono, pues se necesitaría un equipo muy caro para transportarlo, almacenarlo y esparcirlo por las tierras. Sin embargo, hace poco se consideró conveniente en algunos casos, incluso en las regiones insuficientemente desarrolladas, utilizar el amoníaco en sí en vez de transformarlo en uno de los abonos corrientes<sup>2/</sup>

---

<sup>2/</sup> En México se ha estudiado un proyecto por el que se instalaría un fábrica de amoníaco con capacidad de 100 toneladas diarias y se organizarían servicios de distribución para utilizarlo directamente como abono.

### Fabricación de envases de vidrio

Las principales etapas en la fabricación de envases corrientes de vidrio son la preparación y mezcla de las materias primas, el moldeado y enfriamiento de las botellas, y el embalaje y almacenamiento del producto acabado.

Las materias primas básicas son arena muy pura, carbonato de sodio y cal, que tienen que mezclarse en proporciones adecuadas. Se suelen añadir pequeñas cantidades de otras sales minerales, sobre todo como colorantes. La mezcla se introduce en hornos cuya temperatura llega a 1.500°C. El rendimiento de la operación depende en gran parte de la calidad de la arena, de la mezcla correcta de los ingredientes y de la temperatura adecuada de los hornos.

El vidrio fundido se vierte en los moldes de las máquinas moldeadores, donde se prensa y sopla automáticamente hasta darle la forma y el espesor que se desean<sup>10/</sup>. Las máquinas moldeadores son de distintos tipos; por otra parte, se necesita un número relativamente grande de obreros calificados para diseñar y mantener los moldes. Los envases pasan a continuación a hornos de recocido, donde se les somete a un enfriamiento controlado, en virtud del cual se les hace resistentes a los golpes al reducir las tensiones internas.

Al salir de estos hornos, el producto se inspecciona y embala. En los Estados Unidos, los clientes suelen exigir que las botellas se entreguen en cajas de cartón, las cuales se vuelven a usar más de una vez. El embalaje requiere muchos trabajadores, incluso en las fábricas en que la operación está mecanizada en parte. Los clientes también insisten en que las botellas se inspeccionen con gran cuidado antes de entregarlas, para que no haya dificultades cuando se llenan a máquina.

Incluso si los usuarios fuesen menos exigentes y estuviesen dispuestos a aceptar calidades peores, parece que las botellas que tienen que lavarse y llenarse a máquina (por ejemplo, las de cerveza y bebidas gaseosas) sólo reúnen las condiciones requeridas si se fabrican con moldeadores automáticas.

---

<sup>10/</sup> Algunas veces (que, sin embargo, son raras) se utilizan procesos semiautomáticos de moldeado y soplado. El antiguo método de soplar con la boca ha desaparecido por completo.

ESTRUCTURA DE LOS COSTOS EN LAS DOS  
INDUSTRIAS EN LOS ESTADOS UNIDOS

Nitrato amónico

Utilizando los datos facilitados por una firma especializada en la construcción de fábricas de amoníaco, se calcularon los gastos de producción del nitrato en los Estados Unidos con una fábrica de determinada capacidad, suponiendo que funcionase aprovechándola plenamente. A base de estos datos, se estimaron los costos de producción con distintas capacidades, partiendo de ciertas hipótesis. Como simplificación, se supuso que los componentes de los costos de producción varían de la manera siguiente según el tamaño de la fábrica:

- i) El consumo de materias primas por tonelada de abono obtenida es casi independiente del tamaño de la fábrica;
- ii) Como el proceso es continuo y está muy mecanizado, se supuso que parte del número de trabajadores requerido es independiente del tamaño de la fábrica y que el resto de este componente varía según ese tamaño. En otras palabras, se establece que el costo de la mano de obra por unidad, como función de la capacidad de producción, está formado por una parte variable, que disminuye a medida que aumenta el tamaño de la fábrica, y por una parte fija. Asimismo, se consideró que la parte fija y variable de los costos de mano de obra es de 50:50 para una fábrica con capacidad de 150 toneladas diarias.
- iii) Los costos relacionados con el capital (que para abreviar llamaremos en adelante costos de capital) son evidentemente proporcionales al volumen de la inversión requerida. Esta última se eleva con la capacidad, aunque de una manera relativamente lenta. En la práctica, puede admitirse que la inversión exigida (y, por lo tanto, los costos generales de capital) aumenta proporcionalmente con la 0,6a. potencia de la capacidad de la fábrica. En otras palabras, los costos de capital por tonelada

/de producto

de producto acabado son inversamente proporcionales a la 0,4a. potencia de la capacidad<sup>11/</sup>. En adelante, el valor de esta potencia se denominará "exponente del gasto de capital".

Los resultados de los diversos cálculos figuran en el cuadro 1, por el cual puede verse que, para una capacidad de 150 toneladas diarias de amoníaco, los costos de capital representan el componente mayor, pues absorben el 60% del total, mientras que las materias primas y la mano de obra sólo representan un 20% cada una. Cuando se trate de capacidades pequeñas (50 toneladas diarias), los costos globales resultan mucho mayores (aproximadamente el 50%), porque los costos de mano de obra y capital por tonelada producida son sensiblemente más altos.

---

<sup>11/</sup> La introducción de estas relaciones algo complejas para la variación de los costos de mano de obra y capital según el tamaño de la fábrica, es necesaria porque no se dispone de datos reales para estos componentes en función de los distintos tamaños de la fábrica. Véase la nota a/ del cuadro 6.

Cuadro 1

ESTADOS UNIDOS: COSTO CALCULADO DE LA PRODUCCION DE  
NITRATO AMONICO SEGUN LA CAPACIDAD DE LA FABRICA

(Dólares por tonelada corta de contenido de  
amoníaco, a precios de 1957)

RUBROS	CAPACIDAD DE LA FABRICA (toneladas cortas diarias)			
	50	100	150	300
Materias primas y suministros <sup>a/</sup> .....	27,0	27,0	27,0	27,0
Manc de obra .....	46,0	28,8	23,0	17,2
Costos de capital <sup>b/</sup> .....	117,4	89,3	75,6	57,3
TOTAL	190,4	145,1	125,6	101,5

Fuente: Se basa principalmente en los datos proporcionados por la M. W. Kellogg Co., de Nueva York. También se consultaron las fuentes siguientes: "Economics of Ammonia Manufacture from Several Raw Materials", por Barrett S. Duff; Petroleum Processing, The Fluor Corporation, febrero de 1955; "Ammonia-5: Partial Oxidation with Air", por B. J. Mayland, E. M. Comley, J. C. Reynolds, The Oil and Gas Journal, 25 de octubre de 1954; "Ammonia at 1.000 Atmospheres", por Will H. Sharon y H. L. Thompson, Industrial and Engineering Chemistry, febrero de 1952, y "Synthetic Ammonia from Natural or Refinery Gases", Petroleum Processing, septiembre de 1956.

a/ El detalle es como sigue:

	<u>Dólares</u>
Gas natural: 41.000 pies cúbicos a unos 0,34 dólares por mil pies cúbicos .....	14
Productos químicos, electricidad y agua .....	7
Suministros diversos (sacos, etc.) .....	6

b/ La inversión necesaria para una fábrica con capacidad de 150 toneladas diarias se calculó en 9.000.000 de dólares para la fábrica en sí, más 4.500.000 para preparación del terreno, carreteras de acceso, servicios generales, etc.; con una producción anual de 50.000 toneladas, los costos de capital por tonelada son:

	<u>Dólares</u>
Depreciación (a base del 10% anual).....	27
Mantenimiento y conservación (4% anual).....	11
Seguros, impuestos y cargas diversas (2% anual).....	6
Rendimiento normal del capital (12% anual).....	32

Se observará que la cifra correspondiente a este último rubro (que es del 12% anual) es mucho mayor que el tipo de interés corriente. La diferencia se debe a elementos tales como cargas diversas, utilidades e impuestos.

### Envases de vidrio

Las fábricas de envases de vidrio, especialmente las más grandes, suelen producir recipientes de forma, capacidad, peso, espesor y colores muy variados. Para simplificar, los cálculos que aparecen a continuación se refieren a fábricas que producen botellas corrientes para cerveza y bebidas gaseosas, con una capacidad de 12 onzas de líquido y un peso de 12 onzas. Como ya se ha indicado, la capacidad de las fábricas de envases se determina según el número y tipo de las máquinas moldeadoras instaladas. Los datos que se han podido obtener sobre los gastos de fabricación de botellas son incompletos y proceden de distintas fuentes; sin embargo, se ha tratado de evaluar su estructura por unidad de producción (en este caso, una gruesa) para una fábrica de tamaño medio muy mecanizada. Respecto a la variación de los distintos elementos del costo con la capacidad, se partió de las siguientes hipótesis:

- i) Se consideró que el consumo de materias primas y otros factores productivos por tonelada de producto acabado es casi independiente de la capacidad, aunque el de energía tiende a aumentar un poco en las fábricas pequeñas;
- ii) Incluso en las fábricas muy mecanizadas del tipo que se estudia, parece razonable suponer una relación lineal, pero no proporcional, entre la fuerza de trabajo requerida (sin incluir el personal de mantenimiento) y la capacidad; en otras palabras, los costos de la mano de obra por tonelada de producto acabado disminuyen poco a poco a medida que aumenta el tamaño. Se supondrá que el número de trabajadores necesario es proporcional al de máquinas moldeadoras más una;
- iii) El desembolso de capital para inversión aumenta aproximadamente como la 0,75a. potencia de la capacidad<sup>12/</sup>. Los costos de capital por tonelada de producto acabado serán inversamente proporcionales a la 0,25a. potencia de la capacidad<sup>13/</sup>.

<sup>12/</sup> En el caso de los abonos nitrogenados, se supuso un coeficiente más bajo (la 0,6a. potencia de la capacidad). Para los envases de vidrio, una parte relativamente grande de las instalaciones (máquinas moldeadoras, cámaras de recocido, equipo de manipuleo y parte de los edificios) varía directamente con la capacidad, mientras que la instalación no especializada (hornos y suministro de agua y electricidad) es relativamente poco importante. Véase la nota g/ del cuadro 6.

<sup>13/</sup> Véase la nota de pie de página No. 11.

Aunque estas cifras sólo son aproximadas, no deben tener un gran porcentaje de error y se utilizaron como base del cuadro 2, en el que se calcula la variación de los costos como función de la capacidad en las fábricas que producen botellas de un tipo determinado. Esta variación indica que en una fábrica con seis moldeadoras, las materias primas representan las dos quintas partes de los costos y la mano de obra y el capital las tres décimas cada uno. En una fábrica pequeña con una sola moldeadora, los costos serían un 40% mayores debido a los mayores gastos de mano de obra y capital por unidad de producto.

#### Comparación de las funciones de costo para las dos industrias

La comparación del cálculo de los costos para las dos industrias demuestra que en las fábricas de abonos nitrogenados el costo unitario tiende a bajar más a medida que aumenta la capacidad productiva que en las fábricas de envases de vidrio. Según las cifras del cuadro 1, si la capacidad de la primera industria se sextuplica (es decir, de 50 a 300 toneladas diarias) los costos bajan del 45% al 50%; un aumento comparable de la capacidad de la industria de envases de vidrio (es decir, de 2 a 12 máquinas moldeadoras) representaría, según las cifras del cuadro 2, una disminución de los costos que sólo alcanzaría un poco más del 20%. Esta discrepancia se debe en gran parte a que en la industria de envases los costos relativamente estables de las materias primas y suministros representan un porcentaje mucho mayor del total. Además, las necesidades globales de mano de obra tienden a seguir más de cerca el incremento de la capacidad productiva que en una industria química, como la de abonos. Esto hace que el elemento mano de obra de los costos por unidad de producción sea relativamente más estable en la primera industria que en la segunda, donde tiende a disminuir mucho a medida que aumenta la capacidad.

Cuadro 2

ESTADOS UNIDOS: COSTO CALCULADO DE LA PRODUCCION DE BOTELLAS DE CERVEZA SEGUN LA CAPACIDAD DE LA FABRICA<sup>a/</sup>

(Dólares por gruesa embalada, a precios de 1957)

RUEROS	CAPACIDAD DE LA FABRICA (número de moldeadoras de botellas)				
	1	2	4	6	12
Materias primas <sup>b/</sup> .....	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Mano de obra .....	3,09	2,31	1,93	1,80	1,67
Costos de capital <sup>c/</sup> .....	3,02	2,54	2,13	1,93	1,62
TOTAL	8,51	7,25	6,46	6,13	5,69

Fuente: Se basa principalmente en los datos proporcionados por la Enhart Manufacturing Company, Hartford-Empire Company Division de Hartford (Connecticut). También se consultaron las fuentes siguientes: Dirección General del Censo, Annual Survey of Manufactures, 1953; Oficina de Estadísticas del Trabajo, Glass Containers, Informe No. 70, octubre de 1954; Administración de Cooperación Internacional, Plant Requirement for Manufacture of Glass Containers, julio de 1955.

a/ Las cifras se refieren a botellas de cerveza con capacidad de 12 onzas líquidas y peso de 12 onzas. Como se dispone de muy pocos datos publicados sobre la estructura de los costos en la industria de envases de vidrio, las cifras son aproximadas y sólo indican órdenes de magnitud.

b/ El detalle es como sigue:

	<u>Dólares</u>
Arena, cal y productos químicos .....	0,95
Electricidad .....	0,45
Cajas de cartón .....	1,00

c/ Para una fábrica con seis moldeadoras se ha supuesto una inversión de 5.500.000 dólares y una producción anual de 970.000 gruesas, embaladas. Después se calcularon los costos de capital, por gruesa manufacturada, en la forma siguiente:

	<u>Dólares</u>
Depreciación (a base de un 10% anual) .....	0,57
Mantenimiento y conservación (10% anual) .....	0,57
Impuestos, seguros, intereses y cargas diversas (2% anual) .....	0,11
Rendimiento normal del capital (12% anual) (véase el último párrafo de la nota b del cuadro 1) .....	0,68

ESTRUCTURA DE LOS COSTOS DE LAS  
DOS INDUSTRIAS EN CENTROAMERICA

Generalidades

Aplicando el método descrito en la sección anterior, se pueden calcular los costos que se obtendrían en países tales como las repúblicas centroamericanas, calculando la diferencia entre estos últimos países y los Estados Unidos de tres elementos principales: las materias primas y suministros, la mano de obra y el capital.

La mayoría de las materias primas y los suministros tendrían que importarse. Ninguno de estos países produce ni fuel-oil ni gas natural así como tampoco la mayoría de los productos químicos utilizados para fabricar nitrato amónico. En la producción de envases de vidrio, habría que importar la arena (de la que no hay yacimientos con pureza suficiente en la región), así como las cenizas de sosa y otras sustancias químicas (por ejemplo, los colorantes). La exploración de los recursos naturales quizás contribuya a mejorar el suministro de materias primas producidas en la región, pero por el momento los cálculos tienen que basarse en el precio de los productos importados, que será mucho mayor que el de los recursos existentes en los Estados Unidos. Por ejemplo, el precio del fuel-oil pesado importado por los países de la América Central es unas 2,5 veces mayor que el del equivalente calórico del gas natural en los Estados Unidos<sup>14/</sup> Para otros materiales importados, la diferencia de precio será mucho menor, oscilando entre un 30% y un 50% sobre los precios estadounidenses. Se ha supuesto que el costo de las materias primas producidas en los mismos países es igual o quizá ligeramente superior<sup>15/</sup>

---

<sup>14/</sup> El precio del gas natural a fines de 1957 era de 0,34 dólares por 1.000 pies<sup>3</sup>, lo cual equivale a 1,65 dólares por barril de 42 libras de fuel-oil pesado. En aquella época este combustible se vendía en la América Central a unos 4,00 dólares por barril (3,85 en la costa del Pacífico de El Salvador y 4,35 dólares en la ciudad de Guatemala).

<sup>15/</sup> También se tiene en cuenta el hecho ya citado de que la mala calidad y la falta de uniformidad en las materias primas de origen nacional pueden hacer que los costos de producción resulten más elevados.

Al calcular el costo de fabricación del nitrato amónico en los Estados Unidos (que se basa en el uso del gas natural como fuente de energía y materia prima), el gas natural representa más del 50% del costo global de las materias primas. En Centroamérica habrá que sustituir el gas natural por fuel-oil importado, y el costo total de las materias primas puede calcularse en casi dos veces el de los Estados Unidos. Para la industria de envases de vidrio, el costo de las materias primas será alrededor de un 50% más.

Respecto al costo de la mano de obra, se obtuvieron datos sobre las condiciones generales de los trabajadores en Centroamérica efectuando encuestas en las administraciones de las principales fábricas. Aunque abarcaron principalmente las fábricas de cemento, cerveceras, etc., se consideró que las industrias relativamente "pesadas" que producen abonos nitrogenados o envases de vidrio tendrán probablemente condiciones análogas.

Según la información reunida, es probable que las grandes fábricas consigan contratar y conservar una fuerza de trabajo con calificaciones comparables a las que tiene en los países industrializados. Así, el mantenimiento del equipo no es un problema insoluble, siempre que la administración siga con persistencia una política de capacitar y elevar a los trabajadores dentro de la empresa.

En cuanto a los salarios, los de El Salvador, Costa Rica y Honduras parecen ser análogos; convertidos en dólares de los Estados Unidos al cambio oficial, el jornal por hora para las siguientes categorías de trabajadores y la remuneración mensual para los ingenieros son:

Trabajadores semicalificados y no calificados ..	25 a 30 centavos
Trabajadores calificados .....	50 a 60 centavos
Mecánicos .....	70 centavos
Secretarios .....	Un dólar
Ingenieros .....	500 a 600 dólares (mensuales)

En Guatemala, los salarios de los trabajadores de categorías similares parecen ser mucho mayores; la diferencia oscila entre el 30% y el 50%.

Si se tienen en cuenta los pagos indirectos y los beneficios en especie, parece que las tasas de salarios de los trabajadores manuales de Centroamérica (con excepción de Guatemala) son una sexta parte de las de los

y los sueldos de los trabajadores calificados y personal administrativo y profesional oscilan entre la mitad y la tercera parte de los niveles correspondientes. Tomando en cuenta el porcentaje relativo de trabajadores no calificados, empleados de administración y profesionales en comparación con el número de trabajadores manuales, el promedio de la remuneración en Centroamérica (con excepción de Guatemala) puede decirse que es de 25% del promedio de los Estados Unidos para la industria de abonos nitrogenados y del 20% para la de envases de vidrio.

Como ya se ha indicado, los costos de la mano de obra están determinados por las tasas de salario y la productividad. Apenas se dispone de información directa sobre el último punto. Basándose en elementos de juicio conexos, la productividad de los trabajadores en un país centroamericano se estableció en algo menos de las dos terceras partes de la productividad en los Estados Unidos<sup>16/</sup>.

Considerando en conjunto la diferencia en las tasas de salarios y en la productividad de la mano de obra, el costo unitario de la mano de obra en Centroamérica es del 40% para la industria de abonos y del 32% para la industria de envases de vidrio, de los costos correspondientes en los Estados Unidos.

---

<sup>16/</sup> En el estudio titulado Productividad de la mano de obra en la industria textil algodonera de cinco países latinoamericanos, de la Comisión Económica para América Latina (No. de venta: 1951:II.G.2), se midió la productividad de la mano de obra en fábricas típicas de los países interesados en función del excedente de la entrada por tal concepto sobre la correspondiente a una fábrica "tipo" utilizada como modelo. Este estudio contiene un análisis del excedente de factores de producción según diversos factores de ineficacia. Los datos demuestran que el excedente de entrada de mano de obra en una fábrica textil moderna atribuible a factores distintos del tamaño del establecimiento o del tipo de equipo osciló entre el 20% para México y el 106% para Chile, con un promedio para todos los países del 61% de la entrada normal. Esta cifra está afectada por otro factor de ineficacia (la modernidad del equipo) y, por lo tanto, tendió a exagerar la ineficacia "neta" de los trabajadores. Sin embargo, este hecho quedó neutralizado porque el promedio de todos los países está muy influido por los datos correspondientes a zonas relativamente bien industrializadas, como Sao Paulo y México. A la luz de lo que antecede, se consideró razonable para Centroamérica un 60% de "excedente de entrada de mano de obra", lo que corresponde a una pérdida de productividad del 40%.

Con respecto a los desembolsos de capital, el costo del equipo importado entregado en fábrica será de un 30% a un 40% mayor que en los Estados Unidos. En cambio, según la información reunida en la región, el costo de la instalación del equipo y de la construcción de edificios en los países resultaría aproximadamente igual. La inversión global en capital fijo es un 25% más elevada que en los Estados Unidos. Los elementos de los costos de capital tienen las características que describimos a continuación:

Se ha supuesto que la tasa de depreciación es igual en Centroamérica y en los Estados Unidos, en la hipótesis de que la vida del equipo y de los edificios resulta idéntica. Como el valor del capital invertido se calcula que es en Centroamérica un 25% mayor que en los Estados Unidos, el costo absoluto de la depreciación también será un 25% más elevado.

Respecto a los costos de mantenimiento y conservación, ya se ha calculado que en Centroamérica la mano de obra cuesta del 32% al 40% y el equipo importado del 130% al 140% de las respectivas cifras en los Estados Unidos. Basándose en la práctica norteamericana de asignar cantidades iguales para los gastos de mano de obra y repuestos, los citados costos parecen ser del 80% al 90% de las cifras de los Estados Unidos.

El total de los otros dos conceptos, o sea los cargos diversos (impuestos, seguros, etc.) y el rendimiento normal del capital, se calcula en un 40% más que en los Estados Unidos en relación con el valor del capital invertido, o en un 75% más en términos absolutos (dejando una vez más margen para el hecho de que el valor del capital invertido se calcula en Centroamérica en un 25% más que en los Estados Unidos).

Combinando los cuatro elementos del costo y teniendo en cuenta la parte relativa que les corresponde en los costos globales (véanse las notas de los cuadros 1 y 2), los costos globales en términos absolutos parecen ser un 45% mayores en la industria de los abonos y un 35% en la industria de envases de vidrio<sup>17/</sup>

En el cuadro 3 se resumen los índices de los tres componentes principales de los costos en las industrias de Centroamérica que se examinan.

---

<sup>17/</sup> La cifra correspondiente a la industria de envases de vidrio es menor porque el porcentaje de los gastos de mantenimiento y conservación resulta más elevado.

COSTOS DE PRODUCCION EN LOS ESTADOS UNIDOS  
Y EN CENTROAMERICA PARA FABRICAS DE DIFERENTES TAMAÑOS

Gráfico IA

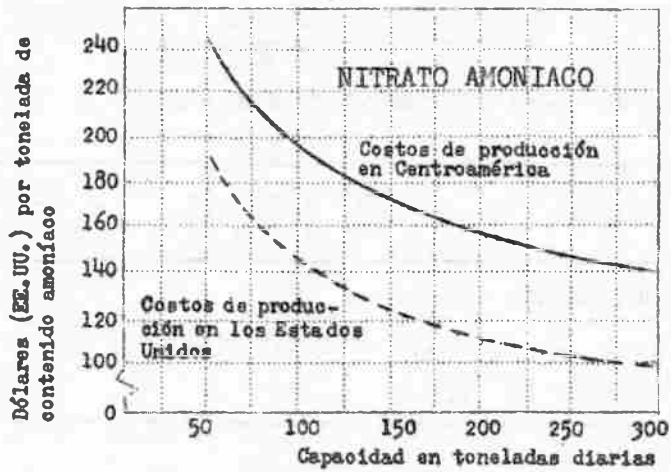
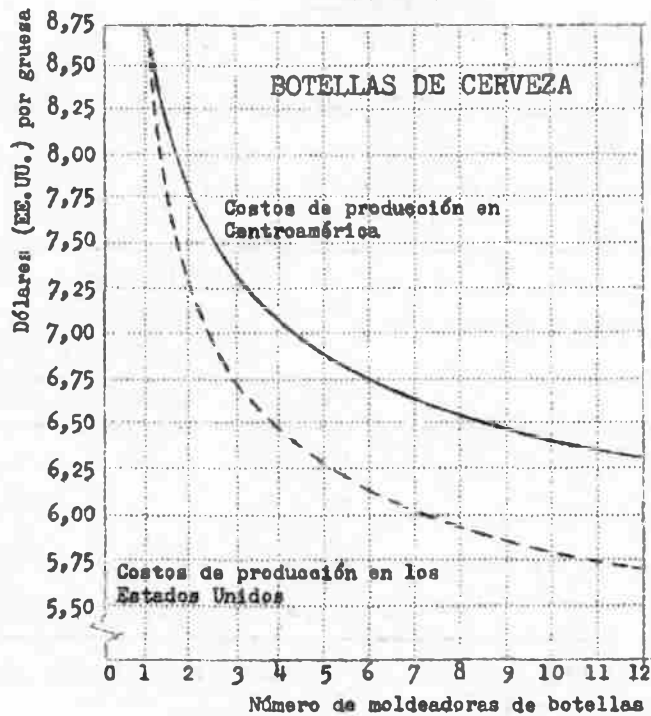


Gráfico IB



Fuente: Cuadros 1, 2, 4 y 5.

Cuadro 3

INDICES DE LOS COSTOS POR CATEGORIAS PRINCIPALES,  
EN DOS INDUSTRIAS DE CENTROAMERICA

(Costos de los Estados Unidos = 100)

COMPONENTES DE LOS COSTOS	Industria de abonos	Industria de envases de vidrio
Materias primas y suministros .....	200	150
Mano de obra .....	40	32
Capital (todos los elementos) .....	145	135

Cuadro 4

CENTROAMERICA: COSTO CALCULADO DE LA PRODUCCION DE  
NITRATO AMONICO SEGUN LA CAPACIDAD DE LA FABRICA

(Dólares de los EE.UU. por tonelada corta de  
contenido de amoníaco, a precios de 1957)

RUBRO	CAPACIDAD DE LA FABRICA (toneladas cortas de producción diaria)			
	50	100	150	300
Materias primas y suministros .....	54,0	54,0	54,0	54,0
Mano de obra .....	18,4	11,5	9,2	6,9
Costos de capital .....	170,2	129,5	109,6	83,1
TOTAL	242,6	195,0	172,8	144,0

Fuente: Las cifras se han derivado del cuadro 1 aplicando los índices que  
figuran en el cuadro 3.

Nota: Los datos son aproximados y sólo indican órdenes de magnitud.

Cuadro 5

CENTROAMERICA: COSTO CALCULADO DE LA PRODUCCION DE ENVASES DE VIDRIO SEGUN LA CAPACIDAD DE LA FABRICA

(Dólares de los EE.UU. por gruesa embalada a precios de 1957)

RUBRO	CAPACIDAD DE LA FABRICA (número de moldeadoras de botellas)				
	1	2	4	6	12
Materias primas y suministros ....	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
Mano de obra .....	0,99	0,74	0,62	0,58	0,54
Costos de capital .....	4,07	3,43	2,88	2,60	2,19
TOTAL	8,66	7,77	7,10	6,78	6,33

Fuente: Las cifras se han derivado del cuadro 2 aplicando los índices que figuran en el cuadro 3.

Nota: Los datos son aproximados y sólo indican órdenes de magnitud.

Costos de producción

En los cuadros 4 y 5 y en el gráfico I figuran los costos de producción para las dos industrias examinadas y para fábricas de diferentes tamaños. Los gastos se calculan aplicando a los conceptos correspondientes de los cuadros 1 y 2 los índices de costo resumidos en el cuadro 3.

La comparación de las cifras de los cuadros 4 y 5 con la de los cuadros 1 y 2 permite sacar las conclusiones siguientes:

La parte correspondiente a los costos de la mano de obra en los costos globales de producción es mucho menor en Centroamérica que en los Estados Unidos; así, debido a los salarios mucho más bajos que predominan en los países centroamericanos, la parte de los costos globales imputable a la mano de obra en una fábrica de abonos con una producción diaria de 150 toneladas sería únicamente del 5% en Centroamérica, mientras que en los Estados Unidos llegaría a cerca del 20%. En la industria de envases de vidrio, para una fábrica con seis moldeadoras, la cifra correspondiente sería de 8% a 9%, en comparación con cerca de un 30%.

/Los costos

Los costos globales de producción en Centroamérica resultan mucho más favorables comparados con los de los Estados Unidos en la industria de envases de vidrio, que exige más mano de obra que la de abonos. El costo de producción de esos envases es un 2% mayor que en los Estados Unidos para una fábrica con capacidad mínima (una moldeadora) y un 11% para una fábrica relativamente grande (con 12 de dichas máquinas). En la industria de los abonos, la diferencia de costos suele oscilar entre un 27% y un 42%, según el tamaño de la fábrica.

El aumento de los costos de producción en correspondencia con la disminución del tamaño parece ser más lento en Centroamérica que en los Estados Unidos; en otras palabras, parece que en la primera región el factor tamaño afecta menos los costos de producción. Esto se debe sobre todo al mayor porcentaje que en los costos totales tienen los costos unitarios de las materias primas y suministros, que se supuso son independientes del tamaño.

#### DETERMINACION DEL TAMAÑO MINIMO DE LA FABRICA

##### Generalidades

Los dos ejemplos ya presentados de funciones de costo ilustran el hecho de que los gastos de producción resultan relativamente elevados en las unidades productoras pequeñas y tienden a disminuir mucho en las fábricas de mayor tamaño. Por otra parte, se puede suponer lógicamente que los precios de los productos importados (que en gran parte se determinan por los precios vigentes en los principales países productores y por los gastos de transporte) serán casi independientes del volumen de importaciones<sup>18/</sup>. Como ya se ha indicado, el tamaño mínimo de la fábrica para que la producción nacional esté en condiciones de competir es aquel en que los gastos de producción interna son iguales a los precios de importación. La cuestión ulterior de si la producción nacional está justificada desde el punto de vista económico dependerá del volumen y de otras características del mercado interno.

---

<sup>18/</sup> El precio puede ser un poco más bajo si se hacen compras en gran escala por contrato; además, se logran economías proporcionales en el transporte. Este hecho se podría tomar en cuenta sin mayor dificultad.

Puede haber razones de mucho peso para que un país inicie una industria nacional cuando el mercado interno no justifica la creación de una fábrica ni siquiera de tamaño mínimo, o cuando ni siquiera existe un tamaño mínimo que se ajuste a la definición que hemos dado (es decir, cuando toda la curva de los gastos de producción en el país está por encima del precio de importación). Tales razones pueden estar relacionadas con la política de sustituir las importaciones para ahorrar divisas, proporcionar oportunidades de empleo a los trabajadores u otras consideraciones.

Los costos de distribución no afectarán sensiblemente la situación cuando sean casi iguales para el producto nacional y el importado (por ejemplo, si la fábrica proyectada se encuentra cerca del principal puerto de entrada de las importaciones). Sin embargo, en muchos casos las importaciones pueden entrar por varios lugares según la ubicación de los principales centros consumidores, lo que quizá les dé ventajas en la competencia con los productos nacionales, sobre todo si éstos se obtienen en una sola fábrica, sea cual fuere su ubicación; ello haría que se eleve la cantidad mínima económica.

Además, el precio de importación que se debe considerar desde el punto de vista del empresario privado, es el de venta del producto competidor en el mercado interno, en el que están incluidos los derechos de importación. Al evaluar la economía de la producción interna desde el punto de vista de la economía nacional, es evidente que no tendrá que tomarse en cuenta este último factor. Por lo tanto, el tamaño económico "mínimo" tendrá distinta magnitud según se considere desde el punto de vista del empresario privado o de la economía nacional.

Al establecer el tamaño económico mínimo de la fábrica se pueden presentar los siguiente casos:

a) Suponiendo que el mercado absorbe la producción a plena capacidad, los gastos de producción en una fábrica nacional del tamaño más pequeño compatible con la técnica resultan menores que el precio del producto importado competidor. En este caso, la producción interna será económicamente viable y la capacidad dependerá de la magnitud del mercado.

/b) Toda la

b) Toda la curva de costos se encuentra por encima del precio del producto importado competidor. En este caso, no existe ninguna capacidad para la cual la producción nacional resulte económicamente viable a base de precios de competencia.

c) La curva de costos corta la línea de los precios de importación. El punto donde se encuentran determinará la producción mínima económica.

Al evaluar el mercado pueden tomarse los datos sobre las importaciones del país o región como base para preparar los primeros cálculos, aunque posiblemente hayan de hacerse algunos ajustes. Si los productos importados son muy variados y de distintas calidades; habrá que calcular en detalle la parte de la demanda global que se podrá satisfacer con los distintos productos que se piensa fabricar en el país. La posible preferencia por los productos importados puede eliminarse con medidas restrictivas; sin embargo, al estudiarlas hay que investigar el grado en que quizá perjudiquen los intereses de determinados consumidores. También sería apartarse de la realidad suponer, sin más investigaciones, que el mercado nacional o regional podrá ser atendido económicamente en toda su extensión geográfica con la producción interna, sobre todo si piensa establecer una sola unidad productora. Los gastos de transporte por el interior de los países suelen ser mayores cuando se trata de naciones poco desarrolladas. Al mismo tiempo, en muchos casos (por ejemplo, en Centroamérica, debido a su configuración geográfica) los productos importados se pueden entregar económicamente en diversos puertos de entrada bien elegidos, lo cual puede constituir para algunos mercados nacionales una ventaja decisiva en favor de las importaciones por lo que respecta a gastos de transporte. Cuando sucede así, una parte del mercado es económicamente inaccesible para el productor nacional. Esto significa que al hacer una investigación adecuada del mercado, el cálculo de la posible demanda global tendrá que suplementarse con un análisis de la distribución geográfica de dicho mercado.

Por el contrario, ciertos factores pueden afectar en sentido opuesto la probable magnitud del mercado. En el caso de algunos productos con gran elasticidad de la demanda con respecto al precio, podría preverse un mercado mucho mayor si las manufacturas nacionales pudieran venderse a un precio más barato que los productos importados. La experiencia de los países con una

estructura económica comparable podría servir de base para calcular la elasticidad. En otros casos, sobre todo para ciertas industrias básicas, el desarrollo de una fuente interna de suministro constituye de por sí un poderoso factor de estímulo de la demanda del país. Por último, se puede tomar en cuenta la posibilidad de exportar los productos. Sin embargo, no se debe exagerar la importancia de esta fuente de demanda, pues si el artículo exportado no goza de un trato preferente en el comercio exterior tendrá que competir en el mercado internacional con los de los países industrializados; éstos suelen estar en mejor situación por lo que respecta a los costos y quizá a la calidad del producto.

#### Tamaño mínimo de la fábrica en las dos industrias que se analizan

Con fines ilustrativos aplicaremos las consideraciones que anteceden a las dos industrias que se analizan. Los cuadros 4 y 5 muestran para cada una de ellas los gastos de producción con fábricas de diversos tamaños en Centroamérica. Los precios de competencia de los productos importados se calculan en esta región en 210 dólares (EE.UU) por tonelada de contenido de amoníaco para los abonos nitrogenados y en 9 dólares para la gruesa de botellas para cerveza<sup>19/</sup>. Supondremos que estos precios se aplican a cualquier cantidad de importaciones y que permanecen constantes durante toda la vida útil de la fábrica; además, que los costos de distribución son iguales para los artículos de producción nacional y los importados.

En el gráfico 2, la curva de costos para las diversas capacidades de la fábrica de la industria de abonos corta la línea de precios de importación en el punto A, que sirve para establecer el tamaño económico mínimo en 85 toneladas diarias.<sup>20/</sup> Se observará que este punto se desplaza hacia la

---

<sup>19/</sup> Estos precios son un poco más bajos que los de fines de 1957.

<sup>20/</sup> En el caso de las botellas para cerveza, el precio de competencia de las importaciones (9 dólares por gruesa) es más elevado que el costo de producción (8,66 dólares por tonelada) en una fábrica equipada con una moldeadora, que es la capacidad mínima técnicamente posible. Esto entraría dentro de la categoría a) mencionada; es decir, la fábrica con la capacidad más pequeña podría explotarse con un costo económico.

Gráfico 2

DETERMINACION DEL TAMAÑO MINIMO DE LA FABRICA Y DE LA ESCALA DE TAMAÑOS OPTIMOS

(Industria del nitrato amónico)

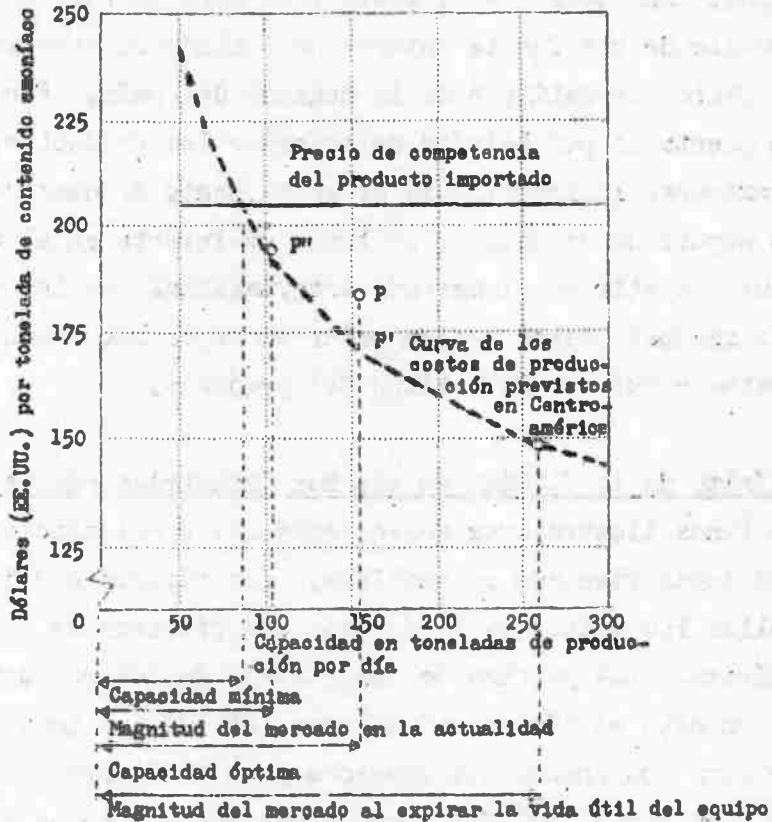
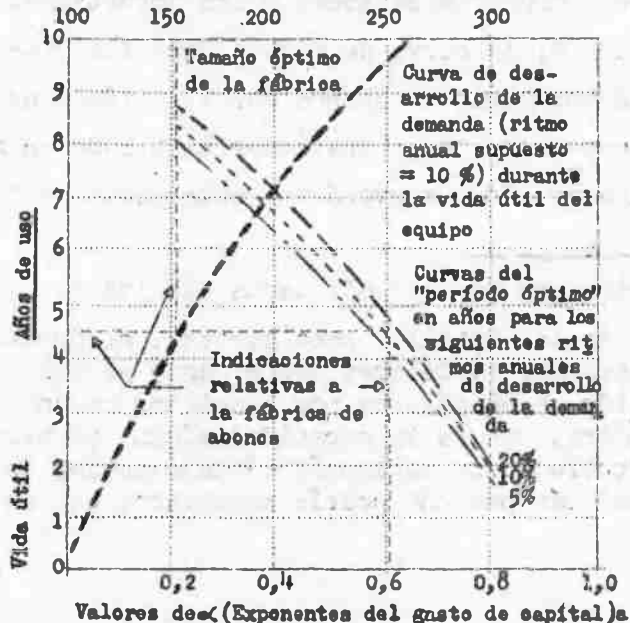


Gráfico 3

DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA FABRICA CUANDO HAY DEMANDA CRECIENTE

Indice del volumen de la demanda (Volumen inicial = 100)



a Los costos anuales globales de capital son proporcionales al desembolso de capital y a la capacidad elevada a la potencia  $\alpha$ .

Nota: Para el método de cálculo, véase el apéndice.

derecha si los costos de producción suben o los precios de importación bajan. Supondremos que el actual mercado de abonos de Centroamérica podría consumir 100 toneladas diarias, dentro de cuya cifra resulta viable la producción económica. El paso siguiente consiste en determinar la capacidad óptima que ha de instalarse, tomando en cuenta no sólo el mercado actual, sino su crecimiento previsible.

#### SELECCION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA FABRICA CUANDO HAY DEMANDA CRECIENTE

Cuando se ha sacado la conclusión de que la creación de la fábrica es económicamente viable, se plantea el problema de elegir su capacidad óptima.

Este problema tiene dos facetas, una de espacio y otra de tiempo. La primera se refiere a la evaluación del mercado ya existente que ha de abastecer la fábrica; la segunda al desarrollo de ese mercado con el transcurso del tiempo. La primera es esencialmente un problema de ubicación y sólo se puede abordar bien si se dispone de datos suficientes acerca de factores tales como la ubicación de las materias primas, las disponibilidades de mano de obra y energía, la distribución geográfica de los centros consumidores, los gastos de transporte, etc. Este aspecto no puede analizarse aquí, pues exige un estudio separado basado en información obtenida en la región.

Por ahora sólo nos ocuparemos de la segunda faceta, es decir, de las ventajas que ofrecería el elegir una capacidad de fábrica superior a las necesidades actuales, previendo que el mercado se desarrollará. El problema que plantea la elección de capacidad óptima consiste en que, mientras una fábrica mayor funcionaría a menos de su capacidad durante el período inicial, una vez que el mercado se haya expandido hasta una magnitud que justifique el trabajo a plena capacidad permitirá obtener más economías de escala y operar con costos menores. Si el tamaño elegido no es bastante grande, disminuirán los beneficios que se obtendrían en el futuro de las economías de escala; si es demasiado grande, la fábrica sólo funcionará a plena capacidad hacia el final de su vida útil, y las economías de escala no compensarán por completo las pérdidas en los gastos de explotación debidas a la capacidad inactiva.

Como ya se ha indicado, si se conocen de antemano la probable vida del equipo y el ritmo de desarrollo del mercado, es posible calcular la capacidad óptima, que sería aquella que permitiese mantener al mínimo los costos globales durante la vida útil del equipo. La capacidad óptima se encontrará en todos los casos entre la que corresponda a la demanda del mercado en el momento en que se construye la fábrica y la que corresponda a la demanda probable en el momento en que hay que renovar el equipo. El problema de la capacidad óptima reviste menos importancia en las industrias donde es posible ampliar gradualmente las instalaciones a medida que se desarrolla el mercado (suponiendo que se prevé esta posibilidad en el momento de construir la fábrica), por la poca pendiente de la correspondiente curva de costos de relación con el tamaño o, dicho de otra forma, por el rendimiento constante en relación con la escala de producción.

En cuanto al método de cálculo, la capacidad óptima se determinará obteniendo primero el llamado "período óptimo" (número de años de desarrollo del mercado desde que empieza a funcionar la fábrica) que corresponde a la capacidad óptima. Una vez que se conoce este período, se halla la capacidad utilizando la curva de desarrollo del mercado.

#### Cálculo del período óptimo

Podemos suponer que los costos de distribución no entran en el cálculo del período óptimo, pues dependen de la configuración geográfica del país y de factores de ubicación relativos al mercado. En cuanto a los costos de producción, ya se ha indicado que las necesidades en materias primas y suministros se supone que son independientes de la capacidad; los costos de mano de obra por unidad de producto tienden a disminuir cuando aumenta el tamaño de la fábrica, pero como la parte que les corresponde en los costos globales es relativamente pequeña, su variación se considerará despreciable para los fines de este cálculo. Por lo tanto, el único elemento del costo que ha de tomarse en cuenta se refiere al capital. La capacidad óptima se ha definido como aquella en que los costos de capital se mantendrán al mínimo durante la vida útil de la fábrica. En el apéndice se explica cómo se calcula el período óptimo correspondiente.

En el gráfico 3 aparecen las curvas de variación del período óptimo

/(tal como

(tal como se ha definido) para diferentes ritmos de expansión de la demanda, como función del exponente del gasto de capital. Dicho exponente ya se mencionó al examinar la variación de los costos relativos a la inversión de capital como función de la capacidad. Entonces se dijo que la inversión de capital suele variar en proporción a una determinada potencia fraccionaria de la capacidad. El exponente del gasto de capital es el valor numérico de esa potencia, que se designa en el cálculo matemático por  $\alpha$ ; también vimos en ese análisis que los costos por unidad relativos al capital son inversamente proporcionales a la capacidad elevada a la  $(1 - \alpha)$  ava. potencia.<sup>21/</sup>

El gráfico demuestra que el período óptimo es más prolongado para los valores menores del exponente del gasto de capital, y viceversa.<sup>22/</sup> Además, indica que el período óptimo sólo varía un poco para los diferentes ritmos de desarrollo del mercado (las curvas sólo se desplazan ligeramente hacia arriba con los ritmos más acelerados de desarrollo).

Los datos del gráfico 3 también aparecen en el cuadro 6.

#### Aplicación al caso de la industria de abonos

Se ha supuesto que el actual mercado de abonos en Centroamérica podría consumir 100 toneladas diarias de nitrato amónico. Ahora supondremos que el mercado se desarrollará con un ritmo anual del 10% durante la vida útil del equipo, que se considera es de 10 años. Esto significa que al terminar la vida de la fábrica, la demanda habrá aumentado un 160%, hasta llegar a algo menos de 260 toneladas diarias. Por último, se ha supuesto que el exponente del gasto de capital es 0,6.

---

<sup>21/</sup> Véase la pág. 15.

<sup>22/</sup> La lógica de este resultado se puede apreciar considerando los casos extremos. Un exponente del gasto de capital próximo a la unidad significaría que los costos por unidad trabajando a plena capacidad serían casi independientes de la capacidad; en otras palabras, apenas se conseguirían economías de escala. Por lo tanto, carecería de sentido construir una fábrica de tamaño mayor que el justificado por el mercado actual (esto sólo produciría pérdidas, debido a la capacidad inactiva en los primeros años). A la inversa, un exponente del gasto de capital próximo a cero indicaría un intenso efecto del tamaño sobre el costo por unidad (a plena capacidad); en tales circunstancias, la capacidad óptima vendría a quedar muy cerca de la magnitud final del mercado.

Cuadro 6

PERIODO Y TAMAÑO OPTIMO EN RELACION CON EL EXPONENTE  
DEL GASTO DE CAPITAL

(Ritmo de desarrollo de la demanda del mercado = 10%  
al año; vida útil del equipo = diez años)

Valor del exponente del gasto de capital a/	Periodo óptimo de crecimiento esperado del mercado, en años	Indices del tamaño óptimo (demanda actual del mercado = 100)
0,2	8,4	225,9
0,4	6,8	189,4
0,6	4,5	153,5
0,8	2,2	123,3

a/ Quizás resulte útil ilustrar la relación entre los diversos valores del exponente del gasto de capital y los valores correspondientes de dicho gasto y de los costos de capital por unidad de producto, en la forma siguiente:

Valor del exponente del gasto	0,2	0,4	0,6	0,8
Indice del gasto de capital necesario para una fábrica de doble tamaño (gasto de capital para el tamaño básico = 100)	115	132	152	174
Indice de los costos de capital por unidad de producto en una fábrica de doble tamaño (costo para la fábrica de tamaño básico = 100)	58	66	76	87

/El gráfico

El gráfico 3 da para estos datos un período óptimo de 4,5 años. El mismo gráfico indica que al terminar este período la demanda del mercado habrá aumentado un 53,5% hasta llegar a 153,5 toneladas diarias, cifra que representa la correspondiente capacidad óptima.

En el gráfico 2, el costo de producción por tonelada correspondiente a esa capacidad es de 172 dólares por tonelada de contenido de amoníaco (punto P'). Sin embargo, esta cifra corresponde a un funcionamiento a plena capacidad, que no se logrará antes de 4,5 años, así que el costo medio de producción durante toda la vida útil será proporcionalmente más alto, llegando a 184,30 dólares por tonelada (punto P). Se observará que este costo todavía es menor que el que se obtendría con una fábrica de 100 toneladas que funcionase a plena capacidad, el cual sería de 195 dólares por tonelada (punto P''). Este hecho ilustra la ventaja, en el caso de un mercado de expansión, de seleccionar una capacidad mayor que la que corresponde a la demanda inicial.

Se observará que se ha dejado sin resolver el problema de cómo satisfacer en la última parte del período el exceso de demanda del mercado sobre la capacidad óptima instalada. Como una solución, ese exceso se podría atender mediante importaciones hasta que termine la vida útil de la fábrica. Entonces se podría construir otra de un nuevo tamaño óptimo, que correspondiese a la demanda global del mercado en ese momento, tomando en consideración el posible desarrollo ulterior de éste. Otra solución posible, sobre todo en aquellos casos en que hay motivos justificados para evitar las importaciones (que podría representar un volumen apreciable), sería constituir, antes de que termine la vida de la primera fábrica, otra segunda cuya capacidad sólo corresponda al exceso de demanda. Esto reduciría proporcionalmente el mercado disponible para la fábrica "sucesora" en el momento en que tuviera que renovarse la primera fábrica; tal solución quizá congelase el costo de la producción nacional en un nivel desfavorable e impidiese que el país se beneficiara de las considerables economías de escala que permite obtener la fábrica de gran capacidad. Este problema se agudiza especialmente en las industrias en que el tamaño influye mucho sobre los costos. Tomando en consideración estos factores, convendría en determinadas circunstancias elegir la capacidad de la nueva fábrica por encima del nivel óptimo, en el sentido que se ha definido con anterioridad.

## MODIFICACION DE LA TECNOLOGIA Y PROLONGACION DE LA VIDA DEL EQUIPO

### Modificación de la tecnología

En los cálculos efectuados en la sección sobre estructura de los costos de las dos industrias en Centroamérica se supuso que la tecnología en esa región y en los Estados Unidos es idéntica, y sobre todo que en el proceso permanece constante la composición cuantitativa (combinación) de los principales factores de producción (mano de obra y capital).<sup>23/</sup> Ahora flexibilizaremos esta hipótesis de tecnología invariable. En muchos casos se pueden usar distintos procesos que requieren diferentes cantidades relativas de capital y mano de obra. Además, en casi todos los procesos de producción existe alguna flexibilidad en este sentido.

En los países económicamente adelantados, la combinación de factores de los procesos industriales se ajusta a los costos relativos del capital y mano de obra. Se puede conjeturar que en los países insuficientemente desarrollados, donde existe una relación distinta entre el costo de factores, la combinación de factores de costo mínimo exigirá el correspondiente reajuste en los procesos de producción.<sup>24/</sup> Cifrándonos al problema que se examina, una modificación de técnica que dé por resultado una entrada relativamente mayor de mano de obra (que es el factor menos costoso) y una reducción profesional de las necesidades de capital, tenderá a hacer bajar el punto de capacidad mínima.

En los Estados Unidos, se calcularon como se indica a continuación los costos anuales correspondientes a una inversión de 100.000 dólares en las dos industrias que se analizan:

---

<sup>23/</sup> Sin embargo, la necesidad de más mano de obra se puede deber a la menor productividad de los trabajadores en las regiones insuficientemente desarrolladas.

<sup>24/</sup> Véanse los artículos "Densidad de capital en la industria de los países insuficientemente desarrollados", "Selección de técnicas en la planificación industrial", y "La densidad de capital en la construcción de grandes obras de ingeniería", en Industrialización y Productividad, Boletín No.1.

	Industria de abonos	Industria de envases de vidrio
	(Dólares)	
Depreciación .....	10.000	10.000
Mantenimiento y conservación, seguros, etc. ....	6.000	12.000
Rendimiento del capital .....	12.000	12.000
TOTAL	28.000	34.000

El salario anual medio de un trabajador - correspondiente a 50 semanas de 40 horas a razón de 2,50 dólares por hora, incluidos los seguros sociales y otros pagos conexos - es de 5.000 dólares. Así, pues, el costo anual de inversión en equipo oscila entre  $\frac{5.000}{28.000} \times 100.000 = 18.000$  y

$\frac{5.000}{34.000} \times 100.000 = 15.000$  dólares. En otras palabras, cada vez que se puede sustituir un trabajador por equipo, cuyo costo anual es inferior a 18.000 dólares (en la industria de abonos) o a 15.000 dólares (en la industria de envases de vidrio), se logra una ganancia neta en los gastos de producción.

Si se aplica este cálculo a Centroamérica utilizando los datos sobre costos que figuran en el cuadro 3, las equivalencias respectivas para las dos industrias serán  $18.000 \times \frac{0,40}{1,45} = 5.000$  y  $15.000 \times \frac{0,32}{1,35} = 3.500$  dólares.

Como ejemplo de sustitución de mano de obra por equipo en el caso de la industria de envases de vidrio, se pueden mecanizar en distinto grado varias operaciones accesorias, tales como la descarga, traslado y mezcla de materias primas y la manipulación de los productos acabados. Según la información fragmentaria de que se dispone, parece que hay posibilidades de economizar en equipo sustituyéndolo por mano de obra, a razón de 10.000 dólares de equipo por trabajador, sobre todo en las fábricas pequeñas. En los Estados Unidos no estaría justificada tal institución, pues el empleo de un trabajador más agrega a los costos tanto como el uso de 15.000 dólares de equipo.

/Sin embargo,

Sin embargo, si lo está en Centroamérica, donde el mismo aumento de la mano de obra sólo equivale en costos al uso de equipo por valor de 3.500 dólares.

A este respecto, hay que señalar que el problema de la utilización más económica de los recursos de capital en los países insuficientemente desarrollados se puede abordar de una forma más básica modificando los procedimientos y el equipo para adaptarlos a los recursos disponibles en esas regiones (tales como el capital y la mano de obra calificada).

La tendencia del diseño del equipo industrial corriente en los países industrializados ha sufrido la influencia del aumento secular de la capacidad en la mayoría de sus industrias y de la demanda de procesos y equipo que economicen el uso de mano de obra. Por lo general, se han descuidado las investigaciones para diseñar equipo que tenga un rendimiento igualmente elevado en las operaciones en pequeña escala y con un uso relativamente más abundante de mano de obra. Sin embargo, es de esperar que los estudios sistemáticos de esta cuestión mediante la colaboración de los institutos de investigaciones y fabricantes de máquinas en los países económicamente adelantados y en los menos desarrollados proporcionen beneficios tangibles a estos últimos, sobre todo cuando se encuentran en la fase inicial de su desenvolvimiento industrial. También podrían realizarse estudios análogos para crear equipo básico de usos múltiples que podría utilizarse en las industrias elaboradas; esto exigiría asimismo que se rectificase la actual tendencia de las investigaciones sobre diseño, que tienen por objeto crear un equipo cada vez más especializado.

#### Intensificación del mantenimiento y reparación

La vida útil de una determinada pieza del equipo no es necesariamente de una magnitud fija, sino que puede hacerse variar dentro de ciertos límites. La prolongación de esa vida haría disminuir las cargas anuales por intereses y depreciación; al mismo tiempo, es probable que diera por resultado costos de mantenimiento y reparación cada vez más altos, al ir envejeciendo el equipo. Tomando en consideración la variación en sentido opuesto de estos elementos, hay un valor óptimo para la vida útil que,

/como primera

como primera aproximación, corresponde al costo mínimo total en el transcurso de los años de uso.<sup>25/</sup>

En igualdad de condiciones, los componentes de intereses y depreciación son proporcionales al costo del equipo, que suele resultar más elevado en los países insuficientemente desarrollados; además, los tipos de interés también suelen ser más altos que en los países industrializados. En cambio, los gastos de mantenimiento y reparación se componen en gran parte de mano de obra, que puede contratarse más barata en esos países. En conjunto, estos factores parecen favorecer la política de prolongar la vida útil del capital fijo.

Desde luego, tal política sólo se justifica si el equipo cuya vida se prolonga no está en peligro de quedar técnicamente inútil por su antigüedad. Es una práctica industrial corriente - cuando se inventa un nuevo procedimiento técnico o se mejora uno existente o cuando el gusto público experimenta un cambio que exige un modelo radicalmente diferente del producto - sustituir el equipo instalado incluso antes de que esté físicamente desgastado.

Es cierto que en los países industrializados un factor importante para declarar anticuado el equipo es el aumento de los salarios, que constituye un incentivo para introducir equipo más económico y procesos que requieran menos mano de obra. Sin embargo, no es muy probable que en los países insuficientemente desarrollados se sienta la presión de la obsolescencia a causa de este factor.<sup>26/</sup>

---

<sup>25/</sup> El cálculo más detallado tendría que tomar en consideración factores tales como la obsolescencia y las pérdidas de producción causadas por las averías cada vez más frecuentes.

<sup>26/</sup> En determinadas circunstancias, quizá resulte ventajoso para los países menos desarrollados adquirir equipo que, aunque apto para producir artículos de calidad satisfactoria, esté siendo sustituido en los países industrializados por equipo que economice mano de obra, o se esté abandonando debido a un cambio radical en el tipo de producto que exigen los consumidores. Equipo de esa clase se puede obtener por lo general en condiciones ventajosas. Sin embargo, en la obsolescencia del material industrial pueden intervenir otros factores, así que el problema del uso de tal en los países menos desarrollados se debe abordar con gran cautela.

El examen completo del problema de determinar en la práctica cuál es la vida óptima del equipo merece por sí un estudio especial. En esta ocasión, sólo haremos unas cuantas observaciones acerca de los factores que entran en juego.

La vida óptima se determina fundamentalmente por: i) el volumen físico de mantenimiento y reparaciones requeridos y su variación con la edad del equipo, y ii) el costo del mantenimiento en relación con el del equipo. El primero de estos elementos suele variar de una industria a otra, pero es esencialmente igual en los países desarrollados y en los menos adelantados. Por el contrario, el segundo elemento puede ser muy diferente de un país a otro, según los precios relativos de la mano de obra y el capital, y esta diferencia es la que justifica la prolongación de la vida útil del equipo industrial en los países insuficientemente desarrollados mediante mayores actividades de mantenimiento y reparaciones a base de un uso intensivo de mano de obra. Otras posibilidades que se pueden tomar en consideración a este respecto es la sustitución de los repuestos por mano de obra en el mantenimiento y reparaciones, y la fabricación en el país de repuestos para reemplazar a los importados, lo cual aumentaría aún más el contenido de mano de obra del capital en uso y reduciría los costos en correspondencia. Aparte de estas ventajas y ahorros conexos en divisas, los países insuficientemente desarrollados dispondrán así de una escuela práctica para ampliar los conocimientos mecánicos (que suelen ser deficientes) y, en algunos casos, les proporcionaría el núcleo de una industria nacional de construcción de maquinaria.

Para citar un ejemplo, examinaremos la prolongación de 10 a 15 años de la vida de la fábrica en la industria de abonos.<sup>27/</sup> Supondremos que esa prolongación puede lograrse con un volumen mayor de mantenimiento y reparaciones, de tal modo se duplicaría el costo medio anual por este concepto. Para una inversión de 1.000.000 de dólares en la columna (1) del cuadro 7 aparecen los costos anuales de depreciación y mantenimiento en los Estados Unidos, basados en la práctica industrial de ese país y

---

<sup>27/</sup> El período de 15 años se ha elegido arbitrariamente para fines ilustrativos. El procedimiento ya descrito servirá para determinar si esta cifra representa en calidad la vida óptima.

suponiendo una vida normal de 10 años. La prolongación de esa vida hasta los 15 años originaría un aumento de los costos, como puede verse en la columna (2) del cuadro. Tal prolongación resultaría antieconómica dentro de las condiciones de costos que existen en dicho país.

Para la región centroamericana, los costos del equipo importado (incluidos los repuestos) y de la mano de obra se han calculado antes en un 135% y 40% respectivamente, de los correspondientes a los Estados Unidos. En las columnas (3) y (4) se convierten las cifras que aparecen en las columnas (1) y (2) utilizando esos coeficientes. Las cifras demuestran que en Centroamérica la prolongación de la vida útil permitiría ahorrar, suponiendo que se utilicen las mismas técnicas de mantenimiento, hasta un 6% del total, con lo cual quedaría justificada.

Ya se ha dicho que resultaría ventajoso para los países menos desarrollados realizar las operaciones de mantenimiento y reparación con una cantidad relativamente mayor de mano de obra que de repuestos. Se supone que esta sustitución es posible y que el número de trabajadores se puede aumentar en la misma proporción en que disminuye el uso de repuestos. Los datos se han calculado de nuevo en las columnas (5) y (6) del cuadro 7. Las cifras demuestran que se puede ahorrar el 17% de los costos de mantenimiento y reparación aplicando técnicas con más densidad de mano de obra; si se prolongase la vida hasta 15 años, el ahorro en los costos globales podría llegar al 10%. En tales condiciones, es muy conveniente prolongar esa vida de 10 a 15 años.

El enfoque sistemático del estudio de estos problemas exige que se reúnan y analicen multitud de datos basados en las prácticas industriales sobre los requisitos físicos del mantenimiento y reparación del equipo según su edad en las diversas industrias, incluido el número de horas-hombre de trabajo y los repuestos que se necesitan, las posibilidades de modificar el porcentaje de ambos factores y los datos pertinentes sobre costos. Se trata indudablemente de una labor muy amplia, que para poder realizarse con eficacia requiere el esfuerzo coordinado de las organizaciones de investigación técnica públicas o privadas, de las instituciones académicas y de las asociaciones industriales, tanto en los países avanzados como en los menos desarrollados. Sin embargo, se cree que la importancia del problema es suficiente para que justifique el uso de los recursos necesarios.

Cuadro 7

DATOS COMPARATIVOS SOBRE LOS COSTOS DE DEPRECIACION Y MANTENIMIENTO DE UNA FABRICA  
DE ABONOS NITROGENADOS CON UNA VIDA UTIL DE 10 6 15 AÑOS

(Miles de dólares de los EE.UU. por 1.000.000 de dólares de inversión  
en los Estados Unidos)

RUBRO	América Central					
	Estados Unidos		Mismas técnicas de mantenimiento y reparaciones de los Estados Unidos		Mayor uso relativo de mano de obra en mantenimiento y reparaciones	
	Diez años	Quince años	Diez años	Quince años	Diez años	Quince años
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Depreciación .....	100	67	135	90	135	90
Mantenimiento, conservación y reparaciones	40 <sup>a/</sup>	80	35	70	29	58
Mano de obra .....	20 <sup>b/</sup>	40	8	16	14,5	29
Repuestos .....	20 <sup>b/</sup>	40	27	54	14,5	29
TOTAL	140	147	170	160	164	148

a/ Véase el cuadro 1.

b/ Conforme a la práctica actual en los Estados Unidos, los costos de mantenimiento y reparaciones se dividen aproximadamente por igual entre mano de obra y repuestos.

/CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

En este informe se ha tratado de sintetizar el punto de vista de los ingenieros a quienes corresponde analizar los problemas técnicos y de costos de la industria y diseñar las instalaciones productivas, y el de los economistas y administradores que preparan programas y evalúan proyectos industriales desde un punto de vista económico más general, organizan la política económica y adoptan las medidas adecuadas.

A base de los datos técnicos de dos industrias en las condiciones de funcionamiento que suelen existir en los países industrializados, se ha tratado de destacar algunos de los problemas económicos que plantea el establecimiento de las mismas industrias en una región insuficientemente desarrollada, y de ver hasta qué punto se podría generalizar el método aplicándolo a otras industrias.

Aunque los datos que se usan solamente indican órdenes de magnitud y las conclusiones obtenidas son sólo provisionales, parece que el método de trabajo que se sugiere en este artículo se podría usar para examinar problemas análogos en otras regiones. Los cálculos de los desembolsos en inversiones y costos y la comparación con los precios a que pueden importarse los productos y la magnitud del mercado que hay que atender, pueden proporcionar una guía muy útil a los industriales y a las autoridades públicas para evaluar la cuantía de las inversiones en una determinada industria y la probabilidad de realizarlas.

Este hecho sugiere que quizá fuese muy útil desde el punto de vista práctico iniciar estudios sistemáticos y concretos de esta clase en otras industrias, seleccionadas sea porque son especialmente importantes para el desarrollo de las regiones menos adelantadas o porque corresponden a las necesidades especiales de determinadas regiones. Tales estudios demostrarían indudablemente que algunas industrias (sobre todo las que puedan hacer un uso más intenso de mano de obra relativamente barata) podrían establecerse en condiciones bastante favorables y merecerían especial atención. Así, pues, basándose en este estudio, parece que la industria de envases de vidrio en Centroamérica se encontraría en buenas condiciones al respecto.

A tal efecto resultaría útil - aunque el trabajo requerido sería muy grande - que los centros de investigación de las universidades o institutos técnicos trataran de reunir una documentación sistemática y coherente sobre la estructura de los costos de un país industrializado (por ejemplo, los Estados Unidos) de muchos productos industriales y sobre la variación de tales costos en relación, por ejemplo, con el tamaño de la fábrica, tomando en cuenta todos los factores que influyen en esa relación. Entonces sería posible determinar, aunque sólo fuera de una manera aproximada, el tamaño mínimo de la fábrica que permitiría obtener tales productos con determinados niveles de costo de las materias primas, salarios y equipo. Los datos provisionales que figuran en este artículo parecen indicar que en las regiones menos desarrolladas el tamaño mínimo quizá sea con frecuencia menor que el tamaño medio de las fábricas en los países industrializados más antiguos.

Más aún, quizá sea muy importante para las posibilidades de desarrollo industrial en las regiones poco industrializadas que los fabricantes del equipo actualmente en demanda en esas regiones orienten sus estudios hacia el diseño de tipos adecuados para lograr un rendimiento óptimo con capacidad inferior a la normal en los países muy desarrollados. Disminuyendo así el tamaño mínimo para que puedan establecerse y funcionar de una manera económica industrias vinculadas a un mercado interno generalmente limitado, se facilitaría mucho la industrialización en las fases iniciales.

La misma serie de datos también proporcionaría una base sistemática para evaluar el tamaño óptimo de la fábrica que se va a establecer, teniendo en cuenta las características peculiares del mercado en lo que se refiere a magnitud, distribución geográfica y desarrollo previsto. En este artículo se ha tratado de delinear un método que podría utilizarse para tal evaluación.

La necesidad de ampliar todo lo posible las oportunidades de empleo y de aprovechar el capital disponible con la mayor parsimonia, suele ser preocupación importante de los gobiernos que preparan planes o programas de fomento económico. Esto significa que hay que estudiar la forma de adecuar al empleo relativo la mano de obra y capital en las industrias a las cantidades de que se dispone. En este estudio se ha tratado de demostrar

/que un

que un grado de mecanización menor que el habitual en los países industrializados, además de corresponder en general a consideraciones de política económica nacional, permitiría disminuir los costos, y así sería atractivo desde el punto de vista del empresario privado. Por lo tanto, el problema del tamaño de la fábrica está relacionado con el de la intensidad de capital, pues implica un análisis de las posibles ventajas de sustituir cierta cantidad de equipo por mano de obra (es decir, de utilizar procedimientos técnicos menos mecanizados, en vez de procedimientos que requieran una mayor intensidad de capital). Se ha observado que algunas actividades accesorias del proceso de producción (por ejemplo, la manipulación de materiales) permiten esa sustitución sin afectar el rendimiento del proceso ni la calidad del producto. Si se realizaran estudios apropiados de procedimientos básicos de producción, quizás se encuentren posibilidades mucho más importantes de sustitución. En caso de que los realizasen los productores de equipo, exigirían que se modificara algo la orientación de sus investigaciones sobre el diseño; de hecho, en muchos casos tendrían que ir en contra de la actual tendencia, cuyo objetivo principal es economizar mano de obra. Ya se ha dicho que los institutos de investigaciones técnicas públicas y privadas de los países adelantados y menos desarrollados podrían hacer con ventaja tales estudios.

De manera análoga, se indicó que la vida probable del equipo puede modificarse dentro de límites bastante amplios. La vida más prolongada significa más mantenimiento y reparación y, como estas actividades utilizan relativamente mucha mano de obra, se ha sugerido que en los países menos desarrollados conviene desde el punto de vista económico prolongar la vida del equipo más allá del plazo que se considera normal en los países industrializados. Tal prolongación con más actividades de mantenimiento y reparación permitiría ahorrar una importante cantidad de capital y afectaría, en consecuencia, el porcentaje relativo de capital y mano de obra entrados, en beneficio de este último factor. En este aspecto, también parece conveniente iniciar una amplia investigación sobre el costo real del mantenimiento y reparación en relación con la edad del equipo (incluida la frecuencia y duración de las averías para las diferentes industrias) y las posibilidades de utilizar mano de obra en vez de repuestos en las tareas de mantenimiento y reparación.

Cálculo del tamaño óptimo de la fábrica con demanda creciente

Como ya se ha indicado en las páginas anteriores, se considera el tamaño óptimo de la fábrica aquel para el cual los costos unitarios medios de capital son mínimos durante toda la vida útil del equipo. Estos costos se obtienen mediante una fracción, cuyo numerador es el total de costos de capital (C) y cuyo denominador es la producción total (P) durante la vida útil del equipo. Así, pues, la fórmula del valor mínimo es:

$$\frac{C}{P} = \text{mínimo} \quad (1)$$

Sea N la vida útil del equipo, en años, y

n el período correspondiente al tamaño óptimo, que con anterioridad se denominó "período óptimo".

Sea también:

$$d_i = d_0 \cdot f(i) \quad (2)$$

(i = 1, 2, 3, ...)

la función que expresa la demanda probable después de transcurridos i años en relación con la demanda inicial (o actual),  $d_0$ .

El valor de C será proporcional al gasto de inversión con una capacidad,  $d_n$ , correspondiente al período óptimo, n, o sea

$$C = k [d_0 \cdot f(n)]^\alpha \quad (3)$$

siendo  $\alpha$  el exponente de gasto de capital, tal como se ha definido, y k una constante.

El valor de P es la suma de la producción durante N años, suponiendo que la producción anual de los n primeros años aumentará con la demanda del mercado hasta que se logre la plena capacidad (óptima), después de lo cual la producción se mantendrá constante a este último nivel. Así, pues:

$$P = d_0 [0,5 + f(1) + f(2) + \dots + f(n-1) + (N - n + 0,5) f(n)] = d_0 \cdot A \quad (4)^{1/}$$

en donde A es el valor de la expresión entre paréntesis

Sustituyendo en la ecuación (1) los valores de C y P que figuran en (3) y (4) tendremos:

$$\frac{C}{P} = \frac{k [d_0 \cdot f(n)]^\alpha}{d_0 \cdot A} \quad (5)$$

1/ El valor de  $f(1)$  se refiere al término del año íésimo, que se considera como el punto medio del período: (1-0,5) a (1+0,5).

El valor mínimo de la fracción  $\frac{C}{P}$  se puede hallar calculando el valor mínimo del segundo miembro de la ecuación (5), que es función de n. El valor de n correspondiente a ese mínimo es el "período óptimo".

Como k,  $d_0$  y  $\alpha$  son constantes, es evidente que el valor mínimo de

$$\frac{k [d_0 f(n)]^\alpha}{d_0 A}$$

corresponde al valor mínimo de

$$\frac{[f(n)]^\alpha}{A}$$

El valor mínimo de  $\frac{[f(n)]^\alpha}{A}$  se calculará en los dos casos especiales que figuran a continuación:

1. El desarrollo de la demanda se efectúa a un ritmo que tiene el valor compuesto anual r.

Si suponemos que  $R = 1 + r$ ,

$$[f(n)]^\alpha = R^{n\alpha} \quad (6)$$

y

$$\begin{aligned} A &= 0,5 + R + R^2 + \dots + R^{n-1} + (N - n + 0,5) R^n \\ &= 0,5 \frac{R+1}{R-1} (R^n - 1) + (N - n) R^n \end{aligned} \quad (7)$$

El valor mínimo de la fracción  $\frac{R^{n\alpha}}{A}$  corresponderá al valor de n para el cual:

$$\frac{d}{dn} \frac{R^{n\alpha}}{A} = \frac{d}{dn} \frac{R^{n\alpha}}{0,5 \frac{R+1}{R-1} (R^n - 1) + (N - n) R^n} = 0 \quad (8)$$

o

$$\frac{1}{R^n} = \frac{2}{\alpha} \cdot \frac{R-1}{R+1} \left[ \frac{1}{\log_0 R} - (1 - \alpha) (N - n) \right] - \frac{1 - \alpha}{\alpha} \quad (9)$$

Se puede demostrar<sup>2/</sup> que con ritmos moderados de desarrollo, en que el valor de R no superará

2/ En efecto:  $\frac{R-1}{R+1} \cdot \frac{1}{\log_0 R} = \frac{1}{\log_0 R \frac{R+1}{R-1}}$

Sea:  $R = 1 + \frac{1}{n}$ ; entonces:  $\log_0 R \frac{R+1}{R-1} = \log_0 \left(1 + \frac{1}{n}\right)^{2n+1}$

Para los valores de R próximos a la unidad, n será grande y, por lo tanto:

$$\log_0 \left(1 + \frac{1}{n}\right)^{2n+1} \approx \log_0 \left(1 + \frac{1}{n}\right)^{2n} \approx \log_0 E^2 \approx 2.$$

mucha la unidad, el valor de

$$\frac{R-1}{R+1} \cdot \frac{1}{\log_e R}$$

se aproxima a  $\frac{1}{2}$ . Así, la ecuación (9) se convierte en

$$\frac{1}{R^n} = 1 - 2 \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot \frac{R-1}{R+1} (N-n) \quad (10)$$

Aplicación al caso de la industria de abonos nitrogenados

Suponiendo que  $\alpha = 0,6$ ;  $N = 10$  y  $r = 0,1$  ( $R = 1,1$ ), la ecuación (10) se convierte en:

$$\frac{1}{1,1^n} = 1 - 0,0635 (N-n) \quad (11)$$

Esta ecuación se puede resolver gráficamente; el valor de  $n$  corresponde al punto donde la curva  $\frac{1}{1,1^n}$  corta la recta  $1 - 0,0635 (N-n)$ . La solución da un período óptimo  $n = 4,5$ .

2. Como el desarrollo de la demanda es una función lineal y el incremento anual es  $\Delta d_0$ , tenemos:

$$d_1 = d_0 + \Delta d_0 \cdot 1 = d_0 (1 + \Delta)$$

en este caso:

$$[f(n)]^\alpha = (1 + \Delta n)^\alpha$$

y

$$\begin{aligned} A &= 0,5 + (1 + \Delta) + (1 + 2\Delta) + \dots + [1 + (n-1)\Delta] + \\ &+ (N-n+0,5) \cdot (1 + \Delta n) = N(1 + \Delta n) - \frac{\Delta n^2}{2} \end{aligned} \quad (12)$$

El valor mínimo de la fracción  $\frac{(1 + \Delta n)^\alpha}{A}$  corresponde al valor de  $n$ , tal que:

$$\frac{d}{dn} \frac{(1 + \Delta n)^\alpha}{A} = \frac{d}{dn} \frac{(1 + \Delta n)^\alpha}{N(1 + \Delta n) - \frac{\Delta n^2}{2}} = 0 \quad (13)$$

o sea:

$$(1 - 0,5\alpha) \Delta n^2 + [1 - (1 - \alpha) \Delta N] n - (1 - \alpha) N = 0 \quad (14)$$

Si se aplica esta fórmula a la industria de abonos nitrogenados, suponiendo que  $\alpha = 0,6$ ;  $N = 10$  y  $\Delta = 0,1$ , la ecuación (14) se convierte en

$$0,07 n^2 + 0,6 n - 4 = 0$$

lo cual da  $n = 4,4$  años.

(En realidad  $(1 + \frac{1}{n})^{2n+1}$  converge mucho más rápidamente hacia  $e^2$  con los valores crecientes de  $n$ , que  $(1 + n)^n$  converge hacia  $e$ . En consecuencia, el valor de  $\frac{R-1}{R+1} \cdot \frac{1}{\log_e R}$  es 0,4986 para  $R = 1,2$ ; 0,4997 para  $R = 1,1$ ; y 0,4999 para  $R = 1,05$ ).