

RESTRINGIDA

E/CEPAL/R.234

23 de julio de 1980

ORIGINAL: ESPAÑOL

---

C E P A L

Comisión Económica para América Latina

LA PLANIFICACION DEL TRANSPORTE MARITIMO: USO DE UN MODELO  
PARA OPTIMIZAR LA ELECCION DE TECNOLOGIA

Documento preparado para las Terceras Jornadas sobre la Navegación en el Mundo Actual, organizadas por la Dirección General de Intereses Marítimos de la Armada del Ecuador, que se llevarán a cabo en Guayaquil del 12 al 15 de agosto de 1980. Versión preliminar sujeta a revisión de forma y fondo.

80-7-1435



INDICE

	<u>Página</u>
1. Resumen .....	1
2. Introducción .....	2
3. Las causas básicas de posibles conflictos de interés en la elección de tecnología marítima .....	9
4. Un modelo matemático para optimizar la elección de la tecnología marítima y su aplicación al análisis del tráfico entre la subregión andina y Japón .....	13
5. Análisis de los resultados de la aplicación del modelo .....	23



1. Resumen

En los últimos veinte años se ha producido una verdadera revolución en la modalidad de transportar la carga general en las rutas marítimas entre los países desarrollados, con la introducción del sistema de unitarización de la carga cuya característica esencial es la sustitución de mano de obra por capital. El sistema resultó muy satisfactorio para los países centrales que lo adoptaron desde 1966, y recientemente su uso se ha extendido también a los países en desarrollo.

Sin embargo, debe tenerse presente que no siempre la unitarización de la carga con arreglo al modelo adoptado por el mundo desarrollado es beneficiosa para otros países.

Al elegir entre distintas alternativas todo decisor probablemente buscará la que le resulte menos onerosa. Así, dos entes diferentes pueden elegir alternativas distintas si cuentan con dotaciones de recursos diferentes. En los países en desarrollo abunda la mano de obra no calificada y escasea el capital, y por lo tanto ellos tienden a preferir alternativas que permitan ahorrar recursos de capital y utilizar su mano de obra. Este es un principio general y rige tanto para elegir la tecnología marítima como la de otros sectores. Pero, aunque los países en desarrollo preferirían usar los buques de línea tradicionales para el transporte de su carga general (para rebajar tanto los costos de los buques mismos como el de los equipos portuarios, y además emplear sus recursos laborales), los intereses marítimos de los países desarrollados en la práctica pueden imponer a los países en desarrollo la tecnología que ellos desean usar en las rutas marítimas que los vinculan con aquéllos.

La CEPAL ha elaborado una metodología matemática sencilla para optimizar la elección de tecnología marítima, desde el punto de vista de distintos sectores, para un tráfico que se mueve en una ruta que vincula una subregión desarrollada y otra en desarrollo.

La metodología emplea como base un modelo de programación lineal. Por medio de la variación de los costos percibidos por los diferentes sectores, el modelo determina cuál sería la alternativa preferida por cada uno de ellos. La metodología se aplicó al análisis de diferentes opciones de tecnología marítima para atender la ruta entre tres países de la subregión andina y

/el Japón.

el Japón. La optimización fue realizada sucesivamente desde el punto de vista de un país andino, del Japón, de una conferencia marítima, y de los comerciantes que usan los servicios marítimos, distinguiendo en algunos casos más de una variación dentro del mismo punto de vista, como se explica en el informe.

Aunque la metodología puede aún perfeccionarse, en su estado actual ha permitido lograr algunos resultados interesantes. Dichos resultados señalan que, aunque existen algunos conflictos de interés entre los países andinos y el Japón en la elección de tecnología marítima, éstos son en realidad de poca significación. Más aún, del análisis hecho se desprende que es posible identificar y aplicar sistemas de cooperación entre los países en cuestión para zanjar cualquier diferencia de opinión. Un tipo general de solución sería la participación conjunta en el tráfico compartiendo la propiedad de la empresa que lo explota, la cual podría construir en el Japón buques de moderna tecnología con un crédito en términos "blandos" avalado por los accionistas japoneses, estipulándose que los buques se tripularán con marineros de países andinos. De esa manera el capital japonés se combinaría con los recursos humanos de los países andinos para formar una compañía multinacional, cuya propiedad fuera convenientemente repartida.

## 2. Introducción

Desde la adopción del uso del vapor como medio de fuerza de tracción en lugar del viento en las rutas marítimas del mundo, proceso que abarca el período entre mediados del siglo diecinueve y la época de la primera guerra mundial, el progreso tecnológico en el transporte marítimo fue el producto de una evolución de las modalidades tradicionales. El único cambio importante fue el reemplazo del carbón por el petróleo como fuente de energía. Durante dicho período los buques aumentaron de tamaño, sin embargo el modo de transportar la carga, y particularmente la carga general, no sufrió variaciones. Esta última seguía transportándose en sacos, cajones o bultos similares los que podrían ser cargados (descargados) manualmente y se estibaban en la bodega del buque en la forma tradicional.

Siendo el transporte una cadena de operaciones en diferentes puntos, cualquier modificación en la capacidad de uno de sus eslabones sólo permite

/aumentar la

aumentar la capacidad total cuando todos los demás eslabones tienen al menos esa misma capacidad.

De este modo, la incorporación de los elementos mecanizados en los puntos de transbordo fue paulatina y su pleno aprovechamiento debió esperar que se extendiera a todos los puntos de la cadena de transporte.

Los métodos tradicionales de manipular la carga general en el transporte internacional, intrínsecamente intensivos en el uso de mano de obra, sirvieron bien las necesidades de una gran parte del mundo. No obstante, fueron menos satisfactorios desde el punto de vista de los países más desarrollados debido al aumento del costo de este factor.

El agrupamiento de los bultos individuales mediante los sistemas tradicionales en el puerto de origen antes de ser llevados a la bodega del buque, no representaba una solución a este problema ya que de todas formas era necesario ocupar mucha mano de obra.

Teniendo como acicate la imperiosa necesidad de rebajar los costos del transporte y haciendo uso de sus recursos tecnológicos y de capital, los países desarrollados dieron origen hace un poco más de veinte años a la unitarización de la carga que vino a revolucionar el transporte marítimo.

Se puede definir la unitarización como la agrupación de bultos o despachos individuales en grandes unidades para facilitar las operaciones y el manipuleo de los mismos. Esas unidades pueden ser manejadas por equipos mecanizados con gran rapidez, seguridad y gran economía, si se compara con el manipuleo de los bultos individuales por separado.

El uso de las paletas, que es la primera manifestación de este proceso, facilitó el traslado horizontal de la mercancía tanto en los muelles como en la bodega de la nave. Este podía ahora hacerse empleando grúas horquilla y, de ese modo, se mejoraba la productividad del manipuleo en esos puntos de la cadena de transporte aunque las mercancías seguían expuestas al robo y a los daños resultantes de las actividades de carga y descarga.

Al mismo tiempo, las necesidades del transporte de ciertos tipos de carga general exigían el empleo de elementos de unitarización más evolucionados.

Entre el fin de la segunda guerra mundial y mediados del decenio de los sesenta se desarrolló el uso, aunque todavía en muy baja escala, de contenedores en el transporte marítimo internacional. Al principio, conforme a las

/necesidades de

necesidades de sus propietarios, éstos eran de muchos tipos y tamaños diferentes, lo que si bien permitió lograr economías en los costos del transporte de mercancías, no incentivó el cambio de diseño de los buques al mismo tiempo que la falta de coincidencia entre los diferentes tipos de cajas impedía uniformar los sistemas de manipuleo reduciendo con ello la eficiencia económica de la contenerización.

Con la aprobación en 1960 de las normas ISO 1/ para la estandarización de los contenedores se crearon las condiciones para la operación de grandes empresas dueñas de contenedores que los empezaron a arrendar a distintos usuarios. A partir de 1966 aparecieron en todas las rutas con origen o destino en las regiones más desarrolladas del mundo (Estados Unidos, Canadá, Europa Occidental, Australia y Japón) buques portacontenedores específicamente diseñados para el transporte de contenedores de dimensiones estándar, en células aptas para ellos. Esos buques llamados portacontenedores celulares, eran mucho más veloces que los buques tradicionales y estaban dotados de equipos diseñados especialmente para el manipuleo de los contenedores. Pero estas características los hacían mucho más caros en comparación con los buques convencionales y asimismo sus costos diarios de operación resultaban también bastante más altos.

La introducción de este tipo de buque en rutas existentes entre una región desarrollada y otra en desarrollo, se inició recién a mediados del decenio de los setenta, pero con anterioridad se había venido produciendo la difusión del uso de contenedores en forma paulatina mediante: i) los servicios alimentadores que vinculan un país en desarrollo a un servicio portacontenedor de itinerario regular entre regiones desarrolladas, ii) las recaladas en los puertos de los países en desarrollo de los buques portacontenedores en ruta entre regiones desarrolladas, y iii) el transporte de contenedores desde y hacia los países en desarrollo en buques multipropósito o del tipo tradicional. Así, casi no hay puerto en el mundo que en la actualidad no tenga tráfico de contenedores aunque muchos de ellos aún no cuenten con servicio especializado de buques portacontenedores.

---

1/ International Standards Organization.

Para que se aprovechen plénamente las ventajas que permite el transporte en contenedor (economía en los costos de manipuleo, reducción en los daños a la carga, reducción en las pérdidas debido al robo de la mercancía, etc.), es preciso que todos los eslabones de la cadena estén habilitados con los equipos y la tecnología necesarios. Esto implica que hay que contar con grúas especializadas para el movimiento de contenedores, que muchas veces son tan pesados o tan voluminosos que no son manejables con los equipos convencionales;<sup>2/</sup> además hay que asignar terreno a los patios para el almacenaje de los contenedores y equiparlos y asimismo hay que planear las transferencias de los contenedores desde y hacia los vagones ferroviarios y los camiones y también adquirir los equipos necesarios a esos fines, etc. Cabe señalar que las inversiones no se limitan al área de los puertos. Si se desea aprovechar las ventajas del uso de contenedores hasta el destino de las mercancías en lugar de descargarlas en el área del puerto (lo que generalmente cancelarías muchas de las ventajas potenciales del uso de los contenedores), hay que invertir en equipos de manipuleo también en los puntos terminales de manejo de la carga. Inversiones, que obviamente, son adicionales a la compra de los buques especializados mismos, como sería el caso de cualquier nación en desarrollo que quisiera participar en el tráfico de una ruta en la cual se han introducido contenedores.

Al mismo tiempo, el uso de los contenedores libera cantidades de mano de obra que antes eran ocupadas en las operaciones portuarias de carga y descarga de los buques tradicionales y traslada las tareas de consolidación y desconsolidación de carga (y consecuentemente las ofertas de empleo) hacia los terminales interiores de agrupación de carga.

Cabe señalar eso sí, que el uso de los contenedores exige también el empleo de un nivel más alto de mano de obra que los sistemas tradicionales y la formación de ese personal representa en sí misma un tipo de inversión. Así, aunque la substitución de mano de obra no calificada por capital es un atractivo para el uso de los contenedores para los países más desarrollados, este mismo hecho podría representar un desafío para los países en desarrollo.

---

<sup>2/</sup> Es preciso tener presente que se han diseñado diversos equipos según sea la cantidad de contenedores que es preciso manipular.

Pero la revolución tecnológica en el transporte marítimo de carga es mucho más amplia de lo que se cree comúnmente. Por ejemplo, mientras que a principios de siglo el buque carguero era prácticamente de un solo tipo, hoy día existen más de una docena de buques cargueros especializados y cada uno requiere de equipamientos portuarios singulares para obtener de ellos su mejor rendimiento.

Desde los albores del transporte marítimo, uno de los mayores problemas eran las operaciones portuarias. A medida que se aumentó la velocidad y tamaño de los buques el problema portuario fue adquiriendo cada vez mayor importancia. Esto explica el porqué la mayor parte de los esfuerzos de investigación tecnológica en el transporte marítimo se ha concentrado en la solución del problema de transferencia de la carga en los puertos. Precisamente, la existencia de tantos diferentes tipos de buques especializados tienen su origen principalmente en la necesidad de encontrar métodos de facilitar las operaciones de carga y descarga, aprovechando las características específicas de ciertos tipos de carga, sean éstas naturales como en el caso de los graneles sólidos o líquidos, o adquiridas como en el caso de la carga contenerizada.

Esta diversificación de los tipos de buques y sus repercusiones sobre los otros eslabones de la cadena de transporte plantean necesariamente modificaciones estructurales en el transporte terrestre a partir de los puertos, que si bien se caracteriza de una manera simplificada a través del uso intensivo de capital para reemplazar mano de obra, tiene consecuencias mucho más profundas en relación con la armonización de intereses entre los países desarrollados (incluidas sus empresas navieras) y los países en desarrollo.

La decisión para contenerizar una ruta básicamente es tomada en forma unilateral por las empresas navieras mismas, respondiendo a los requerimientos del comercio mundial y a sus propios intereses, y en muchos casos, para hacer frente a las exigencias financieras que trae consigo la aplicación de las nuevas tecnologías, las compañías navieras que explotan una línea optan por amarrar sus esfuerzos y realizar las inversiones en conjunto dentro de la Conferencia que regula la ruta. Tales decisiones conjuntas obviamente ofrecen una garantía de protección a las empresas contra la acción de la competencia y la única amenaza posible, que podría provenir de las compañías fuera de la

/Conferencia, es

Conferencia, es conjurada por ésta a través de las llamadas "rebajas de lealtad". Además la constitución de estos consorcios lleva aparejada otras ventajas para las empresas. Por ejemplo, ellas pueden operar en conjunto varias unidades de un mismo modelo de nave, apto para la ruta, obteniendo un descuento del astillero en su construcción.

Como contrapartida de las ventajas que trae a las empresas navieras el actuar de consuno, ello significa desde luego una presión mucho mayor sobre los países en desarrollo y en especial sobre sus puertos que se enfrentan así a un fait accompli, es decir se ven obligados a adaptar sus operaciones a las necesidades de las empresas navieras aunque dichos costos no forman parte de la evaluación hecha al decidir contenerizar la ruta,<sup>3/</sup> sin tener la opción de rechazar el nuevo sistema debido al peligro de que el tráfico sea desviado a otro puerto, tal vez en otro país. Si la aplicación de una nueva tecnología trae aparejada la exigencia de inversiones en todos los eslabones de la cadena de transporte, parece lógico que el análisis de su viabilidad económica contemplase la totalidad de los requerimientos de inversión y que se evaluarán todos los beneficios a fin de poder armonizar debidamente los intereses de los diferentes sectores. Si en cambio los análisis son parciales, se corre el riesgo de no aprovechar íntegramente los beneficios ante una falta de adaptación en determinados puntos de la cadena de transporte o bien que éstos no sean compartidos de manera proporcional al esfuerzo económico realizado para asegurar el éxito del sistema.

Hasta ahora se puede observar que algunos países en desarrollo, haciendo un gran esfuerzo económico, han adaptado sus puertos para el manejo de contenedores, sin que, como contrapartida se hayan beneficiado con una disminución de los fletes. En cambio las empresas navieras a quienes sirven sí han visto disminuir en forma notoria la estada de sus buques en esos puertos lo que mejora la eficiencia de sus operaciones.

Por otra parte la aplicación de la unitarización en el transporte marítimo no sólo puede hacerse a través de los buques celulares portacontenedores 4/ sino que por el contrario existen también otras opciones tecnológicas

3/ Hay que recordar que aunque la decisión de unitarizar en cualquier ruta, haya sido tomada por una minoría de las líneas, las presiones económicas podrían obligar a las demás a plegarse a la decisión.

4/ Por buque celular portacontenedores se hace referencia a un buque que carga y descarga los contenedores por medio de grúas especializadas y los transporta en células ad hoc, o sea que usa el principio Lift-on/Lift-off (Lo-Lo).

que resultan apropiadas para diferentes volúmenes de tráfico y que se acomodan a las facilidades portuarias existentes. Por ejemplo, también es posible transportar los contenedores por medio de buques de autotrasbordo (Ro-Ro), en que los contenedores serían cargados y descargados por grúas horquilla, y los cuales son particularmente aptos para el transporte de semi-remolques (esencialmente contenedores sobre ruedas) y de los vehículos motorizados que forman parte de las importaciones o exportaciones de un país. Por lo tanto, dichos buques pueden resultar convenientes para un país en desarrollo que desee unitarizar su comercio pero no tenga los recursos para comprar los equipos especializados que demandaría un sistema basado en los buques celulares portacontenedores. Los buques Ro-Ro muchas veces llevan su propia flota de equipos para cargar y descargar, reduciendo aún más las inversiones portuarias especiales para atenderlos.

Sin embargo, este hecho parece no haber tenido tanta repercusión como cabía esperar hace algunos años cuando este método de transporte era más bien un proyecto que una realidad. Las razones por el bajo grado de aceptabilidad de los buques Ro-Ro en el comercio internacional de los países en desarrollo precisa de mayor investigación. Es posible que esto se deba a que en los cálculos de viabilidad de nuevos sistemas de unitarización no se haya prestado la debida atención a los costos portuarios (y los costos del transporte desde y hacia el interior de un país), dejando de lado sistemas que presentan más altos beneficios netos en estos aspectos.

En este informe se presenta un bosquejo del análisis llevado a cabo en la CEPAL con el propósito de identificar los conflictos de interés que pudieran existir entre los diferentes sectores afectados por cambios en el tipo de tecnología empleado en los servicios marítimos entre una subregión desarrollada y otra en desarrollo. Por tipo de tecnología se entiende principalmente el tipo de buque que varía según sea la carga unitarizada o no y, en caso positivo, cuál es el método de unitarización empleado. Se ha analizado el problema de optimizar la elección de tecnología desde el punto de vista de un país desarrollado, de un país en desarrollo, de las líneas navieras, y de los usuarios de los servicios ofrecidos. El análisis se amplía más allá de la consideración de la carga general solamente; abarca también métodos alternativos para transportar los minerales y otras cargas particulares. El caso estudiado, en una aplicación preliminar de la metodología detallada más adelante, corresponde al tráfico entre el Japón y tres de los países andinos: Bolivia, Chile y Perú.

En las secciones siguientes se trata el problema en mayor profundidad, se describe la metodología empleada y, finalmente, se discuten los resultados y las formas en que podría resolverse cualquier eventual conflicto de interés.

3. Las causas básicas de posibles conflictos de interés en la elección de tecnología marítima

Es razonable suponer que una persona u organización basa sus decisiones en el principio de minimizar sus propios costos (tal como ella los percibe). Una gran parte de la teoría microeconómica está basada en esta hipótesis. En términos algebraicos,

$$\text{Minimizar } \sum_i c_{ik} q_{ik} \quad (1)$$

en la cual  $c_{ik}$  representa el costo del factor "i" a la persona u organización "k", entre tanto  $q_{ik}$  representa la cantidad correspondiente.

Generalmente tanto los  $c_{ik}$  como los  $q_{ik}$  variarían entre las diferentes personas y organizaciones. Por ejemplo, si un hombre rico viajara por bus entre un lugar y otro, el tiempo de viajar sería igual al tiempo gastado por un hombre más pobre, pero él está dispuesto a pagar más dinero a fin de ahorrar un minuto de viaje, o sea, valoriza más su tiempo que el hombre más pobre. Es este caso los  $q_{ik}$  son iguales pero los  $c_{ik}$  difieren. (Así habría una menor probabilidad que el hombre rico escogiera de entre todas las alternativas disponibles la de viajar por ómnibus). En el caso de un viaje por automóvil entre los mismos puntos los planificadores urbanos reconocerían como un costo a considerar el hecho de que el automóvil produciría emisiones de monóxido de carbón que pueden contaminar el aire, pero el individuo que usa su propio coche no lo toma en cuenta cuando está viendo si usar su auto o no.

Por tanto, se puede afirmar que en general las personas u organizaciones diferentes no necesariamente decidirían lo mismo respecto a un problema dado y es probable que esta misma regla sea válida en la elección de la tecnología marítima, es decir, salvo en condiciones teóricas, la tecnología más conveniente para una línea marítima y la que elegirían los clientes de esta línea sería distinta. Para la línea sus fletes son costos negativos y sus gastos son costos positivos. Para los usuarios los mismos fletes son costos positivos y el equivalente de los costos negativos son los beneficios derivados de los servicios comprados.

/La discriminación

La discriminación en las tarifas practicada por las líneas de conferencia basada en lo que el tráfico "puede soportar", que equivale en la práctica al cobro de fletes más altos al transporte de productos con mayor valor de mercado por peso específico, sería una de las razones para inducir a introducir buques portacontenedores celulares, pues esos productos son generalmente contenerizables y de ese modo la línea logra aumentar sus ingresos por metro cúbico útil.

Sin embargo, la repercusión de la elección de esta tecnología puede jugar en contra de los intereses de los clientes de la línea. Por ejemplo, si la conferencia decidiera mantener parte de sus buques tradicionales para servir la ruta, tendría que subir los fletes de los productos de bajo valor de mercado, o no contenerizables para suplir la pérdida de los tráficos más rentables que se llevarían los buques portacontenedores celulares. O, si la conferencia opera la ruta exclusivamente con buques portacontenedores, dichos productos (generalmente exportaciones de los países en desarrollo) quedarían sin servicio marítimo regular y estarían obligados a contenerizar su carga para poderla transportar, y tendrían que pagar fletes superiores a los que pagaban en los buques tradicionales o contratar los servicios de un buque bajo póliza de fletamento. Por último, es dable suponer que los fletes unitarios tenderían a subir si debido a dificultades técnicas o económicas se produjera un exceso de oferta de espacio en los buques portacontenedores celulares.

También hay que tener en cuenta que las conferencias fijan sus fletes para un "rango" de puertos, es decir, agrupan a los puertos de un país con los de otro u otros. La operación de los buques portacontenedores aumenta los beneficios de la línea al disminuir la cantidad de puertos que atiende (tal vez los reduce a uno de cada "rango") puesto que los costos diarios de un buque tan caro son muy altos en comparación con los de un barco convencional. Así, la línea que elige operar buques portacontenedores podría dejar de servir un puerto sin tomar en consideración la pérdida que dicha decisión acarrearía a los clientes actuales que están más cerca de ese puerto.

Más allá de los posibles conflictos de interés entre las líneas y los usuarios hay otros factores que hacen que éstos también se produzcan entre las líneas marítimas y los países cuyos puertos atienden. Consideremos específicamente el caso de una línea cuyos dueños residen en un país desarrollado. La línea extranjera tendrá generalmente un buen acceso a los mercados financieros de modo que el costo del capital le resultará relativamente barato.

/Hay variadas

Hay variadas razones para ello. En primer lugar, los países desarrollados tienden a generar más capital que el que consumen y el exceso de oferta sobre la demanda tiende a disminuir las tasas de interés. Por otra parte, las líneas muchas veces pertenecen a compañías con un buen historial de solvencia y además los bancos y otras instituciones financieras al prestar a esas empresas marítimas, tienen una garantía en el buque especializado el cual serviría de prenda. Además, si todas las líneas en la ruta actuaran en forma conjunta las instituciones financieras considerarían que habría mayor probabilidad que los fletes fuesen bastante similares, estabilizando el mercado y tendrían por ende, mayor confianza en el rendimiento de la inversión.

Recíprocamente, para un país en desarrollo y su línea nacional los costos de capital serían más altos, no sólo por la mayor demanda de este factor para llevar a cabo proyectos de desarrollo sino porque, al mismo tiempo, los residentes y compañías del país muchas veces tienen un nivel de sueldos o utilidades que no permite movilizar los recursos internos para atender todas las necesidades de capital del país. Por lo tanto los costos de los recursos financieros generados internamente son altos y, aunque la importación de capital es generalmente posible, sólo se consigue a tasas de interés más altas que las disponibles para los países más desarrollados. Más aún, hay casos en que debido o a la magnitud de la deuda ya acumulada o a la inestabilidad política el país en desarrollo tiene dificultades para obtener nuevos fondos incluso a cualquier tasa de interés.

Por lo tanto, parecería que una línea marítima de un país desarrollado tendería a elegir una tecnología más intensiva en el uso de capital (que le resulta el factor relativamente más barato) que la que preferiría una compañía naviera de un país en desarrollo.

Además, existen otras razones que reforzarían la tendencia hacia la elección de tal tecnología por parte del primer tipo de línea marítima. Una de ellas es que, además de tener que pagar sueldos más altos que los que pagaría la línea nacional, los cobros por mano de obra portuaria tendrían una gran influencia. Generalmente, lo que se paga por la mano de obra portuaria en muchas partes del mundo está por encima del valor de su producto marginal verdadero a causa del poder de negociación de los sindicatos, y otros factores.

Por su parte, al país en desarrollo lo que le interesaría son los costos sociales de la innovación tecnológica ahorradora de mano de obra. Entre otras el de ubicar los obreros desplazados en otros sectores productivos y la posible amenaza de paralización de las actividades del puerto por parte de los sindicatos.

/Otra consideración

Otra consideración que explica que la elección hecha por una línea de un país central difiera de la que haría una nación en desarrollo, es la conversión de las divisas. Para la línea extranjera lo que cuenta es el tipo de cambio al que puede convertir la moneda del país en desarrollo donde opera a la propia, o a veces, a la del lugar en que tiene su casa matriz. Pero, para el país en desarrollo ese tipo de cambio muchas veces subestima el valor real (costo de oportunidad) del dólar, o cualquiera otra divisa convertible. Eso significa que el tipo de cambio a considerar debiera ser el equivalente al precio sombra de la divisa, de lo que se deduce que la línea extranjera tendría mayor propensión a comprar equipos que la línea nacional de un país en desarrollo. Los equipos que introducen nuevas tecnologías marítimas son esencialmente producidos en los países desarrollados y en América Latina solamente el Brasil y, en cierto grado, Argentina y México, están en condiciones de producir cantidades significativas de dichos equipos.

Finalmente, si por todas las consideraciones anteriores las líneas extranjeras decidieran introducir buques portacontenedores en una ruta entre una región desarrollada y otra en desarrollo, la línea nacional de esta última probablemente no tendría otra opción viable que adoptar a la larga también esa tecnología intensiva en capital pues la experiencia de los años recientes muestra que los usuarios de los servicios marítimos prefieren enviar su carga general contenerizable en forma unitarizada si tienen la opción de hacerlo. Por lo tanto, mientras la empresa marítima estuviera operando naves convencionales se arriesgaría a perder los tráficos que tienen altos valores específicos o de naturaleza perecible (y que por ende son los que tienen los mayores fletes) y a quedarse con los tráficos que son menos remunerativos. Sin embargo, el país en desarrollo difícilmente podría negar a los buques de moderna tecnología de una línea extranjera la entrada a sus puertos sin que ello trajese repercusiones desventajosas para su comercio.

A continuación se presenta el modelo matemático mediante el cual se ha analizado este tipo de conflicto de interés.

4. Un modelo matemático para optimizar la elección de la tecnología marítima y su aplicación al análisis del tráfico entre la subregión andina y Japón

La CEPAL, ha elaborado una metodología para analizar problemas semejantes a los que se plantean en el capítulo precedente. La metodología consta de dos modelos, uno lineal y otro de alimentación, es decir, que sirve para generar los parámetros del anterior. Se ha hecho una aplicación preliminar de esta metodología y sus resultados no deben considerarse aún como definitivos.

Los datos que se entregan al programa lineal son los siguientes:

- i) Información sobre los recorridos y características de diferentes tipos de buque;
- ii) Tráficos de diferentes categorías de mercancías que se mueven entre puertos;
- iii) Costos portuarios, costos de operación de los buques y costos por mantener inmovilizado el capital equivalente al valor cif de la mercancía durante el tiempo de su llegada al puerto de embarque y su retiro del puerto de descarga.

El modelo asigna los tráficoes a los servicios para que se minimice el costo total, tanto el del transporte propiamente tal, como el de las operaciones portuarias. Finalmente, el modelo genera información respecto de: i) cuál es la distribución óptima del tráfico entre cada par de puertos a servicios de diferentes tipos de buque, y ii) cuál es el mínimo costo total. Hay otros resultados implícitos, tales como la frecuencia de cada servicio.

El otro modelo trabaja con i) los costos de las operaciones portuarias y sus productividades, ii) las matrices de movimiento de carga por tipo de producto, iii) la capacidad de los buques que operan en cada servicio y otras características de ellos, iv) el valor cif por tonelada cúbica de cada tipo de carga. Además se puede alimentar este modelo con los resultados de una iteración del programa lineal.

/A continuación

A continuación se da una descripción abreviada del modelo lineal.  
Se trata de minimizar la función objetivo:

$$Z = \sum_l b_l y_l + \sum_{ijkl} c_{ijkl} x_{ijkl} + \sum_{jkl} c_{jkl} x_{jkl} \quad (2)$$

sujeto a

$$- y_l + \sum_{ijkl} \beta_{kl} x_{ijkl} \leq 0, \quad \text{para todo "l"} \quad (3)$$

$$- y_l + \sum_{jikel} \beta_{kl} x_{jikel} \leq 0, \quad \text{para todo "l"} \quad (4)$$

$$\sum_l x_{ijkl} = q_{ijk}, \quad \text{para todo ijk} \quad (5)$$

$$\sum_l x_{jikel} = q_{jik}, \quad \text{para todo jik} \quad (6)$$

$$\sum_{l \in ijk} y_l \geq F_{ijk}, \quad \text{para cualquier ijk} \quad (7)$$

$$\sum_{l \in jik} y_l \geq F_{jik}, \quad \text{para cualquier jik} \quad (8)$$

donde

"b" es el costo de largo plazo por metro cúbico útil de operar un buque mientras permanece en alta mar en un viaje redondo (descontando, por supuesto, el tiempo de estada en los puertos);

"c" es el costo de las operaciones portuarias por tonelada de carga y descarga más el valor del tiempo de estada del buque en puerto;

"F" representa la mínima frecuencia aceptable de servicio medida en metros cúbicos útiles por período de tiempo;

"q" es una cantidad de carga, en toneladas, a ser transportada;

"x" es la cantidad de carga, también medida en toneladas que el modelo asigna a un cierto servicio;

"y" es la capacidad útil, medida en metros cúbicos que el modelo asigna a un cierto servicio, de modo que pueda ser transportada toda la carga asignada a ese servicio;

" $\beta$ " es la cantidad de metros cúbicos ocupados por una tonelada de carga

y donde los subíndices indican lo siguiente:

"i" un puerto en América Latina;

"j" un puerto en Japón;

"k" un tipo de carga;

/"l" un

"1" un servicio marítimo definido para un determinado tipo de buque que opera en un viaje redondo específico.

Además el símbolo "€" denota "es un elemento de".

Cabe señalar que el orden de los subíndices "i" y "j" denota la dirección del tráfico, siendo el par "ji" usado para indicar carga con destino a un puerto en América Latina y el par "ij", para la carga que proviene de América Latina. Se ha procedido de este modo para poder verificar que el volumen total de tráfico asignado a un servicio no excede la capacidad disponible en una dirección.

A continuación se da una explicación no matemática para cada una de las ecuaciones del modelo. La ecuación (2) es la función objetivo e incluye tres términos en el lado derecho. El primero es el costo de operación de largo plazo de un buque dado en el servicio al cual se refiere la ecuación. El segundo representa la suma de los costos en los puertos y el costo del tiempo de tránsito de la carga entre los puertos de origen y destino para toda la carga enviada desde América Latina a Japón por el servicio a que se refiere la ecuación, y el tercero representa los mismos costos en sentido opuesto, es decir, de Japón a América Latina.

La ecuación (3) asegura que la totalidad de la carga asignada a un servicio entre América Latina y el Japón no exceda la capacidad ofrecida por dicho servicio. La ecuación (4) se refiere a lo mismo, en sentido Japón-América Latina.

La ecuación (5) asegura que la totalidad del tráfico destinado a Japón desde América Latina sea transportado por el conjunto de los servicios disponibles, es decir, que independientemente de los costos de transporte marítimo, no se deje carga alguna sin embarcar. La ecuación (6) es lo mismo pero en el sentido opuesto. Las relaciones (7) y (8) son opcionales y se usarán si se desea imponer la restricción adicional de una cierta frecuencia mayor que la mínima implícita en el modelo para el transporte de cualquier tipo de carga particular entre un par de puertos, de modo que, además de optimizar la distribución de tráfico entre los servicios, asegure un nivel de servicio aceptable.

El modelo determina los valores de "Z", los "x" y los "y"; todos los demás son parámetros dados. Nótese que el modelo, como está especificado, no contiene ninguna restricción respecto de la máxima capacidad que puede ofrecer

/un servicio

un servicio dado, sino que ésta es una variable endógena del modelo y se calcula de modo que los costos totales se reduzcan al mínimo.

El modelo puede especificarse para que optimice desde el punto de vista de diferentes sectores variando los costos utilizados como datos para que éstos correspondan a los costos percibidos por los distintos sectores. En las corridas descritas más adelante en este capítulo, tanto los volúmenes de los tráficos entre cada par de puertos, o sea, los  $q_{ijk}$  y  $q_{jik}$  (que para el planificador de transporte son las "matrices de movimiento de carga"), como los servicios marítimos disponibles, o sea, las asociaciones entre los "l" y los "ijk" y "jik", como las restricciones de frecuencia mínima, se mantuvieron sin variación mientras que los parámetros que denotan los costos, o sea, los  $b_l$  y los  $c_{ijkl}$  y  $c_{jikl}$ , se fueron cambiando de una corrida a otra para que reflejaran los costos percibidos por los diferentes sectores. De esta manera los resultados corresponden a los cambios en la asignación de tráficos a servicios debido solamente a los cambios en los costos y nada más. Esto también permitió simplificar la corrida del modelo.<sup>5/</sup>

La especificación de los costos  $b_l$  no presenta serias dificultades si se acepta que se cobra una misma tarifa por metro cúbico de capacidad sea cual fuere el tipo de carga. Es cierto que este supuesto no es válido para las tarifas de conferencia, aunque sí representa bien los cobros bajo "pólizas de fletamento". Si se estuviera dispuesto a sacrificar la simplicidad, es posible incorporar al modelo una variable que represente las tarifas de conferencia.

La especificación de los costos  $c_{ijkl}$  y  $c_{jikl}$  es más compleja y presenta dos tipos de problemas. El primero se refiere a la transformación de las tarifas portuarias de las diferentes operaciones, tales como los servicios del práctico o de la agencia marítima en un valor diferenciado por tipo de producto y tipo de buque en cada puerto. Al hacer dichas transformaciones es necesario hacer varios supuestos lógicos aunque

---

<sup>5/</sup> Las complicaciones se refieren especialmente a la especificación de los costos portuarios en una forma aceptable para el programa lineal mediante el modelo de alimentación. Este modelo precisa de una mayor investigación para que las labores manuales necesarias ahora puedan reducirse al mínimo.

arbitrarios puesto que no hay reglas generales y bien definidas para expresar las tarifas portuarias de la manera exigida por el modelo lineal.<sup>6/</sup> El segundo problema es la variación de ciertos tipos de costo con respecto al tiempo de estada del buque en el puerto de carga y de descarga. Por ejemplo, obviamente los costos de la operación misma del buque en puerto varían con el tiempo de su estada en puerto el que a su vez depende de los volúmenes de carga y descarga.<sup>7/</sup> Hubo que estimar separadamente el número de horas de estada del buque para cada servicio considerado en el modelo, usando como datos para el cálculo: i) la capacidad del buque; ii) los tipos de tráfico que puede transportar, y iii) las matrices origen/destino del movimiento de la carga entre todos los puertos atendidos por el servicio. Así, al principio el modelo lineal fue corrido con los costos  $c_{ijkl}$  y  $c_{jikl}$  basados en las estimaciones aproximadas de los tiempos de estada de los buques en puertos calculadas en la manera antes indicada. Así fue posible revisar en una segunda iteración los  $c_{ijkl}$  y los  $c_{jikl}$  a la luz de los tiempos de estada estimados en la primera corrida del modelo. Aunque se hizo un intento por alcanzar un cierto grado de convergencia, no hubo tiempo para iterar los cálculos hasta que los tiempos de estada implícitos en los costos  $c_{ijkl}$  y  $c_{jikl}$  entrados al programa lineal fuesen plenamente coherentes con aquellos implícitos en los resultados del programa.

Se aplicó el modelo al análisis del tráfico entre Bolivia, Chile y el Perú y el Japón. Se hicieron seis corridas. En cada una de ellas se trabajó con una función objetivo (minimizar costos totales) definida bajo distintas perspectivas.

---

<sup>6/</sup> Por ejemplo, no es obvio a priori qué proporción de los costos del tiempo de estada de un buque en puerto deben ser asignados a una tonelada de un cierto producto que se carga en el puerto, o a cada tonelada de otro producto que se descarga allí. Sin embargo, aplicando ciertas reglas lógicas de distribución de costos es posible realizar las transformaciones necesarias.

<sup>7/</sup> Otro tipo de costo que forma parte de los  $c_{ijkl}$  y los  $c_{jikl}$  es el del tiempo de espera de la carga hasta que llegue el buque en que se embarcará. Naturalmente, ese costo depende de la frecuencia del servicio.

Primera corrida. Minimización de los costos del punto de vista de los comerciantes. En esta corrida se supuso que los comerciantes trasladan a los usuarios en sus precios todos los costos de operación de los buques y de las operaciones portuarias incluidos en los fletes pagados. Por conveniencia, todos los costos se convirtieron a una moneda común, el dolar estadounidense, usando los tipos de cambio comerciales. Además, se supuso que los comerciantes desearían minimizar los costos de tránsito de la carga. Esos costos fueron considerados mediante una tasa de interés de 20% por año, en términos reales, aplicada al valor de la carga desde su entrega en el puerto de origen para su cargue hasta su retiro en el puerto de destino. (Cabe señalar que si las exportaciones de Japón fuesen vendidas cif y las importaciones del país oriental fueran compradas fob, es posible mostrar que la optimización resultante de la primera corrida del modelo representaría la minimización de los costos desde el punto de vista de Japón.)

Segunda corrida. Minimización de costos desde el punto de vista del Perú si los servicios marítimos fueran operados por empresas extranjeras. La optimización fue hecha del punto de vista del Perú porque para ese país hubo disponible informaciones sobre los precios-sombra <sup>8/</sup> del capital, las divisas y los diferentes grados de calificación de la mano de obra. Los únicos costos incluidos en la minimización fueron aquellos que afectan al comercio entre Japón y el Perú. Por ejemplo, los costos de los servicios portuarios en el Perú que usan mano de obra no calificada, fueron imputados a un valor más bajo que el que se paga a la empresa portuaria, para reflejar el hecho que esa mano de obra obtendría salarios menores si no estuviese empleada en los puertos.

Tercera corrida. Minimización de costos desde el punto de vista de una conferencia marítima que actúa como monopolista. Se supuso que las líneas miembros de una conferencia consideran seguros los tráficos de carga general, o sea, no temen que un deterioro en la calidad del servicio desviaría esos

---

8/ Cabe señalar que un "precio-sombra" representa el valor real de un recurso para el país considerado, en este caso el Perú. Los precios-sombra pueden diferir de los precios del mercado debido a las acciones de sindicatos monopolísticos, al manejo del tipo de cambio, a las cuotas y aranceles de importación, a las imperfecciones del mercado de capitales, etc.

tráficos a buques fuera de la conferencia o bajo pólizas de fletamento. Por lo tanto, trataría (la conferencia) de reducir al máximo sus propios costos y velaría poco por mantener la calidad del servicio ofrecido para ese tipo de carga. Sin embargo, en los casos de productos específicos que podrían ser transportados o bajo pólizas de fletamento o por la conferencia (los vehículos motorizados y los minerales no ferrosos), los costos se especificaron para reflejar que el usuario de los servicios marítimos desearía minimizar sus costos sujeto a una calidad aceptable de servicio.

Cuarta corrida. Minimización de costos desde el punto de vista de una conferencia marítima que actúa como monopolista y que puede adquirir buques a precios subvencionados. La corrida anterior dio por resultado la asignación de toda la carga general exclusivamente a los servicios de línea convencional. Desde el año 1974, la situación debilitada de la economía mundial y el exceso de capacidad en los astilleros, han dado origen a una fuerte competencia entre ellos. En consecuencia, los costos usados en la corrida anterior se modificaron restándoles la mitad del valor del componente de los costos de operación de los buques que representan los costos de capital.

Quinta corrida. Minimización de los costos desde el punto de vista del Perú si los servicios marítimos fuesen operados por buques nacionales. Aunque se reconoce que este caso es improbable, se hizo esta iteración para comparar sus resultados con los de la segunda y, de ese modo, poder examinar ambos casos extremos. La especificación de los costos se hizo de distinto modo del de la segunda corrida, porque fue necesario incluir todos los tráfico, no solamente los que representan a exportaciones o importaciones del Perú. En los casos de los tráfico foráneos se supuso implícitamente que los fletes estaban fijos y que el Perú trataría de minimizar sus costos de suministrar los servicios correspondientes. En los casos de los tráfico generados o atraídos por el Perú, los principios por los cuales se derivaron los costos, corresponden a los de la segunda corrida, salvo que los costos de operación de los buques se ajustaran por los factores de precio-sombra del Perú para reflejar la nacionalidad peruana de los armadores.

/Sexta corrida.

Sexta corrida. Minimización de los costos desde el punto de vista del Perú si los servicios fueran operados por extranjeros, excluyendo la posibilidad de usar los buques de línea convencionales. Se consideró esta alternativa debido a que se conocen casos en que las conferencias han forzado la adopción de nuevas tecnologías para transportar la carga general mediante el retiro simultáneo de los buques convencionales de los servicios que les interesaba.

En todas las iteraciones se consideraron diez servicios distintos con cinco tipos diferentes de buque, cada uno de los cuales podía operar un itinerario en un sentido u otro. En cada servicio, para los propósitos de la especificación de los datos del modelo, los buques recalarían en los cuatro puertos abarcados por el análisis,<sup>9/</sup> o sea, Valparaíso, Antofagasta (suponiendo que el tráfico que tiene origen o destino en Bolivia usaría ese puerto chileno de tránsito), Callao y un puerto japonés, por ejemplo, Yokohama. Los cinco tipos de buques y los tipos de tráfico que cada uno podía transportar figuran en el cuadro 1.

El cuadro 2 presenta las matrices de comercio que alimentaron el modelo lineal, o sea, los  $q_{ijk}$  y  $q_{jik}$ . Los tipos de productos especificados separadamente fueron escogidos reconociendo las características físicas que afectan sus costos de transporte y si son o no contenerizables. Como indica el cuadro 2, los cuatro grupos de productos son:

- k = 1: carga general que tiene dimensiones físicas que permiten su contenerización;
- k = 2: carga general no contenerizable, especialmente productos de acero y maquinaria;
- k = 3: vehículos para carretera ya armados;
- k = 4: minerales y concentrados no ferrosos.

Otros productos importantes en el comercio andino-japonés, se excluyeron por ser generalmente transportados en buques bajo "pólizas de fletamento" que no compiten con otros tipos de buques. El mineral de hierro y el petróleo son ejemplos de tales productos. Las matrices

---

<sup>9/</sup> Obviamente, el modelo mismo determina cuáles son los puertos en que cada servicio se cargaría, y en que dejaría la carga descargada. Este supuesto fue hecho para estimar los parámetros entrados al modelo.

se refieren al año 1982, puesto que antes de ese año sería imposible introducir nuevos tipos de buque en el comercio andino-japonés. La derivación de las matrices incluyó el estudio de las estadísticas de comercio entre los países cubiertos por este informe desde 1960 y su agrupamiento según la clasificación arriba indicada. La proyección a 1982 fue hecha sobre la base del ajuste de curvas correspondiente a las observaciones de los años anteriores, principalmente del tipo logaritmo-recíproco, usando el PIB del país importador como variable independiente. Sin embargo, en reconocimiento de la dificultad de obtener proyecciones exactas sin que se empleasen metodologías mucho más detalladas, se incorporó correcciones basadas en una apreciación de las tendencias probables en el comportamiento del comercio entre las dos áreas no identificables en las tendencias históricas.<sup>10/</sup>

Los costos y productividades de las diferentes operaciones portuarias fueron estimados por un consultor en asuntos marítimos de la CEPAL y se reproducen en el cuadro 3. Los costos de los buques fueron determinados a partir de varias fuentes y se especifican en dólares estadounidenses a precios de 1979, aunque se refieran al año 1982. Se supuso que en 1982 todos los componentes de los costos de operación de largo plazo de los buques serían iguales a los costos de 1979 en términos reales, salvo en el caso del combustible. En los cálculos se supuso que el costo de petróleo sería de US\$ 175 la tonelada y que el costo de diesel sería de US\$ 300 por tonelada. En la estimación de los costos de transportar la carga, se supuso que los buques de todo tipo, salvo el granelero, se cargarían en promedio a 75% de su capacidad. En el cuadro 4 se da información resumida sobre las características de los buques y sus costos.

Como ya se ha mencionado, en las corridas para optimizar desde el punto de vista del Perú, fue preciso modificar algunos de los costos entrados al modelo para que éstos reflejaran el valor real del bien o servicio para el Perú, o sea, los ajustes de acuerdo al precio-sombra. Los factores usados en las conversiones son los que se aplicaron en 1978 en la evaluación de proyectos del sector público en el Perú, en el área Lima/Callao. Estos son:

<sup>10/</sup> Por ejemplo, las mayores importaciones de automóviles japoneses a Chile, generadas por la liberalización de la política comercial de este país andino.

- factor de conversión del precio de mercado a valor-sombra de mano de obra no calificada	0.48
- ídem mano de obra calificada	0.85
- ídem mano de obra profesional	1.00
- capital	2.81
- divisas	4.00

Los factores para el capital y las divisas son relativamente altos en comparación con los derivados para otros países (aunque la condición del Perú en 1978 pudo no ser típica) y así los costos de las operaciones portuarias y de la operación de los buques fueron calculados también usando factores más típicos. Sin embargo, si estos últimos hubieran sido empleados en el análisis, es dudoso que los resultados hubieran cambiado de una manera significativa.

En el cuadro 5 se resumen las asignaciones de tráficos a servicios resultantes de las iteraciones del modelo lineal.

Antes de terminar este capítulo cabe señalar que el tipo de metodología aplicada no es la única que pudo emplearse. Sin embargo, de nada valdría estar dispuesto a hacerlo si no fuera posible contar con mejores datos. En general, habría dos caminos alternativos para hacer más "reales" los resultados del análisis; uno sería cambiar el tipo de modelo usado (por ejemplo, podría emplearse la programación matemática en lugar de la programación lineal) y el otro sería iterar el modelo presentado un mayor número de veces para incorporar como variables endógenas informaciones que en la versión actual se consideran como parámetros y ampliar las categorías de costo contempladas en el modelo.

Entre los aspectos que podrían ser considerados en un análisis más amplio se puede mencionar:

/- la

- la inclusión del tamaño de los buques como variables a ser optimizadas;
- el tratamiento de las matrices de movimiento de carga como variables dependientes de la calidad de servicio;
- la inclusión del transporte terrestre entre el punto de origen de la carga y el puerto en el país de origen y entre el puerto en el país de destino y el destino de la carga;
- la conveniencia de verificar que los costos con que se alimenta el modelo de optimización son coherentes con los resultados producidos por este modelo.

Sin embargo, aunque la CEPAL espera en el futuro perfeccionar la metodología aquí presentada, se estima que en su estado actual resulta adecuada para analizar los conflictos de interés en la elección de la tecnología marítima.

##### 5. Análisis de los resultados de la aplicación del modelo

Las conclusiones que se desprenden de la aplicación del modelo son las siguientes:

- i) Los buques tradicionales, relativamente baratos, son útiles para el transporte del tráfico desde una región desarrollada a una región en desarrollo. En efecto, hay mucho más carga general no contenerizable desde Japón hacia América Latina que en el sentido opuesto; por lo tanto es más eficiente realizar ese tráfico en un buque de línea convencional que en uno mucho más costoso que exige una alta tasa de utilización en ambos sentidos para que sea económicamente viable. Del mismo modo, es más remunerativo transportar concentrados y minerales desde América Latina en un buque granelero que utilizar para ese tráfico un buque construido para llevar vehículos motorizados y/o productos a granel.
- ii) Por las consideraciones anteriores es natural que las líneas de conferencia prefieran seguir usando buques de línea tradicionales para el transporte de la carga general, aun la contenerizable;

/sin embargo,

sin embargo, podrían verse forzados a operar buques portacontenedores (celulares o del tipo Ro-Ro) si temen la competencia de líneas fuera de la conferencia.

- iii) Lo dicho arriba resulta tan válido para los países andinos estudiados como para el Japón, pero si las líneas de conferencia de propiedad extranjera decidieran ofrecer servicios de unitarización de la carga, preferirían que se eligiera para ello el buque Ro-Ro y no uno portacontenedor celular.

En resumen, la evidencia examinada sugiere que, dado los costos comparativos de operación de los buques y de las operaciones portuarias, sería viable utilizar tanto buques tradicionales como los buques de carga unitarizada en el intercambio de carga general entre el área andina y Japón. No obstante, es difícil generalizar estos resultados entre otros motivos porque influye en ellos el haber considerado en la aplicación del modelo carga contenerizable tales como estaño, plata, etc., que por su alto valor de mercado tiene mayor probabilidad de ser transportada en forma unitarizada que las exportaciones contenerizables de otras naciones andinas a Japón.<sup>11/</sup>

Se confirma además la mayor preferencia por la unitarización por parte del Japón como país y por los usuarios de los servicios marítimos que la que mostrarían los países andinos estudiados, lo que claramente concordería con las consideraciones hechas a priori sobre las repercusiones de diferentes disponibilidades de factores en países de distintas regiones (en desarrollo o desarrolladas) y las exigencias de recursos de las nuevas tecnologías. Naturalmente, es comprensible que los intereses de los países andinos estudiados, en tanto entes económicos, difieran de los de los usuarios de los servicios y de los del Japón, como país. Los primeros preferirían que las innovaciones tecnológicas en las rutas marítimas que vinculan ambas regiones se hicieran de modo mucho más gradual y no tan rápidamente como lo desearía el Japón (o los usuarios).

Sin embargo, es probable que la introducción de nueva tecnología fuese hecha por iniciativa de las líneas marítimas extranjeras con poca o ninguna consulta con las autoridades nacionales. Ante esto los puertos de la

---

<sup>11/</sup> Cabe recordar que el modelo de análisis fue aplicado al Perú, como "un país andino que comercia con el Japón".

subregión andina, que son empresas públicas en su mayoría, podrían verse obligados a invertir una parte de los recursos de capital del país en equipos de moderna tecnología y por otro lado las empresas marítimas nacionales estarían en desventaja para competir con las otras líneas en la ruta que dispondrían de flotas con servicios de unitarización.

Una posible solución sería adoptar en forma transitoria los buques multipropósito postergando para una etapa posterior la introducción de los buques Ro-Ro o de los portacontenedores celulares.

Sin embargo, aún subsistiría el problema de las distintas perspectivas con las que enfoca un país como Japón (con una mayor dotación de capital que de mano de obra) y un país andino (con abundante mano de obra) la elección de la tecnología marítima.

En consecuencia, para lograr armonizar esta disparidad debería contemplarse la mayor utilización posible del capital japonés y de la mano de obra latina. No bastaría propiciar la introducción de nuevos buques portacontenedores en Japón financiados por japoneses para luego ser operados con tripulaciones latinas.

Una solución aceptable desde ambos puntos de vista podría ser un intercambio de capital japonés por mano de obra latina. Es decir, la construcción de buques portacontenedores en el Japón por cuenta de una sociedad en cuya propiedad participarían empresas navieras latinoamericanas, probablemente del sector público, para atender la ruta entre el Japón y los países andinos. Dicha participación de América Latina podría ser financiada mediante el pago directo de los sueldos de la tripulación latinoamericana.

Por último, hay que reiterar la conveniencia de que los países de esta subregión analicen en profundidad cómo armonizar los intereses en juego en la elección de la tecnología marítima aplicable al transporte de la carga general, desde y hacia sus puertos; ya sea empleando modelos matemáticos u otros métodos más descriptivos o una combinación de ambos. Una vez se hayan identificado formas de hacerlo ellos verían aumentar su poder de negociación.

Cuadro 1

SERVICIOS MARITIMOS CONSIDERADOS EN LOS ANALISIS, TIPOS DE BUQUE QUE SERIAN EMPLEADOS EN CADA UNO, Y TIPOS DE TRAFICO QUE SON ELEGIBLES DE SER TRANSPORTADOS EN CADA SERVICIO

Servicio	Itinerario	Tipo de buque	Tipos de carga que puede transportar
1	Callao-Antofagasta-Valparaíso-Japón	Portacontenedores	Carga general contenerizable
2	Japón-Valparaíso-Antofagasta-Callao	Portacontenedores	Carga general contenerizable
3	Callao-Antofagasta-Valparaíso-Japón	Buque de línea	Carga general contenerizable productos de acero y maquinaria
4	Japón-Valparaíso-Antofagasta-Callao	Buque de línea	Carga general contenerizable productos de acero y maquinaria
5	Callao-Antofagasta-Valparaíso-Japón	Buque convertible, vehículos/granelero	Vehículos motorizados armados, minerales y concentrados
6	Japón-Valparaíso-Antofagasta-Callao	Buque convertible, vehículos/granelero	Vehículos motorizados armados, minerales y concentrados
7	Callao-Antofagasta-Valparaíso-Japón	Ro-Ro	Vehículos motorizados, carga general contenerizable y productos de acero y maquinaria
8	Japón-Valparaíso-Antofagasta-Callao	Ro-Ro	Vehículos motorizados, carga general contenerizable y productos de acero y maquinaria
9	Callao-Antofagasta-Valparaíso-Japón	Granelero	Minerales y concentrados
10	Japón-Valparaíso-Antofagasta-Callao	Granelero	Minerales y concentrados

/Cuadro 2

Cuadro 2

MATRICES DE CARGA POR TIPO DEL AÑO 1982 ESTIMADAS PARA ENTRAR AL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL

De \ Para	Perú	Bolivia	Chile	Japón	$\frac{m^3}{ton}$	$\frac{ton}{TEU}$
<u>A. Carga general contenerizable</u>						
Perú				30 391	1.30	14.91
Bolivia				4 162	2.59	10.67
Chile				114 719	0.90	17.06
Japón	70 778	16 919	24 471			
$\frac{m^3}{ton}$	1.93	1.90	1.67			
$\frac{ton}{TEU}$	15.18	15.49	16.15			
<u>B. Productos de acero y fierro y maquinaria no contenerizable</u>						
Perú						
Bolivia						
Chile						
Japón	184 790	94 516	53 202			
$\frac{m^3}{ton}$	0.88	0.94	0.86			
<u>C. Vehículos motorizados armados</u>						
Perú						
Bolivia						
Chile						
Japón	12 478	4 527	15 000			
$\frac{m^3}{ton}$	10.30	9.09	9.50			
<u>D. Minerales y concentrados no ferrosos</u>						
Perú	513 251					0.63
Bolivia	52 391					0.57
Chile	295 050					0.49
Japón						
$\frac{m^3}{ton}$						

Cuadro 3

## COSTO DE CARGA Y DESCARGA POR TONELADA, CON MANIPULACION CONEXA POR NAVIO-HORA PRODUCTIVA

(Dólares)

	Tipo de carga															
	k.1 Contenerizable				k.2 Acero, maquinaria				k.3 Vehículos carreteros armados				k.4 Minerales, concentrados			
	Costo		Ritmo		Costo		Ritmo		Costo		Ritmo		Costo		Ritmo	
	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga	Car- ga	Descar- ga
Buque portacontenedores Callao	9.42	6.28	159	159												
Idem Antofagasta	15.00	15.08	239	191												
Idem Valparaíso	15.08	15.08	239	191												
Idem Japón	11.31	9.42	477	477												
Buque de línea regular Callao	6.50	6.50	45	48.75	4.00			60								
Idem Antofagasta	12.50	12.50	45	37.5	8.00			90								
Idem Valparaíso	12.50	12.50	45	37.5	8.00			90								
Idem Japón	8.00	8.00	35	43	4.00			100								
Transportista, convertible Callao										3.00		70	2.50			82.5
Idem Antofagasta										4.00		70	2.50			105
Idem Valparaíso										4.00		70	2.50			105
Idem Japón									9.00		80			2.50		160
Ro-Ro Callao	3.25	3.25	75	78.75	2.00			90		3.00		70				
Idem Antofagasta	6.25	6.25	75	67.5	4.00			120		4.00		70				
Idem Valparaíso	6.25	6.25	75	67.5	4.00			160		4.00		70				
Idem Japón	4.00	4.00	210	230	2.00			270		9.00		80				
Granelero Callao													2.50			82.5
Idem Antofagasta													2.50			105
Idem Valparaíso													2.50			105
Idem Japón														2.50		160

Nota: Los espacios en blanco indican que al servicio respectivo no le correspondía cargar/descargar ese tipo de carga en el puerto señalado.

Todos los costos y tarifas corresponden a tonelada de carga aunque dicha carga se coloque dentro de contenedores.

Los costos que figuran en el presente cuadro se han calculado a valores de mercado en precios de 1979.

Las tarifas se basan en números típicos de cuadrillas trabajando simultáneamente.

Las tarifas de manipulación de contenedores suponen un mejoramiento respecto de las tarifas actuales de los puertos latinoamericanos.

Cuadro 4

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE BUQUE INCLUIDOS EN LOS ANÁLISIS

Tipo de buque	Símbolo de los servicios prestados	Tonelaje bruto registrado	Velocidad de servicios en nudos	Capacidad de carga	Gasto de capital de buque (dólares + 10 <sup>9</sup> )	1982 en dólares de 1979			
						Gastos diarios de combustible		Gasto diario total	
						Mar	Puerto	Mar	Puerto
Buque portacontenedores	1 = 1 1 = 2	15 680	18.0	707 TEU	30.86	10 649	2 858	24 098	16 307
Buque de línea regular	1 = 3 1 = 4	10 500	14.9	21 640 m <sup>3</sup> granos	15.25	4 452	2 858	11 899	10 305
Transportista de automóviles/granelero	1 = 5 1 = 6	9 400	16.0	21 021 m <sup>3</sup> granos	22.50	6 090	1 875	15 754	11 539
Ro-Ro	1 = 7 1 = 8	17 700	21.0	46 800 m <sup>3</sup> balas	40.00	13 879	2 858	29 238	18 217
Buque granelero pequeño	1 = 9 1 = 10	4 851	13.2	11 150 m <sup>3</sup> granos	6.47	2 601	1 238	6 029	4 666

Nota: 1) El cuadro fue preparado por la CEPAL con la ayuda de informaciones obtenidas de diversas fuentes incluidas "Fairplay International Shipping Weekly" y "Micro Representative Ship Type Series" correspondientes a 1976.

2) Los costos figuran en dólares a valores de 1979 y se han abultado los gastos de combustible a fin de reflejar los posibles costos de 1982. Esencialmente entrañan los costos de operación del Reino Unido, con oficiales británicos y marineros asiáticos. En los gastos de capital que se presentan en el cuadro no se ha tenido en cuenta la posibilidad de que en un mercado en depresión, como el de 1978-1979, un comprador pueda obtener un descuento significativo.

Cuadro 5

## ASIGNACION DE TRAFICOS A TIPOS DE BUQUE EN LOS DIFERENTES RECORRIDOS DEL MODELO

Tipo de carga y origen, destino	Asignación en recorrido				
	1	2	3 y 4 (idénticas)	5	6
Contenerizable general PE-JAP	100% portacontenedores	100% Ro-Ro	100% liner	100% portacontenedores	100% portacontenedores
Idem BOL-JAP	100% liner	(100% portacontenedores)	100% liner	100% liner	100% portacontenedores
Idem RCH-JAP	26% liner; 74% Ro-Ro	(35% portacontenedores; 65% Ro-Ro)	100% liner	100% liner	100% Ro-Ro
Idem JAP-PE	100% Ro-Ro	100% liner	100% liner	100% liner	100% Ro-Ro
Idem JAP-BOL	17% portacontenedores; 83% Ro-Ro	(100% portacontenedores)	100% liner	17% portacontenedores; 83% liner	100% portacontenedores
Idem JAP-RCH	100% portacontenedores	(100% portacontenedores)	100% liner	100% portacontenedores	100% portacontenedores
Acero, maquinaria, etc. JAP-PE	100% liner	100% liner	100% liner	100% liner	100% Ro-Ro
Idem JAP-BOL	100% liner	(45% liner; 55% Ro-Ro)	100% liner	100% liner	100% Ro-Ro
Idem JAP-RCH	100% liner	(100% Ro-Ro)	100% liner	100% liner	100% Ro-Ro
Vehículos JAP-PE	100% convertible	100% convertible	100% convertible	100% convertible	100% convertible
Idem JAP-BOL	100% convertible	(100% convertible)	100% convertible	100% convertible	100% convertible
Idem JAP-RCH	100% convertible	(100% convertible)	100% convertible	100% convertible	100% convertible
Minerales PE-JAP	49% convertible; 51% granelero	100% granelero	49% convertible; 51% granelero	30% convertible; 70% granelero	100% granelero
Idem BOL-JAP	100% granelero	(100% granelero)	100% granelero	100% granelero	100% convertible
Idem RCH-JAP	100% granelero	(68% convertible; 32% granelero)	100% granelero	33% convertible; 67% granelero	68% convertible; 32% granelero

Nota: Las asignaciones en paréntesis del segundo recorrido son efectivamente hechas para minimizar los costos de las demoras en tránsito de la carga enviada entre el Perú y Japón. La base informática de esas asignaciones es menor que ella para las otras asignaciones mostradas en el cuadro.