



Certificación ISO 9001:2008 ‡

Determinación analítica del Nivel de Servicio de una Terminal de Contenedores. Aplicación para el puerto de Veracruz.

Alejandro C. Guerrero Corrales

**Publicación Técnica No. 341
Sanfandila, Qro, 2011**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Determinación Analítica del Nivel de Servicio de
una Terminal de Contenedores.
Aplicación para el puerto de Veracruz.**

Publicación Técnica No. 341
Sanfandila, Qro, 2011

Este trabajo de investigación fue realizado en la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional del Instituto Mexicano del Transporte, por el M. en Ing. Alejandro Canek Guerrero Corrales, y fue supervisada por el M. en Ec. Víctor Manuel Islas Rivera y el Dr. Guillermo Torres Vargas.

Se agradece la colaboración del Dr. César Rivera Trujillo, de la Dirección General de Desarrollo Carretero de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como del Lic. Ángel Cortés Pérez, de la Coordinación de Puertos y Marina Mercante, también de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Las opiniones y análisis aquí contenidos son exclusivamente responsabilidad del autor y no necesariamente reflejan la opinión o postura institucional del IMT o de la SCT.

Índice

Resumen		iv
Abstract		vi
Resumen	Ejecutivo	viii
Capítulo 1.	Introducción	1
Capítulo 2.	Formulación de la calidad del servicio de las operaciones portuarias.	5
Capítulo 3.	Análisis estadístico multivariado	15
Capítulo 4.	Aplicación del análisis de las componentes principales	21
Capítulo 5.	Conclusiones	39
Bibliografía		41

Resumen

Una de las actividades más importantes que se realizan dentro de un puerto son las labores de carga y descarga, por ello analizar el Nivel de Servicio que se ofrece en los muelles es de gran trascendencia para las Autoridades Portuarias.

El Nivel de Servicio en los muelles está integrado por distintas variables que tienen incidencia en mayor o menor medida. Estas variables interactúan e impactan una a otras, lo que ha dificultado la medición y análisis de las mismas. El análisis estadístico multivariado puede ser una herramienta de gran utilidad para descifrar las interacciones que se presentan entre ellas. En este sentido, en el presente trabajo se utiliza el método del Análisis de las Componentes Principales, como una primera aproximación para desarrollar una medición analítica del Nivel de Servicio de un puerto. Los datos que se emplean en el estudio corresponden al puerto de Veracruz, puerto que maneja importantes volúmenes de carga contenerizada, siendo el segundo en importancia a nivel nacional en este tipo de carga.

Este estudio muestra que el tamaño de los contenedores, así como el tamaño de los buques que arriban al puerto, son factores determinantes en el rendimiento observado por el puerto de Veracruz.

Abstract

Between the most important activities that takes place within a port are the work of loading and unloading. Thus, the analysis of the level of service that is offered in the docks is of great importance for the Port Authority.

Level of Service in docks is made up of different variables that impact to a greater or lesser extent. These variables are interacting with each other, making it difficult to measure and analyze them. Therefore, a multivariate statistical analysis can be a useful tool for deciphering the interactions that occur between them.

In that sense, this work uses the method of Principal Component Analysis, as an exploratory attempt to develop an analytical measurement of service level of a port. The data used in the study correspond to the port of Veracruz, which handles large volumes of containerized cargo. In fact, it is the second in national importance of this type of load.

In this analysis we concluded that the size of containers and the size of ships are the most important factors in the performance of the port of Veracruz.

Resumen ejecutivo

En las últimas décadas el entorno en el que se desenvuelven los puertos ha sufrido profundas transformaciones originadas por el crecimiento del comercio internacional y el uso de mejores tecnologías en el sector transporte. Estos factores han presionado a los operadores portuarios a ofrecer mejores servicios a precios competitivos.

En la actualidad, para atraer carga no basta que un puerto se encuentre ubicado cercano a centros de consumo o de producción, sino que éste debe ofrecer una serie de servicios adicionales que permitan la integración de la cadena de suministro. Además, los servicios deben ofrecerse con altos estándares de calidad.

La calidad de un servicio no depende de un solo factor, por lo que para su valoración es preciso analizarla bajo distintas perspectivas y empleando distintos criterios. La implementación de la perspectiva es muy importante en actividades que ofrecen múltiples servicios como es el caso de los puertos. En un puerto existen múltiples clientes, y pudiera ocurrir que éste ofreciera un servicio de calidad, por ejemplo a los navieros, y al mismo tiempo hubiera quejas sobre el servicio prestado al transporte terrestre. En este trabajo, se realizó el análisis de las operaciones de carga y descarga en los muelles, es decir, considerándolo bajo la perspectiva de los agentes navieros.

Independientemente de la perspectiva de análisis que se esté considerando, existen criterios comunes que deben ser evaluados para conocer la calidad del nivel de servicio, como la eficiencia, los costos, el tiempo, la fiabilidad, diferenciación y seguridad.

La eficiencia es una medida de la utilización de recursos, y la obtención de esta medida para el sector portuario ha sido un tema planteado de manera recurrente en diversos trabajos. Considerando a las Autoridades Portuarias como propietarios de los recintos portuarios, les interesará optimizar al máximo el consumo de infraestructura y equipo disponible para realizar las maniobras portuarias. Sin embargo, en ausencia de competencia, un aparente incremento en la eficiencia de un puerto, podría ser finalmente perjudicial para los usuarios. Por ejemplo, si se decidiera utilizar una menor cantidad de equipo con el fin de usar más "eficientemente" el equipo con el que se quedará el puerto, ello podría representar que las maniobras portuarias emplearán más tiempo, ocasionando un mal servicio a los usuarios. En este sentido, será contraproducente considerar medidas parciales de eficiencia si no se analiza un mercado en verdadera competencia.

El desempeño portuario surge como una medida que tiene mayor importancia para los usuarios del puerto, el cual está basado en la tasa de rendimiento ofrecida por el puerto. Para los agentes navieros resulta trascendente conocer el tiempo que permanecerán sus embarcaciones dentro del recinto portuario.

Además de la calidad del equipo y mano de obra disponible en el puerto existen diversos factores que inciden en el desempeño de una terminal de contenedores. El tamaño de las embarcaciones que arriban al puerto, la cantidad de contenedores, así como el tamaño de los mismos, y el clima, entre otros, son algunos de los factores que es preciso considerar.

El hecho de que existan distintas variables por analizar en la determinación del nivel de servicio ofertado por un puerto, sugiere el empleo de un método de análisis multivariado ya que nos permite estudiar el comportamiento conjunto de más de tres variables. Se usa principalmente para comprender la relación entre varios grupos de variables al buscar las menos representativas para poder eliminarlas, simplificando así el análisis.

Una de las técnicas más empleadas en análisis multivariado es el Análisis de las Componentes Principales, cuyo objetivo es reducir la dimensión de un problema para hacerlo más manejable. Además, este método analiza las correlaciones entre las variables lo que proporciona una medida del grado de interacción existente entre ellas. En el presente trabajo, se analizaron las variables que se indican a continuación, como representativas del nivel de servicio ofertado en las terminales de contenedores.

- La cantidad de TEU's y de embarcaciones que fueron atendidos por el puerto como variables representativas de los cargos portuarios, ya que son precisamente éstos los que son sujetos de cargo.
- Los agentes navieros están interesados en conocer el tiempo que permanecen sus embarcaciones dentro de los recintos portuarios, por lo que para el análisis se consideró que la estadía en el puerto representa el tiempo de viaje.
- La fiabilidad representa la confianza que tienen los usuarios de un servicio, de que éste será prestado en tiempo y forma adecuados. Para medir esta variable se consideró el rendimiento en los muelles, es decir la tasa de transferencia de las mercancías, en TEU's / hora, así como el tiempo que permanecieron los buques en fondeo, solo porque el muelle estaba ocupado.
- Uno de los cambios tecnológicos más importantes en el sector marítimo portuario es el aumento en el tamaño de las embarcaciones. De

esta manera el tamaño promedio de las embarcaciones que arribaron al puerto fue una de las variables seleccionadas.

- La variable que se seleccionó para representar el cambio tecnológico en el equipo portuario fue la relación entre los contenedores de 40' y 20'. Esta es una variable importante, ya que si bien se requiere equipo de mayor capacidad para movilizar los contenedores más grandes, una vez que se cuenta con éste, el tiempo requerido para movilizar los contenedores de ambas dimensiones es el mismo.

Las variables anteriores fueron obtenidas de los datos estadísticos del puerto de Veracruz, puerto con el mayor tráfico de contenedores a nivel nacional en el Golfo de México. Los resultados estadísticos más destacados fueron los siguientes:

El puerto de Veracruz tuvo un tráfico promedio de 44,776 TEU's mensuales durante el periodo analizado. Con algunas excepciones, la demanda más alta se presenta en la segunda mitad del año.

Durante los primeros años de la muestra, el puerto mostró un crecimiento en la cantidad de TEU's positivo; sin embargo, para el año 2008 se apreció un ligero descenso al pasar de 583,389 TEU's movilizados en 2007 a 566,451. Esta situación se agravó más y el año 2009 el puerto registró la cifra más baja del periodo de la muestra, la cual fue de 459,912 TEU's.

Con relación a los buques, el puerto atendió un promedio de 36 embarcaciones mensuales. El mes en el que se registró la cantidad máxima de buques fue julio de 2009, mes en el que se atendieron 48 embarcaciones. En ese sentido, no se observa una relación entre la cantidad de buques y el tráfico de contenedores, pues, precisamente el año 2009, es el año que más embarcaciones se atendieron (498), pero fue el año con menor movimiento de TEU's.

El siguiente dato relevante de los buques fue la cantidad de ellos que entraron al fondeadero debido a la ocupación de los muelles. El porcentaje de embarcaciones fondeadas, respecto del total se incrementó durante el periodo de análisis, al pasar del 17.4 por ciento en 2003, al 25.7 en 2010. El año en que se presentó el porcentaje de buques en fondeo fue el 2008, cuando entraron al fondeadero el 13.2 por ciento del total de buques atendidos.

Del Análisis de Componentes Principales, se analizaron las cuatro primeras componentes, que explican el 78 por ciento de la varianza. En la primer componente se aprecia una relación directa entre las siguientes variables: cantidad de TEU's, cantidad de buques, tamaño de buques, buques que entran a fondeo y el tiempo de fondeo.

A la segunda componente puede asociársele con la disminución en la demanda de servicios portuarios, ya que la variable número de TEU's presenta signo negativo. Esta variable presenta una relación directa con la estadía, lo cual es de esperarse ya a que menor movimiento de contenedores la permanencia total de las embarcaciones debe disminuir.

La tercera componente confirma la importancia de mutar al movimiento de cajas de 40 pies, pues la relación de esta variable con el rendimiento es directa, es decir, una disminución en la cantidad de contenedores de 40", disminuirá el rendimiento portuario.

Después de haber practicado un análisis multivariado empleando el método del Análisis de las Componentes Principales al puerto de Veracruz, se encontró que un aumento en la demanda de servicios portuarios originará un descenso en la calidad del servicio ofertado, por lo que habrá que revisar si la infraestructura del puerto se encuentra rebasada, de acuerdo a la demanda observada.

Introducción

El comercio exterior representa una gran oportunidad de desarrollo y crecimiento económico para un país. El acceso a los grandes mercados dependerá, en gran medida, de que los flujos de mercancías se realicen a través de una Cadena de Suministro eficiente, es decir, reduciendo al mínimo los costos y tiempos en la entrega de productos, sin afectar el servicio ofertado.

Un eslabón fundamental para el desarrollo de la Cadena de Suministro, son las operaciones portuarias. Los puertos sirven como nodo de enlace entre los transportes marítimo y terrestre, además en ellos se ofrecen una gran variedad de servicios que deben facilitar el transporte de mercancías sin ruptura.

Dada la importancia que tienen los puertos como facilitadores del comercio exterior, dentro de la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional del Instituto Mexicano del Transporte, se decidió elaborar una serie de estudios tendientes a determinar la competitividad imperante en las principales terminales de contenedores del país.

La competitividad puede definirse por la capacidad de conservar y aumentar la participación de una empresa en el mercado. En este sentido, existen dos aspectos en los que las Autoridades Portuarias deben poner especial atención; la utilización de los recursos disponibles, y la calidad del servicio que están ofertando. La utilización de los recursos de un puerto, se mide bajo los criterios de productividad y eficiencia, mientras el concepto de Nivel de Servicio se utiliza para obtener medidas de la calidad en el servicio.

Liou y Tzeng (2007) presentan una definición del Nivel de Servicio como la visión general de los clientes, sobre la eficiencia de la organización y sus servicios. Dado que los puertos tienen diversos clientes, se pueden obtener diferentes medidas del Nivel de Servicio ofertado. En la presente publicación se pretende analizar las variables que inciden en el Nivel de Servicio Ofertado en las labores de carga y descarga.

Sin duda alguna, el tiempo que permanecen las embarcaciones dentro de los recintos portuarios es el factor que mayor importancia representa para los agentes navieros, y existen distintos factores que ocasionan variación en los tiempos observados para la atención de los buques.

Desde inicios de la década de 1990, se han empleado distintos criterios para evaluar a las operaciones portuarias, en ellos se señala que para el diseño de

indicadores portuarios surgen dos inconvenientes: la cantidad de factores que es preciso considerar y la interacción entre estos factores.

Es frecuente que para obtener una evaluación de conceptos, cuya definición incluye diversas variables, se emplee un método aditivo, es decir, cuantificar cada una de las variables por separado e integrarlas por medio de una adición, la cual puede incluir factores de ponderación. El problema de emplear este tipo de análisis es que, generalmente, las variables se encuentran interactuando entre sí, y al analizarse de manera individual, puede excluirse información relevante para el análisis.

Es preciso que este tipo de problemas se analicen bajo un enfoque sistémico, en el cual se considera que la interacción entre las partes de un sistema es más importante que el sistema en sí. Los métodos estadísticos de análisis multivariado, se presentan como una alternativa que puede auxiliar a analizar problemas cuantitativos desde una perspectiva sistémica.

Un método de análisis multivariado es el Análisis de las Componentes Principales, (PCA por sus siglas en inglés), el cual a través de la matriz de covarianzas convierte un problema con demasiada información estadística por uno equivalente, de menor dimensión, sin demasiada pérdida de información.

Debido a la gran importancia que tiene realizar el análisis bajo una perspectiva sistémica, el presente trabajo plantea como objetivo central analizar la interacción existente, entre los diversos factores cuantitativos que afectan el Nivel de Servicio ofertado por los puertos en las maniobras de carga y descarga.

Para cumplir con el objetivo planteado se hará uso del PCA, aplicándolo a las siguientes variables: la cantidad de TEU's movilizado por el puerto; la relación de contenedores de 40' / contenedores de 20'; la relación de contenedores llenos / contenedores vacíos; la cantidad de buques; el tamaño de las embarcaciones; la estadía de los buques en el puerto; la cantidad de embarcaciones que tuvo que permanecer en fondeo; las horas que permanecieron en fondeo; y, finalmente, el rendimiento observado por el puerto.

Con el método elegido se conocerá el grado de interacción de cada una de las variables, al separarlas en distintos componentes. El puerto que se seleccionó para realizar el análisis fue Veracruz, puerto que se ha mantenido con el mayor tráfico de contenedores en la costa del Golfo de México.

Obtener medidas de evaluación para las operaciones portuarias, es una actividad compleja dada la cantidad de parámetros que es preciso considerar. A manera de antecedente, en el presente trabajo se proporciona un panorama general de los trabajos más importantes cuyo objetivo central es obtener medidas de evaluación para las operaciones portuarias. Este resumen es incluido en el siguiente capítulo.

Las razones por las que el método PCA fue seleccionado como herramienta de análisis, así como la formulación matemática del mismo, se presentan en el Capítulo 3. En el Capítulo 4 se efectúa un análisis estadístico de las variables analizadas para el puerto seleccionado y se muestran los resultados obtenidos al aplicar el PCA. Finalmente, se desarrollan las conclusiones y se proponen alternativas que contribuyan al desarrollo de medidas con un enfoque sistémico para evaluar a las operaciones portuarias.

1 Formulación de la calidad del Servicio de las operaciones portuarias

Los recursos naturales

El entorno donde se llevan a cabo las actividades portuarias se ha transformado drásticamente durante las últimas dos décadas. El crecimiento del comercio internacional, las mejoras tecnológicas observadas en el transporte y los cambios administrativos en materia portuaria son algunos de los factores que impulsaron importantes cambios dentro de este sector.

En materia administrativa, uno de los cambios más importantes fue la descentralización de las actividades portuarias. Como lo indica el estudio de la UNCTAD¹ (1992), antes de la descentralización, correspondía a los Gobiernos la operación de los puertos. Este hecho originaba que la selección de puertos estuviera más orientada a decisiones basadas en planeación sectorial que al mercado en sí.

Con la presencia de inversión privada, se incrementó en los puertos la competencia por atraer flujos de mercancías, originando que los operadores prestaran atención en mejorar la calidad en los servicios ofertados. Para mejorar la calidad de un servicio, se requiere, en primer lugar, definir este concepto y, después, desarrollar un marco de evaluación integral.

Liou y Tzeng (2007) presentan un par de definiciones tomadas de los trabajos de Park, entre otros, y del de Chen y Chang. Para los primeros la calidad del servicio es la impresión general de los clientes sobre la eficiencia de la organización y sus servicios, mientras que los segundos la consideran como una cadena de servicios, en la que la prestación completa del servicio es dividida en una serie de procesos.

Si bien la calidad de un servicio tiene una interpretación subjetiva que dificulta establecer una definición unánime, las interpretaciones planteadas en el párrafo anterior sugieren que este concepto se basa en la percepción que los usuarios del servicio tengan acerca de la procuración del mismo.

El nivel de servicio es un concepto que se emplea para evaluar la calidad ofertada. Una definición de este concepto para el transporte la ofrecen Molinero y Sánchez

¹ Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

(1996), quienes consideran a éste como una medida general que integra todas las características del servicio transporte que afectan al usuario.

En este sentido, el primer paso para evaluar el nivel de servicio, será identificar aquéllas características que afectan al usuario. Sussman (2000), indica que los criterios que deben analizarse para medir el nivel de servicio en el transporte de pasajeros son: el precio, el tiempo del viaje, la frecuencia del servicio y el confort; mientras que para el transporte de mercancías considera al precio, tiempo de viaje, fiabilidad del servicio, disponibilidad de equipos especiales y las pérdidas y daños a la mercancía como las variables más importantes.

En un trabajo de aplicación realizado de manera específica para las operaciones portuarias, Ha (2003), sugiere criterios más cualitativos para evaluar al nivel de servicio, como la información disponible de las actividades relacionadas con el puerto, localización del puerto, tiempo de respuesta del puerto, disponibilidad de las instalaciones, gestión portuaria, costos portuarios y conveniencia para los clientes.

En los siguientes incisos se analizarán distintos criterios que pueden considerarse para un análisis del nivel de servicio de los puertos, también se proponen distintas variables que representen a estos criterios. Es necesario mencionar que el presente trabajo se realiza bajo la perspectiva de los agentes navieros, es decir, solo se consideran las labores de carga y descarga.

1.1 Eficiencia de las operaciones portuarias

Cuando se requiere conocer si en un proceso de producción se está optimizando el uso de los recursos disponibles, suele recurrirse a los conceptos de eficiencia y productividad. A este último concepto, se le define como el cociente entre la producción observada entre los insumos empleados para obtener dicha producción, mientras que la eficiencia es una relación entre la productividad observada y la productividad máxima alcanzable.

Las medidas de eficiencia, se han desarrollado teniendo en cuenta métodos basados en los conceptos de eficiencia desarrollados por Farrel (1957), quien identificó dos causas por las que se presentan ineficiencias en la producción; cuando se produce empleando mayor cantidad de insumos de los necesarios, y cuando la producción no se realiza con la mejor combinación de insumos, dados los costos de los mismos. Al primer caso se le conoce como eficiencia técnica y al segundo como eficiencia económica.

La Figura 1.1., puede auxiliar para comprender el concepto de la eficiencia técnica. En esta se muestra un proceso de producción simple que emplea un solo

insumo para producir un producto, a la curva F, se le denomina Frontera de Producción, es decir, es la producción máxima alcanzable dada la tecnología disponible. Es fácil deducir que el punto A, presenta ineficiencias en su producción, ya que si empleara la tecnología adecuadamente, podría obtener una mayor cantidad de producto desplazándose al punto B, o bien, podría estar en el mismo nivel de producción, pero reducir el consumo de insumo (punto C).

Los distintos métodos que se emplean para medir la eficiencia técnica difieren entre sí en la generación de la frontera de producción. En materia portuaria, los métodos más empleados son el Análisis de la Envolvente de Datos (DEA por sus siglas en inglés), y el de las Fronteras Estocásticas.

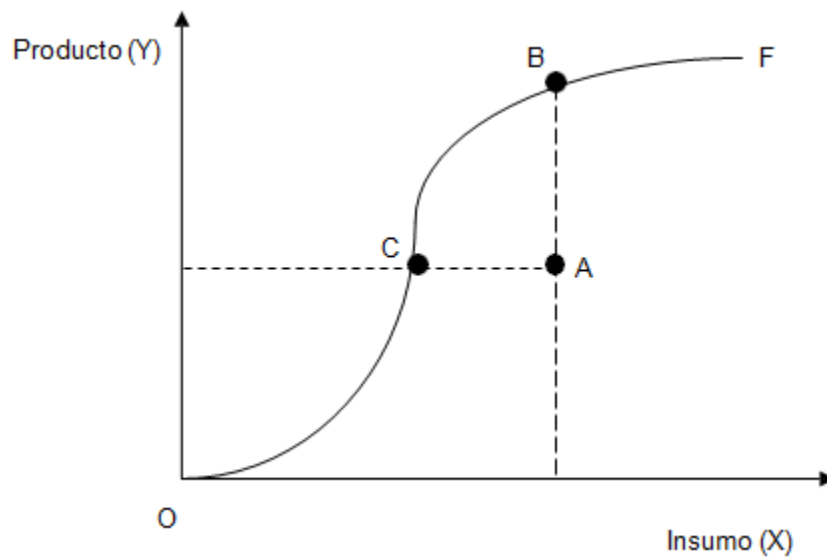


Figura 1.1 Frontera de la producción y eficiencia técnica
Fuente: Coelli y otros (1998)

En los siguientes párrafos, se presentan algunos de los trabajos que han medido la eficiencia de las operaciones portuarias. Para profundizar más acerca de los métodos de medición de la eficiencia se recomienda revisar Fried, Novell y Schmidt (2008).

Sin duda alguna, el método más aplicado para determinar la eficiencia en los puertos ha sido el DEA, el cual utiliza el enfoque no paramétrico, y crea la frontera de producción máxima empleando programación lineal. Los primeros en aplicar el método DEA a puertos fueron Poitras, Tongson y Li (1996), quienes midieron la eficiencia de las terminales con mayor tráfico de contenedores. Posterior a ellos Bonilla, et al. (1997), emplean el DEA para medir la eficiencia entre los puertos españoles, estos investigadores no se limitan al movimiento de contenedores sino que evalúan todo el movimiento de carga, clasificando a los puertos en alta, mediana y baja eficiencia. Otro estudio que analiza la eficiencia en los puertos

españoles es el de Martínez et. al. (1999), quienes emplean el citado método DEA para medir la eficiencia de las Autoridades Portuarias en España. Una conclusión a la que llegaron estos autores fue que los puertos con mayores recursos obtuvieron mayores índices de eficiencia.

Maximizar la producción y minimizar la utilización de insumos fue la función objetivo de Cullinane et. al. (2004), quienes obtuvieron la eficiencia de las terminales de contenedores más grandes del mundo por medio del DEA. Por su parte, Herrera y Pang (2004), además de obtener la eficiencia de 51 terminales de contenedores de distintas características, comparan los resultados obtenidos mediante dos métodos para obtener la frontera, el DEA y el FDH (Free Disposable Hull).

En cuanto al método de las fronteras estocásticas, aplicado al sector portuario, puede apreciarse en trabajos como el de Estache y et. al. (2002), quienes determinan la eficiencia técnica de once terminales portuarias en México para conocer si las reformas portuarias habían traído ganancias en la eficiencia. Asimismo, González (2004) utiliza el método para determinar los cambios en la eficiencia de los principales puertos españoles, para el periodo comprendido entre los años de 1990 y 2002.

Es necesario señalar que los trabajos descritos están realizados bajo la perspectiva del propietario o administrador del puerto, ya que consideran como insumos a la infraestructura y al equipo portuario, mientras que el producto es la cantidad de mercancía movilizada.

La razón para considerar a la eficiencia en el nivel de servicio, a pesar de que este criterio esté más concentrado en los administradores o propietarios que en los clientes, es que al proporcionar un servicio eficiente, se estará asegurando que éste sea eficaz. Como lo indican Checkland y Scholes (1994) la eficiencia se encuentra a un nivel más alto de la efectividad.

La aseveración de que ser eficiente implica ser eficaz, solo es válida para un mercado en competencia perfecta. Las prácticas desleales pueden originar que en un afán de ahorrar, los puertos no optimicen sus recursos, sino, simplemente reduzcan el consumo de insumos afectando a sus usuarios.

En el trabajo de Van Niekerk (2005), se sugiere que, en muchos casos, la ausencia de un mercado suficientemente grande ha originado que muchos puertos pasaran de monopolios públicos a monopolios privados, especialmente en los países africanos, algunas regiones de Asia y América Latina.

Esta problemática, sugiere que las medidas de eficiencia desde la perspectiva del propietario, desafortunadamente, no sea un indicador útil para obtener el nivel de servicio ofertado por un puerto.

Debido a esta limitante, será necesario revisar un escalón debajo de la eficiencia, es decir, en las medidas de efectividad. La medida de efectividad más empleada en los puertos es el desempeño, concepto que se discute en el siguiente apartado.

1.2 Desempeño portuario

Un puerto puede ser analizado como un proceso de transformación que tiene una entrada de mercancías, las cuales son “transformadas” (manipuladas) dentro del puerto, para generar una salida de las mismas. El desempeño portuario, entonces puede definirse como un indicador de eficacia de dicho proceso, es decir verificará si los medios elegidos funcionan en la generación de la salida deseada.

Existen diversos trabajos que analizan el desempeño portuario, uno de los más sobresalientes es el de Talley (1994), quien consideró que el desempeño portuario está en función de los tiempos y costos que afectan a los distintos usuarios de los puertos, es decir, a los agentes navieros y a los transportistas terrestres. Basado en el criterio del precio sombra propone indicadores para evaluar el desempeño del puerto desde una perspectiva económica.

Por su parte, Tongzon (1995) aplica el método de mínimos cuadrados de dos etapas para obtener los factores subyacentes tanto del desempeño como de la eficiencia de una muestra internacional de 23 puertos. Los factores analizados para el desempeño son: la cantidad de contenedores anuales; localización del puerto; frecuencia de arribo de los buques; nivel de actividad económica; los cargos portuarios y la eficiencia en los muelles (número de contenedores manejado en los muelles por hora). Mientras que los factores que consideró en el análisis de eficiencia fueron: la mezcla de los contenedores (relación de cajas de 40 pies entre cajas de 20); las demoras por fondeo; demoras en atención de las embarcaciones; productividad de las grúas y el tamaño de las embarcaciones. Una conclusión sobresaliente de este estudio es el hecho de la notable influencia que presentó la eficiencia en el desempeño portuario.

Mientras que Marlow y Paixao (2005), sugieren medir el desempeño de los puertos a través del concepto de puerto ágil, al que consideran una condición necesaria para conservarse dentro de las preferencias de los clientes de los puertos. Bajo este concepto, los puertos deben realizar alianzas con otros puertos, y con los transportistas terrestres de manera tal que se forme una red eficiente para los envíos puerta a puerta.

La idea central en este trabajo es proponer una serie de indicadores que ejerzan presión a los puertos para que éstos se transformen paulatinamente en puertos ágiles. De acuerdo con los autores el primer paso para llevar a cabo esta transformación, es racionalizar los recursos y proponen una clasificación más, la de puerto “magro”, es decir aquél que es capaz de mover la carga de forma rápida y sin problemas, alineada con la demanda del mercado, eliminando desperdicios en los procesos. Los indicadores que se proponen están basados en el concepto

de efectividad y no en la eficiencia, ya que consideran que la efectividad está más relacionada con la visión de los clientes, además de que como se mencionó anteriormente, la eficiencia está contenida dentro de la efectividad

Desde la perspectiva del cliente, la medida más importante dentro del desempeño que presentan los puertos en las maniobras de carga y descarga son los tiempos de atención a las embarcaciones. Ginés, Campos y Nombela (2003), resaltan el valor del tiempo dentro del transporte, en donde consideran que, para los usuarios, el tiempo tiene mayor importancia que los costos.

Dentro de un puerto se pueden distinguir distintos tiempos de atención a las embarcaciones conforme se muestra en la Figura 1.2. Si bien para los operadores del puerto resultará útil distinguir estos tiempos, a un agente naviero lo que le resulta de interés es el tiempo total que permanece su embarcación dentro del recinto portuario.

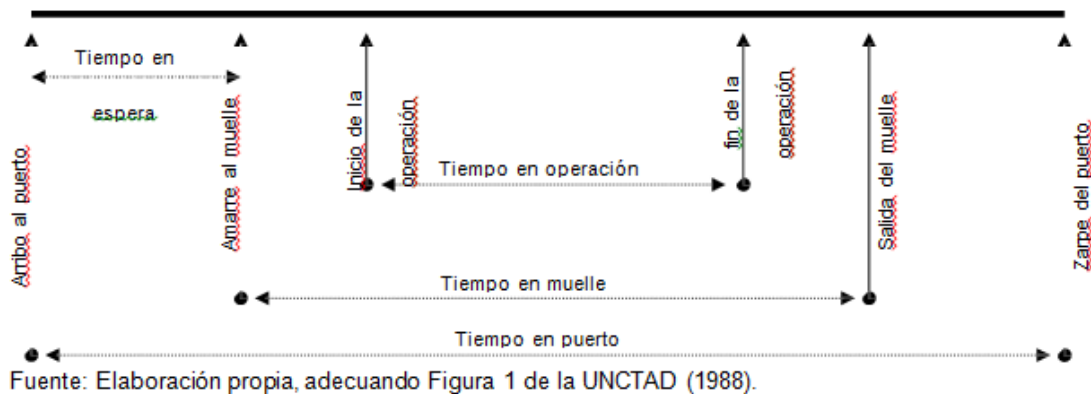


Figura 1.2 Tiempos de la nave.

Como puede apreciarse en la Figura 1.2, el tiempo en el puerto incluye el tiempo en espera, el tiempo en el muelle y el tiempo en operación. De estos tiempos, el de espera es el que resulta más crítico para los navieros, pues éste representa tiempo muerto.

La espera de un buque para ser atendido obedece a dos razones principales; que los muelles estén ocupados, o bien que las condiciones meteorológicas no permitan realizar maniobras portuarias. Dado que el último caso escapa al control de los operadores, a continuación se discuten distintas variables que inciden en los tiempos de atención de los puertos.

La tasa de rendimiento. Esta es una medida que relaciona la cantidad de contenedores movilizadas por el puerto en determinado tiempo, generalmente en horas. El rendimiento está en función de la cantidad y calidad del equipo portuario y del personal encargado de la manipulación de la carga. Dentro del

rendimiento influyen también otras variables, como la disposición de los equipos y la proporción de contenedores vacíos que moviliza el puerto

La cantidad de contenedores de 40'. El tiempo que se precisa para movilizar un contenedor de 20', es prácticamente el mismo que para el de 40', mientras que la capacidad de estos últimos es el doble, por lo que, es de suponer que mientras mayor sea la cantidad de contenedores de 40', se disminuirá el tiempo de atención a los buques.

Tamaño de las embarcaciones. Al igual que sucede con los contenedores, un mayor tamaño de las embarcaciones sería benéfico para el puerto, ya que se reduciría la cantidad de barcos que arriban al puerto obteniendo mejoras en los tiempos de atención.

Para generar una medición del desempeño portuario, tendrá más utilidad analizar la interacción que existe entre las variables mencionadas que observarlas de manera independiente. El empleo de un enfoque sistémico proporcionará nuevos elementos para el análisis que se perderían si se emplea un enfoque reduccionista.

1.3 Otros criterios que determinan el nivel de servicio en los puertos

Como se indicó en la sección inicial del presente capítulo, además del tiempo de atención, existen otros factores a considerar en la evaluación del nivel de servicio en los puertos, como son los cargos portuarios, la fiabilidad del servicio, la disponibilidad de equipo especializado, y la seguridad.

1.3.1 Cargos Portuarios

Los usuarios del frente marítimo de los puertos, tienen que sufragar costos a las Administraciones Portuarias, así como al operador portuario. Las Administraciones Portuarias realizan cargos se efectúan tanto por el uso y aprovechamiento de la infraestructura portuaria, así como por la prestación de diversos servicios. Mientras que los cargos que llevan a cabo los operadores serán por el manejo y manipulación de la carga.

Dentro de los cargos por uso de infraestructura se encuentran; puerto fijo, puerto variable, atraque y muellaje. Los servicios que cobra la Administración Portuaria son: remolque, pilotaje, lanchaje, y algunos servicios adicionales como reconocimiento sanitario y migración.

Dentro de los cargos que se realizan por el manejo de contenedores están los siguientes: descarga de buque a costado de muelle, reacomodo de contenedores, traslado de costado de muelle a patio de almacenamiento o viceversa, entrega – recepción y maniobras adicionales en tierra. Cabe señalar que los cargos para contenedores de 40 y 20 pies son los mismos, así como para las maniobras de contenedores llenos o vacíos.

1.3.2 Fiabilidad del Servicio

Sin lugar a dudas, los costos y tiempos serán los factores más importantes que consideren los usuarios de un puerto para evaluar el nivel de servicio, sin embargo, existen una serie de factores que otorgarán una diferenciación para la apreciación de la calidad del servicio.

Uno de estos factores es la fiabilidad, a la que Tongzon y Heng (2005) definen como el funcionamiento constante y previsible adaptado a los horarios de las líneas navieras. En este sentido, para que un puerto resulte fiable a los ojos de los navieros, deberá contar con una adecuada programación de buques que reduzca los tiempos de fondeo de las embarcaciones.

1.3.3 Disponibilidad de equipo especializado

El desarrollo de la tecnología en el transporte ha permitido a los navieros aprovechar los efectos de las economías de escala. Las dimensiones de los buques porta-contenedores han tenido un notable aumento en los últimos años. Durante las décadas de 1970 y 1980, los barcos tenían una capacidad de transportar 3,000 TEU's², mientras que hoy superan los 10,000. En el Cuadro 2.1, se muestra la evolución que han tenido los buques porta-contenedores.

El aumento en el tamaño de las embarcaciones ha incrementado las exigencias de los navieros sobre las Autoridades Portuarias, a fin de que éstas proporcionen la infraestructura y equipo adecuado para atender a las embarcaciones. En este sentido, los puertos han tenido que realizar las obras pertinentes para incrementar la profundidad de calado, asimismo se ha demandado un aumento en la capacidad de las grúas pórtico de los muelles.

Otro aspecto que resulta de gran trascendencia para los usuarios de los puertos es contar con información que les permita seguir los movimientos de la carga. En este sentido los puertos deben contar con equipo que les permita proveer esta información a sus usuarios. Las tecnologías de la información es uno de

² TEU's (twenty feet equivalent unit) es la unidad de equivalencia que corresponde a un contenedor de 20 pies de largo x 8 pies de ancho por 8.5 pies de alto.

los factores que de acuerdo con la UNCTAD (1992) puede incidir en la decisión de utilizar una terminal portuaria.

Cuadro 2.1 Evolución de los Buques porta contenedores

Buques	TEU's	Eslora (m)	Manga (m)	Calado de diseño (m)	Profundidad de atraque (m)
Primera generación (1968)	1,100				
Segunda generación (1970-1980)	2,000 a 3,000	213	27.40	10.80	12.00
Panamax (1988-1995)	3,000 a 4,500	294	32.00	12.20	13.00
Post Panamax (1994-1996)	4,000 a 5,000	280 - 305	41.10	12.70	14.00
Quinta generación (1996-2005)	6,400 a 8,000	300 - 347	42.90	14.50	15.80
Emma Maersk (2007)	11,000	397	56.00	15.00	15.80

Fuente: Ocean Shipping Consultants, 2006.

1.3.4 Probabilidad de pérdidas y daños

Una preocupación latente en los puertos es que la mercancía que transita por ellos llegue al usuario final completa y sin daños causados por el manejo dentro de los recintos portuarios. En este sentido un puerto debe proveer seguridad en todas sus operaciones

2 Análisis estadístico multivariado

Como se constató en el capítulo anterior, para medir el nivel de servicio en los puertos es necesario considerar distintos criterios, los cuales se encuentran integrados por distintas variables. Las variables pueden incidir en uno o distintos criterios, además de que de la interacción existente entre ellas pueden obtenerse apreciaciones importantes para el análisis.

El análisis de las relaciones entre variables es sencillo cuando se trata de tres o menos variables. Para problemas de dos variables se pueden analizar las relaciones al graficarlas, en un espacio de tres dimensiones es factible, con herramientas de cómputo, rotar los ejes y analizar las variables. La situación se complica para problemas con dimensión mayor a cuatro.

El análisis estadístico multivariado permite estudiar el comportamiento conjunto de más de tres variables. Se usa principalmente para buscar las variables menos representativas para poder eliminarlas, simplificando así el análisis y para comprender la relación entre varios grupos de variables. Por lo que este tipo de análisis surge como una herramienta ideal para tratar el problema que compete.

Dentro del análisis multivariado se plantean diferentes modelos y métodos, cada uno con su tipo de análisis. Los Métodos de Dependencia tratan de predecir el comportamiento de determinadas variables a partir del conocimiento de otras. Son Métodos de Dependencia los estudios de regresión, la correlación canónica, el análisis discriminante y la regresión logística.

Por su parte, los Métodos Estructurales analizan las relaciones existentes entre un grupo de variables representadas por sistemas de ecuaciones simultáneas en las que se suponen que algunas de ellas (denominadas constructos) se miden con error a partir de otras variables observables denominadas indicadores. Los modelos utilizados constan, por lo tanto, de dos partes: un modelo estructural que especifica las relaciones de dependencia existente entre las constructos latentes y un modelo de medida que especifica como los indicadores se relacionan con sus correspondientes constructos.

Finalmente, los Métodos de Interdependencia son útiles para extraer información relevante de un conjunto de datos. Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

Dado que la problemática de interés es conocer la interacción entre un grupo considerable de variables, se considera que los Métodos de Interdependencia representan el modelo que más se ajusta para abordar el problema. En los siguientes apartados se presentan de manera sintetizada tres de los modelos más representativos de los Métodos de Interdependencia; Análisis de Componentes Principales; Análisis Factorial y Análisis de Conglomerados.

2.1 Análisis de las Componentes Principales

Una de las técnicas más empleadas en análisis multivariado es el Análisis de las Componentes Principales (en adelante PCA), cuyo objetivo es reducir la dimensión de un problema para hacerlo más manejable. De acuerdo con Giri (2004), el PCA fue introducido por Karl Pearson en 1901 para variables no estocásticas; y generalizado por Hotelling en 1933 para variables aleatorias. En la presente sección se muestra la formulación básica del método, como la proponen Härdle y Simar (2007), mientras que en el citado trabajo de Giri (2004) se presenta la formulación matemática completa.

Cuando se tiene una muestra demasiado grande, es complicado analizar todos los datos, la forma más simple de reducir una muestra es considerando algunos datos del vector que contiene a los datos, sin embargo, una selección arbitraria de cuáles datos considerar se traducirá en pérdida de información importante. Como lo indican Härdle y Simar (2007) un método alternativo consiste en estudiar un promedio ponderado:

$$\delta^T x = \sum \delta_j x_j \text{ tal que } \sum_{j=1}^p \delta_j^2 \quad (1)$$

Donde es posible optimizar al vector ponderador $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_p)^T$ para investigar funciones específicas. A la ecuación (1) se le llama combinación lineal estándar (SLC). Surge entonces, la duda de cuál (SLC) se debe elegir. Un objetivo puede ser maximizar la varianza de la proyección $\delta^T x$, es decir seleccionar δ de acuerdo a:

$$\max_{\{\delta: \|\delta\|=1\}} \text{Var}(\delta^T x) = \max_{\{\delta: \|\delta\|=1\}} \delta^T \text{Var}(x) \delta \quad (2)$$

Las direcciones de interés de δ son encontradas a través de la descomposición espectral de la matriz de covarianza. La dirección δ es dada por el vector característico V_1 correspondiente al mayor valor característico λ_1 de la matriz de covarianza $\Sigma = \text{Var}(x)$.

La (SLC) con la máxima varianza, obtenida al maximizar la expresión (2), es la primer componente principal (PC) $y_1 = y_1^T X$ Ortogonal a la dirección y_1 se encuentra la (SLC) con el segundo valor más alto de varianza $y_2 = y_2^T X$, la segunda componente principal (PC).

Al continuar con dicho procedimiento, y se formula en notación matricial, el resultado de la variable aleatoria X con $E(X) = \mu$ y $Var(X) = \Sigma = \Gamma \Lambda \Gamma^T$ es la transformación de las componentes principales, que es definida como:

$$Y = \Gamma^T (X - \mu) \Gamma$$

Cuando se emplea la matriz de covarianza, el método es sensible a la escala en la que están representadas las variables, para evitar esto, se puede emplear la matriz de correlación en lugar de la de covarianzas.

Si bien la virtud principal del PCA es tratar de reducir la dimensión de las variables, trabajar con la matriz de correlación es de gran utilidad para agrupar a las variables que tengan mayor correlación y analizar la interacción que existe entre éstas.

En el diseño de metodologías para evaluación, el PCA ha sido comúnmente empleado como un método auxiliar de la metodología, tal es el caso del trabajo de Liou y Tzeng (2007). En este trabajo, el objetivo central era evaluar la calidad del servicio ofertado por las aerolíneas, por medio de una metodología no aditiva, para lograrlo utilizaron el PCA en las primeras etapas de la metodología. Obtener la correlación de las variables para cada componente principal, les permitió agrupar a las variables para posteriormente ponderarlas y obtener una evaluación.

Asimismo, el objetivo en Sánchez y otros (2003) es examinar los factores determinantes en el transporte marítimo poniendo énfasis en la eficiencia portuaria. Para medir está última, aplican encuestas a los usuarios de distintos puertos de Sudamérica, a los resultados de dichas encuestas les aplican PCA y con los resultados analizan los factores subyacentes de la eficiencia portuaria.

Otro trabajo digno de mención es el de Tongzon y Heng (2005), quienes se sirven del PCA para desarrollar una medición de la competitividad de las principales terminales de contenedores. En este trabajo, el PCA es utilizado para analizar la interacción entre siete variables, que de acuerdo con los autores, integraban la competitividad portuaria.

2.2 Análisis Factorial

El Análisis Factorial es una técnica estadística de reducción de datos usada para explicar la variabilidad entre las variables observadas en términos de un número menor de variables no observadas llamadas factores. Las variables observadas se modelan como combinaciones lineales de factores más expresiones de error.

El objetivo del método es explicar los resultados de p variables en una matriz de datos X , empleando pocas variables. De manera idealizada, toda la información de X podrá representarse por un pequeño número de factores. Esos factores son interpretados como características comunes de lo observado $X \in \mathbb{R}^p$. El caso que se acaba de analizar ocurre cuando cada $x = (x_1, \dots, x_p)^T$ observado pueda escribirse como:

$$x_j = \sum_{l=1}^k q_{jl} f_l + \mu_j, j = 1, \dots, p$$

El Análisis Factorial y el PCA, emplean las mismas herramientas matemáticas para su formulación, por lo que a primera vista podría pensarse que el uso de los métodos es indistinto y que no existirán variaciones importantes en los resultados obtenidos. Sin embargo, existen grandes diferencias entre ambos métodos.

De acuerdo con Härdle y Simar (2007) la principal diferencia entre estos métodos tiene que ver con la filosofía del modelo. Mientras en Análisis Factorial impone una estructura rígida de un número fijo de factores comunes, el PCA determina p factores en orden decreciente, de acuerdo a su importancia. “El factor más importante en PCA es él que maximiza la varianza proyectada. El factor más importante en análisis factorial es el que da la interpretación máxima” (Härdle y Simar 2007).

2.3 Análisis de conglomerados

El Análisis de Conglomerados es una técnica que nos permite agrupar variables tratando de que cada grupo sea lo más homogéneo entre sí, y heterogéneo entre los demás. Esto se hace agrupando individuos de la muestra que presenten características similares de acuerdo a un criterio establecido. Resulta conveniente que, una vez que se obtengan los grupos, estos se analicen con algún otra técnica, como puede ser PCA.

En el citado trabajo de Härdle y Simar (2007), se indica que el punto de partida para el Análisis Factorial es la matriz de datos $X(n \times p)$ con n medidas de p variables. La similitud se describe por una matriz $D(n \times n)$

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & L & L & L & d_{1n} \\ M & d_{22} & & & & M \\ M & & O & & & M \\ M & & & O & & M \\ M & & & & O & M \\ d_{n1} & d_{n2} & L & L & L & d_{nn} \end{pmatrix}$$

La matriz D contiene medidas de similitud o disimilitud para los n objetos. Si los valores d_{ij} son distancias, entonces son las medidas de disimilitud. Mientras mayor es la distancia, menor similitud habrá entre los objetos. Si los valores d_{ij} son medidas de proximidad, ocurre lo contrario, es decir, mientras mayor proximidad exista entre las variables, mayor similitud habrá entre ellas. Una matriz de distancia podría estar definida por L_2 -norm: $d_{ij} = \|x_i - x_j\|_2$ donde x_i y x_j representan los renglones de la matriz de datos X . La distancia y la similitud son duales. Si d_{ij} es una distancia, entonces $d_{ij} = \max_{i,j} \{d_{ij}\} - d_{ij}$ es una medida de proximidad.

Cuando se tiene una gran cantidad de variables, resulta útil emplear un Análisis de Conglomerados, que permita agruparlas para su posterior análisis. Este método ha sido ampliamente aplicado dentro de la medicina y la mercadotecnia.

2.4 Variables consideradas para el análisis

De acuerdo con Magala y Sammons (2008), los agentes navieros toman en consideración distintos factores que van más allá de la eficiencia en las terminales, y la ubicación de éstas. El objetivo de los usuarios de los puertos es reducir al máximo los costos y tiempos en la entrega de mercancías, por lo que requieren que un puerto además de ofrecer eficiencia en sus operaciones y contar con una ubicación que permita el acceso a importantes zonas de producción y consumo, incluyan servicios que articulen la cadena de suministro.

En ese sentido, las variables que deben considerar las Autoridades Portuarias para conocer si están brindando un servicio adecuado se han incrementado. En el capítulo precedente, se revisaron diversos trabajos en los que se proponían distintos criterios para valorar la calidad del servicio, de ellos, se considera que los establecidos por Sussman (2000), proporcionan una visión más integral, al evaluar la calidad del servicio en 5 dimensiones. A continuación se describirán las variables que se juzgó conveniente incluir para analizar cada uno de los criterios propuestos en el citado trabajo, sin perder de vista que para su selección se consideraron únicamente las actividades desarrolladas en los muelles.

- a) **Precio:** En el capítulo anterior se señaló que existen cargos por uso y aprovechamiento de la infraestructura, así como cargos por los servicios brindados a la embarcación. Debido a que la muestra de este análisis incluirá solo un puerto, carece de sentido analizar los cargos, ya que la variación para el periodo de análisis fue poco significativa. Sin embargo, es posible considerar al número de TEU's y de embarcaciones que fueron atendidos por el puerto como variables representativas de los cargos, ya que son precisamente éstos los que son sujetos de cargo.
- b) **Tiempo de viaje:** Los agentes navieros están interesados en conocer el tiempo que permanecen sus embarcaciones dentro de los recintos portuarios, por lo que para el análisis se consideró que la estadía en el puerto representa el tiempo de viaje.
- c) **Fiabilidad del servicio:** La fiabilidad representa la confianza que tienen los usuarios de un servicio, de que éste será prestado en tiempo y forma adecuados. Para medir esta variable se consideró el rendimiento en los muelles, es decir la tasa de transferencia de las mercancías, en TEU's / hora, así como el tiempo que permanecieron los buques en fondeo, solo porque el muelle estaba ocupado.
- d) **Disponibilidad de equipo especializado:** Uno de los cambios tecnológicos más importantes en el sector marítimo portuario es el aumento en el tamaño de las embarcaciones. De esta manera el tamaño promedio de las embarcaciones que arribaron al puerto fue una de las variables seleccionadas. La variable que se seleccionó para representar el cambio tecnológico en el equipo portuario fue la relación entre los contenedores de 40' y 20'. Ésta es importante, ya que si bien se requiere equipo de mayor capacidad para movilizar los contenedores más grandes, una vez que se cuenta con el equipo, el tiempo requerido para movilizar los contenedores de ambas dimensiones es el mismo.
- e) **Probabilidad de pérdidas y daños:** Desde luego que este criterio tiene gran importancia para los usuarios del puerto, desafortunadamente, no fue posible tener acceso a la información pertinente, por lo que no será incluido en el modelo.

Adicional a las variables indicadas, se decidió incluir la relación entre los contenedores llenos sobre los vacíos, ya que ésta es un indicador de la actividad económica del hinterland atendido por el puerto. El hecho de tener una relación alta, implicará que la actividad económica es elevada al tener mayor cantidad de contenedores llenos que vacíos. Así, con las variables seleccionadas, se considera que el método que es de mayor utilidad para construir el modelo de análisis es PCA, en primer lugar porque solo se analizarán 8 variables, por lo que no es pertinente utilizar un Análisis de Conglomerados. Además, se juzga más conveniente obtener la importancia de las componentes, que proponerlas a priori.

3 Aplicación del Análisis de las Componentes Principales

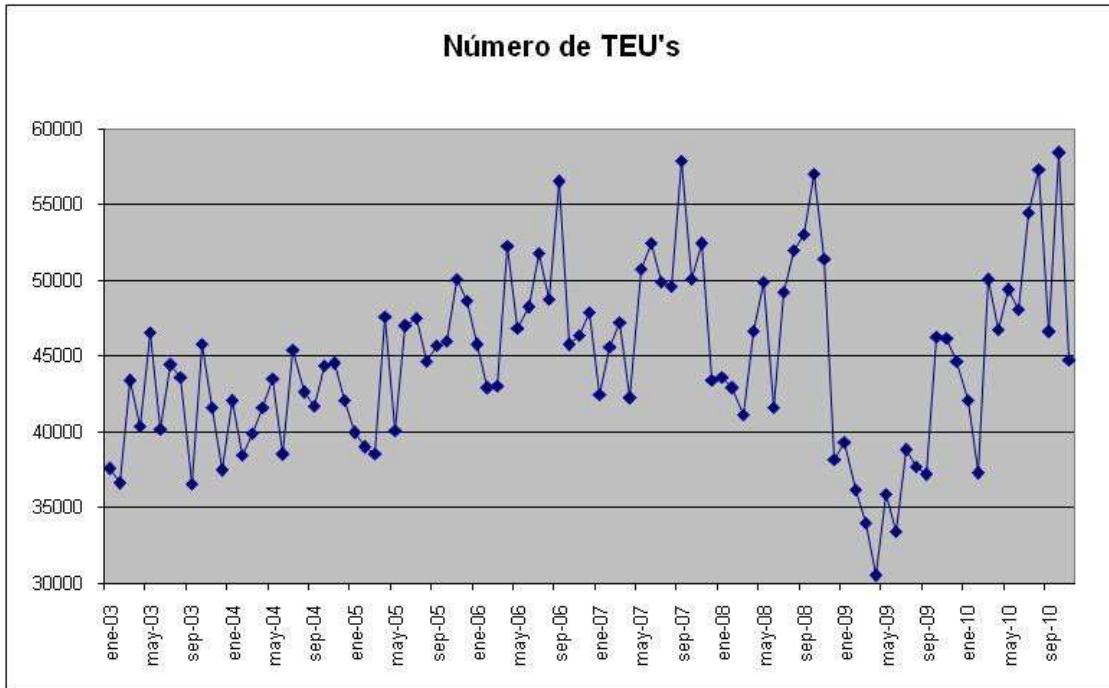
3.1 Análisis Estadístico

La importancia histórica del puerto de Veracruz en cuanto al tráfico de contenedores a nivel nacional es notable, el puerto fue líder en el movimiento de contenedores a nivel nacional hasta el año 2001. En la actualidad Veracruz es el segundo puerto en importancia en tráfico de contenedores solo por debajo de Manzanillo, puerto que ha aprovechado el enorme crecimiento del comercio entre México y la Región Asia – Pacífico.

El puerto de Veracruz tuvo un tráfico promedio de 44,776 TEU's mensuales durante el periodo analizado. Con algunas excepciones, la demanda más alta se presenta en la segunda mitad del año. Siendo los meses de septiembre octubre y noviembre, en los que generalmente el flujo de contenedores es mayor. El valor más alto registrado fue el del mes de octubre de 2010, mes en el que el puerto movilizó 58,399 TEU's, mientras que el valor más bajo ocurrió en el mes de abril de 2009.

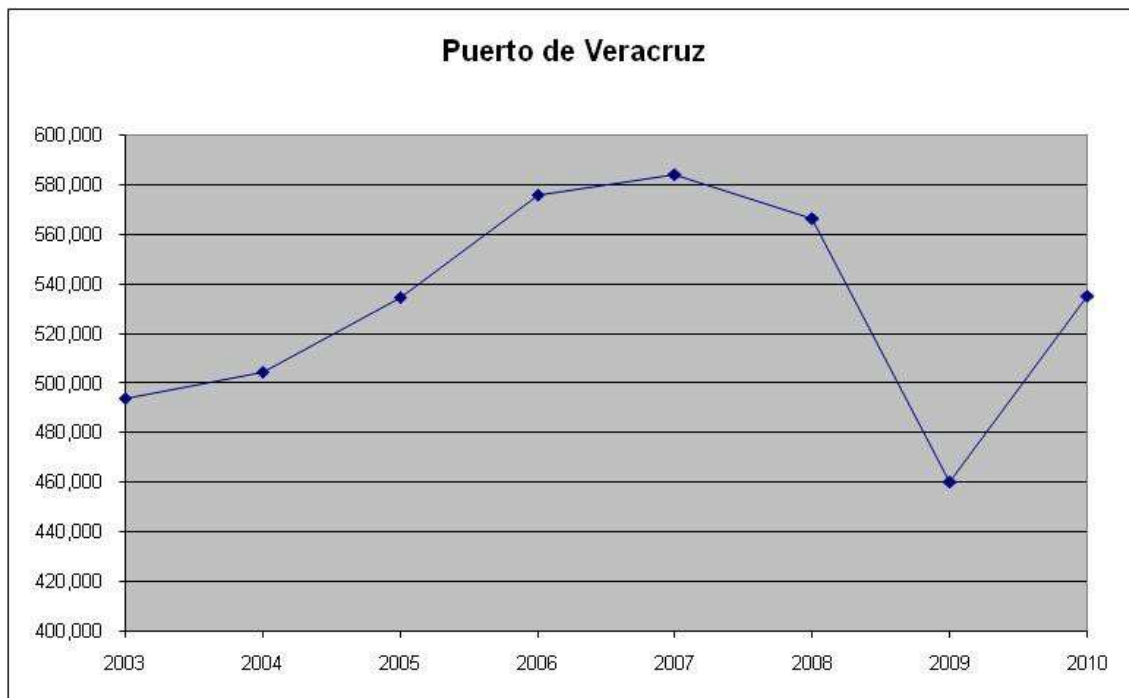
Durante los primeros años de la muestra, el puerto mostró un crecimiento en la cantidad de TEU's positivo, sin embargo, para el año 2008 se apreció un ligero descenso al pasar de 583,389 TEU's movilizados en 2007 a 566,451. Esta situación se agravó más y el año 2009, el puerto registró la cifra más baja del periodo de la muestra, la cual fue de 459,912 TEU's. El descenso en el movimiento de contenedores para estos años encuentra su explicación en la crisis económica internacional, que comenzó en 2008.

Para los años en que el crecimiento de contenedores se vio interrumpido, se observó otro fenómeno interesante. La variación mensual del tráfico aumentó considerablemente, la desviación estándar para los años 2008, 2009 y 2010 alcanzó valores cercanos a 6,000, mientras que para el resto de los años de la muestra, se obtuvo una desviación estándar con valores que rondaba los 4,000. En la Figura 3.1, se aprecia la variación mensual que tuvo el tráfico de contenedores, mientras que el agregado anual se muestra en la Figura 3.2



Fuente: Elaboración propia con datos de la APIVER.

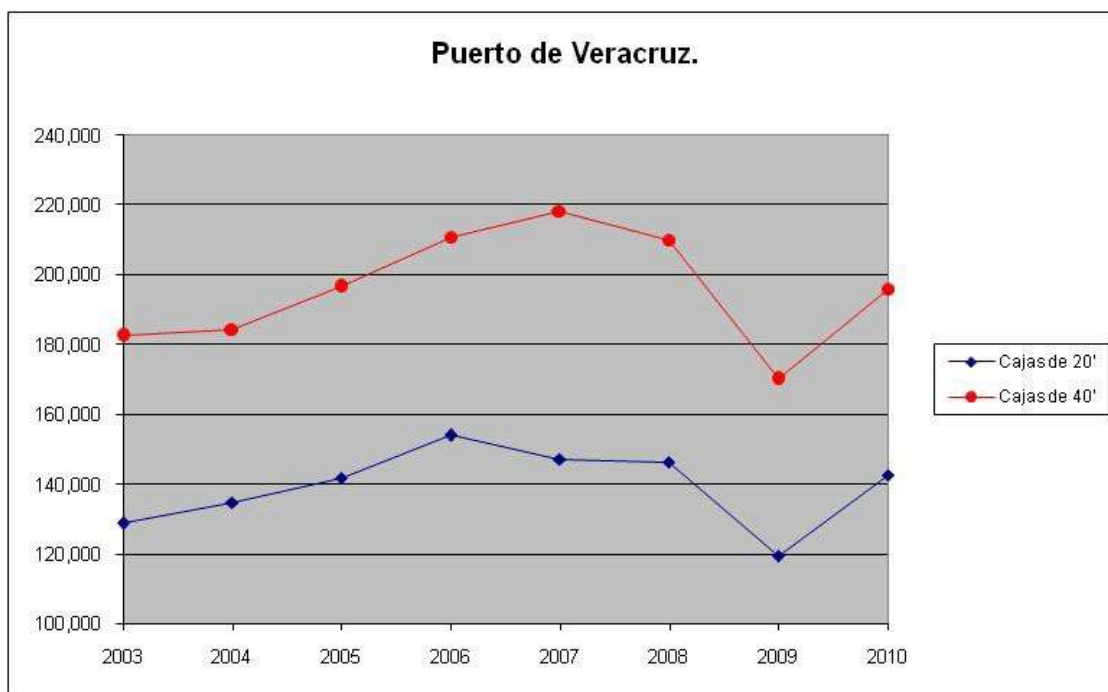
Figura 3.1 Tráfico Mensual de TEU's en el puerto de Veracruz



Fuente: Elaboración propia con datos de la APIVER.

Figura 3.2 Tráfico anual de TEU's 2003 - 2010

En cuanto a su distribución de cajas, el puerto manejó en promedio poco más del 40 por ciento de cajas de 40 pies. La diferencia más notable fue la observada en el mes de julio de 2009, en el que la relación cajas de 40' sobre cajas de 20', alcanzó un valor de 1.67. La cantidad de cajas de 40 y 20 pies que se comercializaron por el puerto de Veracruz, es mostrada en la Figura 3, para ambos tamaños se aprecien tendencias similares, con excepción del año 2007. El hecho de que no se presenten grandes variaciones entre las cajas indica que no existe una tendencia en el puerto por sustituir las cajas de 20pies.

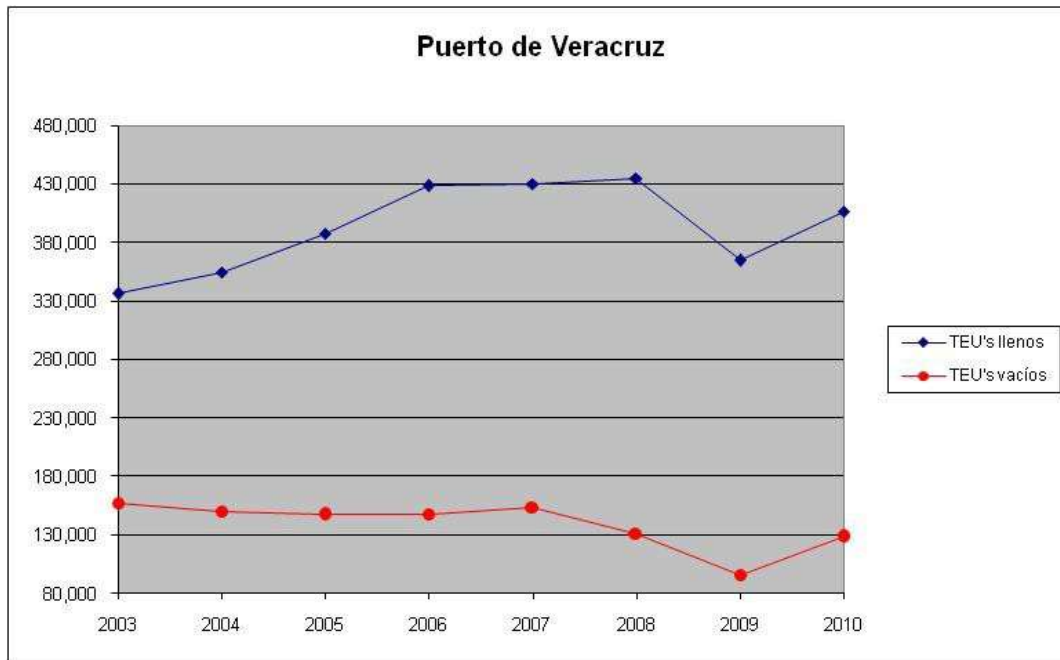


Fuente: Elaboración propia con datos de la APIVER.

Figura 3.3. Cajas de 20 y 40 pies movilizadas anualmente.

La comparación de contenedores llenos respecto a los vacíos, sí presentó algunos cambios dentro del puerto. En el año inicial de la muestra, del movimiento total de contenedores, el 68 por ciento correspondió a cajas llenas; en el año 2009 el valor de este porcentaje fue cercano al 80. También la distribución en cuanto al tráfico de importación y exportación se ha modificado, en 2003, del total de contenedores vacíos, sólo el 2 por ciento fue tráfico de importación, para el año 2010, el 10 por ciento de los contenedores vacíos fue de importación

En los cuadros 3.1 al 3.8 se muestran los datos estadísticos correspondientes al tráfico de contenedores



Fuente: Elaboración propia con datos de la APIVER.

Figura 3.4. TEU's llenos y vacíos movilizados anualmente.

Cuadro 3.1 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2003

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-03	37,542	10,444	13,549	22,951	14,591
Feb-03	36,573	9,951	13,306	24,780	11,793
Mar-03	43,361	12,103	15,629	30,675	12,686
Abr-03	40,350	10,640	14,855	28,251	12,099
May-03	46,508	12,360	17,074	30,963	15,545
Jun-03	40,138	10,208	14,965	25,976	14,162
Jul-03	44,400	11,834	16,283	30,118	14,282
Ago-03	43,585	10,549	16,518	29,882	13,703
Sep-03	36,568	9,516	13,526	24,825	11,743
Oct-03	45,757	11,547	17,115	32,492	13,265
Nov-03	41,596	10,822	15,387	28,558	13,038
Dic-03	37,431	8,783	14,324	26,716	10,715
Promedio	41,151	10,730	15,211	28,016	13,135
Valor máximo	46,508	12,360	17,115	32,492	15,545
Valor mínimo	36,568	8,783	13,306	22,951	10,715
Desv est	3,593	1,075	1,361	2,957	1,399

Cuadro 3.2 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2004

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-04	42006	10216	15895	26065	15941
Feb-04	38,422	10,372	14,025	27,267	11,155
Mar-04	39,876	10,474	14,701	28,508	11,368
Abr-04	41,557	11,291	15,133	30,687	10,870
May-04	43,479	11,435	16,022	31,414	12,065
Jun-04	38,485	10,041	14,222	26,135	12,350
Jul-04	45,425	11,885	16,770	32,909	12,516
Ago-04	42,586	12,424	15,081	29,779	12,807
Sep-04	41,703	11,261	15,226	30,176	11,527
Oct-04	44,355	11,777	15,789	31,516	12,839
Nov-04	44,496	13,014	15,741	30,295	14,201
Dic-04	42,074	10,718	15,678	29,572	12,502
Promedio	42,039	11,242	15,357	29,527	12,512
Valor máximo	45,425	13,014	16,770	32,909	15,941
Valor mínimo	38,422	10,041	14,025	26,065	10,870
Desv. estánd.	2,256	924	786	2,154	1,409

Cuadro 3.3 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2005

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-05	39,924	10,622	14,651	26,840	13,064
Feb-05	38,963	10,961	14,001	28,831	10,132
Mar-05	38,534	9,844	14,345	28,891	9,643
Abr-05	47,598	13,120	17,239	33,521	14,077
May-05	40,094	10,252	14,921	29,355	10,739
Jun-05	46,953	12,745	17,104	35,036	11,377
Jul-05	47,461	12,893	17,284	34,465	12,996
Ago-05	44,643	10,861	16,891	33,601	11,042
Sep-05	45,658	11,510	17,344	33,892	12,266
Oct-05	45,941	11,967	16,987	33,362	12,579
Nov-05	50,043	13,977	18,033	36,067	13,976
Dic-05	48,652	12,982	17,835	33,327	15,325
Promedio	44,539	11,811	16,386	32,266	12,268
Valor máximo	50,043	13,977	18,033	36,067	15,325
Valor mínimo	38,534	9,844	14,001	26,840	9,643
Desv est	4,072	1,324	1,459	2,960	1,729

Determinación analítica del Nivel de Servicio de una Terminal de Contenedores. Aplicación para el puerto de Veracruz.

Cuadro 3.4 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2006

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-06	45,731	12,871	16,430	31,759	13,972
Feb-06	42,881	11,151	15,865	33,369	9,512
Mar-06	42,999	11,327	15,836	32,715	10,284
Abr-06	52,256	14,142	19,057	39,615	12,641
May-06	46,855	13,401	16,727	35,392	11,463
Jun-06	48,203	11,597	18,303	36,279	11,924
Jul-06	51,796	14,216	18,790	35,914	15,882
Ago-06	48,718	14,156	17,281	36,281	12,437
Sep-06	56,487	14,993	20,747	42,285	14,202
Oct-06	45,730	11,696	17,017	35,204	10,526
Nov-06	46,348	12,152	17,098	33,875	12,473
Dic-06	47,887	12,271	17,808	35,385	12,502
Promedio	47,991	12,831	17,580	35,673	12,318
Valor máximo	56,487	14,993	20,747	42,285	15,882
Valor mínimo	42,881	11,151	15,836	31,759	9,512
Desv est	3,939	1,316	1,444	2,908	1,791

Cuadro 3.5 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2007

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-07	42,469	10,161	16,154	29,452	13,017
Feb-07	45,608	12,706	16,451	32,736	12,872
Mar-07	47,218	11,192	18,013	36,186	11,032
Abr-07	42,199	11,393	15,403	30,790	11,409
May-07	50,733	12,197	19,268	39,696	11,037
Jun-07	52,462	12,918	19,772	40,083	12,379
Jul-07	49,871	12,573	18,649	36,907	12,964
Ago-07	49,562	12,370	18,596	36,567	12,995
Sep-07	57,865	14,697	21,584	42,402	15,463
Oct-07	50,069	12,933	18,568	36,461	13,608
Nov-07	52,382	12,882	19,750	37,486	14,896
Dic-07	43,401	11,099	16,151	31,090	12,311
Promedio	48,653	12,260	18,197	35,821	12,832
Valor máximo	57,865	14,697	21,584	42,402	15,463
Valor mínimo	42,199	10,161	15,403	29,452	11,032
Desv est	4,678	1,174	1,840	4,038	1,376

Cuadro 3.6 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2008

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-08	43,612	11,146	16,233	29,358	14,254
Feb-08	42,883	11,233	15,825	33,090	9,793
Mar-08	41,140	10,630	15,255	33,737	7,403
Abr-08	46,665	11,053	17,806	35,537	11,128
May-08	49,853	13,009	18,422	40,071	9,782
Jun-08	41,583	10,181	15,701	34,353	7,230
Jul-08	49,183	12,509	18,337	38,699	10,484
Ago-08	51,952	12,792	19,580	39,568	12,384
Sep-08	53,004	13,830	19,587	43,507	9,497
Oct-08	57,031	14,283	21,374	42,084	14,947
Nov-08	51,402	15,268	18,067	38,864	12,538
Dic-08	38,143	10,477	13,833	25,943	12,200
Promedio	47,204	12,201	17,502	36,234	10,970
Valor máximo	57,031	15,268	21,374	43,507	14,947
Valor mínimo	38,143	10,181	13,833	25,943	7,230
Desv est	5,750	1,662	2,170	5,216	2,422

Cuadro 3.7 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2009

	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-09	39,307	11,159	14,074	25,209	14,098
Feb-09	36,144	9,126	13,509	28,880	7,264
Mar-09	33,944	9,324	12,310	28,286	5,658
Abr-09	30,489	7,987	11,251	25,605	4,884
May-09	35,874	9,012	13,431	29,247	6,627
Jun-09	33,424	8,048	12,688	26,609	6,815
Jul-09	38,769	8,925	14,922	33,637	5,132
Ago-09	37,702	9,314	14,194	30,646	7,056
Sep-09	37,168	10,086	13,541	29,563	7,605
Oct-09	46,266	11,520	17,373	37,574	8,692
Nov-09	46,161	13,091	16,535	36,513	9,648
Dic-09	44,664	11,956	16,354	32,646	12,018
Promedio	38,326	9,962	14,182	30,368	7,958
Valor máximo	46,266	13,091	17,373	37,574	14,098
Valor mínimo	30,489	7,987	11,251	25,209	4,884
Desv est	5,071	1,616	1,828	4,017	2,777

Cuadro 3.8 Datos de Contenedores movilizados por el puerto de Veracruz en 2010

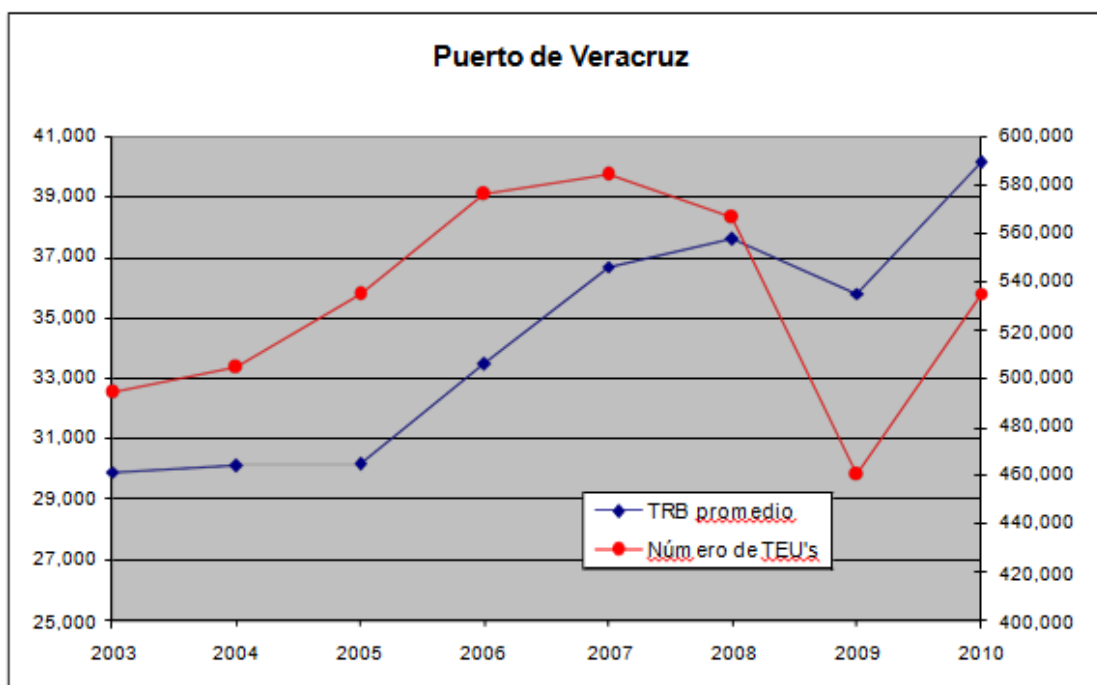
	Total	Cajas de 20'	Cajas de 40'	Llenos	Vacíos
Ene-10	42,071	10,855	15,608	30,176	11,895
Feb-10	37,249	10,601	13,324	30,325	6,924
Mar-10	50,021	12,531	18,745	38,022	11,999
Abr-10	46,732	13,094	16,819	38,054	8,678
May-10	49,348	14,168	17,590	38,539	10,809
Jun-10	48,058	13,232	17,413	38,799	9,259
Jul-10	54,420	13,148	20,636	41,376	13,044
Ago-10	57,287	14,109	21,589	41,233	16,054
Sep-10	46,590	13,008	16,791	35,348	11,242
Oct-10	58,399	16,069	21,165	41,691	16,708
Nov-10	44,709	11,925	16,392	32,837	11,872
Dic-10					
Promedio	48,626	12,976	17,825	36,945	11,680
Valor máximo	58,399	16,069	21,589	41,691	16,708
Valor mínimo	37,249	10,601	13,324	30,176	6,924
Desv est	6,343	1,543	2,522	4,219	2,914

En relación a los buques, el puerto atendió un promedio de 36 embarcaciones mensuales, la media de estas embarcaciones tuvo un tamaño de 34,156 TRB³. El mes en el que se registró la cantidad máximo de buques fue julio de 2009, mes en el que se atendieron 48 embarcaciones. En ese sentido, no se observa una relación entre la cantidad de buques y el tráfico de contenedores, pues, precisamente el año 2009, es el año que más embarcaciones se atendieron (498), pero fue el año con menor movimiento de TEU's.

El tamaño promedio de embarcaciones, si muestra una relación con la cantidad de contenedores manipulada, como se muestra en la Figura 5. En dicha figura, se aprecia como el incremento del tráfico de contenedores (línea roja), va acompañado con un incremento en el tamaño promedio de las embarcaciones (línea azul). Es necesario aclarar que la escala que aparece en el margen izquierdo de la Figura 5 corresponde al TRB promedio, mientras que la escala del margen derecho es aplicable al número de TEU's.

³ TRB: Tonelaje de Registro Bruto

El arribo de buques mostró una tendencia estacional hacia la segunda parte del año, siendo el periodo comprendido entre los meses de julio y noviembre en los que se presentó la máxima cantidad de ellos. Para algunos años, como el 2003, 2004 y 2009, en el mes de enero, también se observaron valores por encima del promedio mensual de buques.



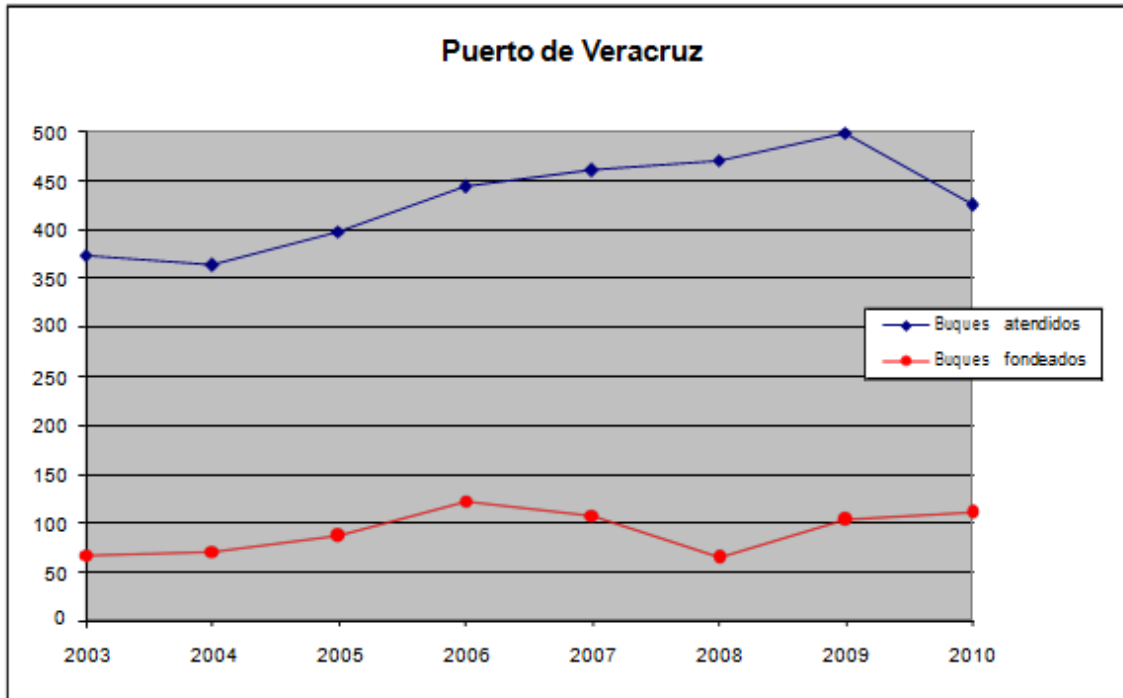
Fuente: Elaboración propia con datos de la APIVER.

Figura 3.5. Comparación del tráfico de TEU's y el tamaño de las embarcaciones.

El siguiente dato relevante de los buques, fue la cantidad de ellos que entraron al fondeadero debido a la ocupación de los muelles. El porcentaje de embarcaciones fondeadas, respecto del total se incrementó durante el periodo de análisis, al pasar del 17.4 por ciento en 2003, al 25.7 en 2010. El año en que se presentó el porcentaje de buques en fondeo fue el 2008, cuando entraron al fondeadero el 13.2 por ciento del total de buques atendidos. En la Figura 6, se presenta la evolución anual de la cantidad de buques atendidos por el puerto, así como la cantidad de éstos que tuvieron que permanecer en el área de fondeo.

No se aprecia una tendencia estacional tan marcada para la cantidad de buques en fondeo, ya que para algunos años el primer trimestre del año resulto con valores encima del promedio, mientras que para otros, estos valores se presentan en el tercer

trimestre. En cuanto al tiempo que permanecieron las embarcaciones en fondeo, se obtuvo un valor promedio de 1,337 horas mensuales, siendo el mes de julio de 2010, la fecha en que las embarcaciones permanecieron mayor cantidad de horas en fondeo, cada una de las 16 embarcaciones permaneció 398.6 horas en fondeo, para un total de 6,377 horas de fondeo



Fuente: Elaboración propia con datos de la APIVER.

Figura 3.6. Buques atendidos y buques que tuvieron que ser fondeados en el puerto de Veracruz

El tiempo promedio de atención por buque en los muelles fue de 14.5 horas, mientras que la estadía mensual total promedio, de los buques en los muelles fue de 525 horas. La cantidad de horas requeridas para la atención en los muelles, fue mayor durante los meses de diciembre y enero, sin embargo, también se encontraron valores por encima del promedio en el tercer trimestre del año.

El rendimiento promedio apreciado en los muelles fue de 81.57 TEU's / buque, el valor más bajo fue el presentado en febrero de 2009, fecha en que el rendimiento fue de 68.7. En términos generales, los rendimientos más altos se observan durante el primer trimestre del año, mientras que los valores más bajos se obtienen en el mes de diciembre. En los Cuadros 9 al 16 se presentan detalles de aspectos relativos a los buques.

Cuadro 3.9 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2003

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-03	39	29,523	600.60	8	872.16	80.90
Feb-03	30	28,396	411.00	2	75.34	82.80
Mar-03	34	31,832	513.40	11	1,540.00	81.50
Abr-03	29	30,742	420.50	2	29.76	81.10
May-03	35	30,684	462.00	6	631.20	86.20
Jun-03	30	29,335	399.00	4	222.32	85.80
Jul-03	32	29,249	454.40	4	241.68	85.10
Ago-03	32	28,925	499.20	8	692.24	76.00
Sep-03	27	29,860	399.60	6	488.58	71.60
Oct-03	32	30,185	483.20	4	196.88	79.20
Nov-03	27	30,533	515.70	8	1,250.00	75.80
Dic-03	26	29,396	540.80	2	36.56	72.60
Total	373	358,660	5,699.40	65	6,276.72	958.60
Promedio	31	29,888	474.95	5	523.06	79.88
Desv est	4	948	63	3	494	5

Cuadro 3.10 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2004

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-04	32	29,585	521.60	4	381.08	78.00
Feb-04	28	30,668	450.80	0	0.00	78.60
Mar-04	28	29,720	420.00	1	18.48	84.40
Abr-04	30	31,595	465.00	2	38.50	80.90
May-04	31	30,022	514.60	7	760.69	76.00
Jun-04	26	30,318	413.40	5	304.60	82.50
Jul-04	29	30,745	440.80	8	757.04	83.60
Ago-04	29	29,971	458.20	5	557.25	85.70
Sep-04	33	30,328	521.40	6	719.22	74.50
Oct-04	31	28,168	582.80	14	2,786.70	81.40
Nov-04	31	31,278	635.50	9	1,305.72	72.90
Dic-04	35	28,874	619.50	8	1,649.20	74.70
Total	363	361,272	6,043.60	69	9,278.48	953.20
Promedio	30	30,106	503.63	6	773.21	79.43
Desv est	2	960	76	4	811	4

Cuadro 3.11 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2005

	úmero	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-05	31	29,701	452.60	6	434.58	84.70
Feb-05	34	29,777	476.00	5	343.75	79.10
Mar-05	32	28,734	409.60	9	1,038.60	83.10
Abr-05	36	29,196	626.40	8	1,090.16	86.40
May-05	31	28,642	440.20	7	320.11	86.40
Jun-05	34	31,094	761.60	8	549.44	88.30
Jul-05	36	27,865	547.20	11	1,767.92	74.80
Ago-05	30	33,983	426.00	10	1,397.80	87.40
Sep-05	33	30,387	514.80	9	1,098.54	75.00
Oct-05	30	29,851	498.00	3	124.14	85.60
Nov-05	35	31,155	549.50	5	468.00	77.70
Dic-05	35	31,283	549.50	4	292.00	81.70
Total	397	361,668	6,251.40	85	8,925.04	990.20
Promedio	33	30,139	520.95	7	743.75	82.52
Desv est	2	1,617	98	3	518	5

Cuadro 3.12 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2006

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-06	35	32,083	500.50	11	2,636.70	81.60
Feb-06	35	32,392	504.00	10	1,417.00	74.20
Mar-06	35	32,893	486.50	6	606.00	81.60
Abr-06	39	33,307	546.00	14	3,323.60	80.90
May-06	39	33,237	557.70	11	1,911.80	78.60
Jun-06	34	33,542	486.20	8	1,148.00	83.70
Jul-06	41	33,627	586.30	10	1,643.00	83.00
Ago-06	38	33,507	543.40	10	1,253.00	83.00
Sep-06	40	33,831	572.00	16	4,012.80	81.40
Oct-06	36	34,099	511.20	11	2,321.00	80.90
Nov-06	35	34,335	497.00	4	220.00	85.70
Dic-06	36	34,610	511.20	10	1,752.00	83.30
Total	443	401,463	6,302.00	121	22,244.90	977.90
Promedio	37	33,455	525.17	10	1,853.74	81.49
Desv est	2	745	34	3	1,087	3

Cuadro 3.13 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2007

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-07	34	37,469	506.60	5	357.50	81.20
Feb-07	30	38,419	435.00	8	1,162.40	94.30
Mar-07	38	37,750	532.00	11	1,789.70	79.00
Abr-07	32	37,512	441.60	6	625.80	91.00
May-07	37	37,623	499.50	19	4,799.40	91.20
Jun-07	38	37,497	513.00	15	3,468.00	89.00
Jul-07	40	36,848	544.00	6	577.20	77.40
Ago-07	41	36,299	557.60	6	495.00	78.00
Sep-07	48	35,618	648.00	12	3,918.00	71.20
Oct-07	44	35,043	594.00	7	1,425.20	88.70
Nov-07	41	34,963	549.40	4	264.00	87.60
Dic-07	36	35,106	482.40	7	627.90	88.20
Total	459	440,147	6,303.10	106	19,510.10	1,016.80
Promedio	38	36,679	525.26	9	1,625.84	84.73
Desv est	5	1,223	60	5	1,562	7

Cuadro 3.14 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2008

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-08	38	37,059	706.80	7	771.40	86.30
Feb-08	36	37,791	558.00	7	618.80	85.00
Mar-08	35	37,918	511.00	6	408.00	88.20
Abr-08	35	37,860	504.00	2	151.60	84.50
May-08	40	38,043	568.00	4	256.80	78.30
Jun-08	34	38,002	476.00	3	96.90	82.50
Jul-08	36	38,314	500.40	2	70.60	87.70
Ago-08	40	37,821	552.00	6	465.60	83.90
Sep-08	41	37,494	582.20	11	3,337.40	78.10
Oct-08	46	37,170	648.60	11	1,612.60	81.20
Nov-08	47	36,884	658.00	3	144.00	80.80
Dic-08	42	36,597	575.40	0	0.00	79.00
Total	470	450,953	6,840.40	62	7,933.70	995.50
Promedio	39	37,579	570.03	5	661.14	82.96
Desv est	4	533	71	3	952	4

Cuadro 3.15 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2009

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-09	44	34,087	528.00	5	351.00	77.20
Feb-09	42	34,178	558.60	11	1,707.20	68.70
Mar-09	43	33,996	533.20	7	1,299.20	73.30
Abr-09	40	33,861	480.00	3	89.70	72.90
May-09	44	34,021	519.20	8	2,050.40	74.00
Jun-09	40	34,162	464.00	4	734.00	83.50
Jul-09	48	37,000	288.00	16	5,022.40	77.60
Ago-09	40	36,340	420.00	6	753.60	87.40
Sep-09	38	36,780	437.00	7	1,455.30	77.00
Oct-09	40	38,550	500.00	12	3,907.20	79.70
Nov-09	39	38,385	487.50	9	1,869.30	86.30
Dic-09	40	38,060	720.00	13	3,550.30	110.20
Total	498	429,420	5,935.50	101	22,789.60	967.80
Promedio	42	35,785	494.63	8	1,899.13	80.65
Desv est	3	1,918	100	4	1,522	11

Cuadro 3.16 Datos de Buques que arribaron al puerto de Veracruz en 2010

	Número	Tamaño	Estadía en muelles	Buques en fondeo	Fondeo Total	Rend. Ton/hr
Ene-10	37	41,113	529.10	8	1,194.40	113.30
Feb-10	34	39,402	513.40	13	3,742.70	75.00
Mar-10	38	40,798	615.60	4	174.40	75.90
Abr-10	38	40,276	562.40	7	504.70	76.40
May-10	38	39,955	533.90	7	1,106.00	80.20
Jun-10	39	41,236	559.26	16	6,377.60	80.90
Jul-10	44	39,445	622.16	11	3,154.80	78.10
Ago-10	38	41,880	587.10	11	2,691.70	83.70
Sep-10	39	39,736	682.50	13	4,598.10	72.00
Oct-10	44	36,740	752.40	9	3,063.60	73.00
Nov-10	35	40,711	536.20	10	3,509.00	81.10
Dic-10						
Total	424	441,292	6,494.02	109	30,117.00	889.60
Promedio	39	40,117	590.37	10	2,737.91	80.87
Desv est	3	1,369	73	3	1,876	11

3.2 Resultado del Análisis de Componentes Principales

Del análisis de las componentes principales, se seleccionaron las cuatro primeras componentes, que proporcionan una explicación del 78.2 por ciento de la varianza. La proporción para cada una de las componentes seleccionada, resultó del 35.4%, 17.5%, 13.1% y 12.2 % respectivamente. En el Cuadro 17, se muestran los valores de los coeficientes obtenidos para cada una de las componentes analizadas, en el anexo 1, se presentan los resultados de las nueve componentes.

En la primer componente se aprecia una relación directa entre las variables número de TEU's, número de buques, tamaño de buques, buques que entran a fondeo y el tiempo de fondeo. Es obvio que estas variables resultan afectadas con la variación de la demanda portuaria.

Esta componente indica que cuando se presenta un aumento en la demanda de los servicios portuarios, en Veracruz, la calidad del servicio prestado se deteriora como lo indica el hecho del aumento tanto la cantidad de buques en fondeo, como el tiempo del mismo. Lo anterior es indicativo de que el puerto de Veracruz adolece de infraestructura suficiente para enfrentar los crecientes flujos de mercancía. Sin embargo, es necesario realizar un análisis más profundo para verificar si las causas son todas imputables a la carencia de infraestructura suficiente, o si se presentan ineficiencias en las maniobras portuarias. Otro hecho importante es que dado el carácter aleatorio de la demanda de servicios portuarios, resulta poco probable satisfacerla sin que se presenten demoras en el servicio. Por lo que para obtener conclusiones más acertadas se debe complementar este análisis estadístico con uno cualitativo.

A la segunda componente puede asociársele con la disminución en la demanda de servicios portuarios, ya que la variable número de TEU's presenta signo negativo. Esta variable presenta una relación directa con la estadía, lo cual es de esperarse ya a que menor movimiento de contenedores la permanencia total de las embarcaciones debe disminuir. Las dos variables mencionadas presentan una relación inversa con las relaciones TEU's 40"/TEU's20", y TEU's llenos/TEU's vacíos.

De las relaciones anteriores, salta a la vista que una menor presencia de contenedores vacíos traerá consigo una disminución en la demanda. Por otro lado, al analizar la segunda componente, se podría suponer que cuando se incrementa la cantidad de contenedores de 40", respecto a los de 20", el nivel de servicio mejora, ya que la estadía promedio disminuye. Sin embargo, este último fenómeno puede ser ocasionado, también por la disminución de la demanda, por lo que para establecer si el uso de contenedores de 40", aumentará el nivel de servicio será necesario analizar las componentes restantes.

Cuadro 3.1 Coeficientes de Pearson obtenidos mediante el Análisis de las Componentes Principales

	PC1	PC2	PC3	PC4
Num TEU	0.340	-0.409	-0.219	0.022
Rel 40/20	0.038	0.412	-0.362	0.077
Rel ll/vac	0.264	0.593	0.084	-0.221
Num buques	0.428	0.037	-0.019	-0.426
Tam buq	0.397	0.165	-0.384	-0.241
Estadía	0.295	-0.519	0.023	-0.310
buq fondeo	0.422	0.014	0.251	0.531
fondeo tot	0.455	0.072	0.257	0.421
Rendim	0.005	-0.087	-0.732	0.388

De las relaciones anteriores, salta a la vista que una menor presencia de contenedores vacíos traerá consigo una disminución en la demanda. Por otro lado, al analizar la segunda componente, se podría suponer que cuando se incrementa la cantidad de contenedores de 40", respecto a los de 20", el nivel de servicio mejora, ya que la estadía promedio disminuye. Sin embargo, este último fenómeno puede ser ocasionado, también por la disminución de la demanda, por lo que para establecer si el uso de contenedores de 40", aumentará el nivel de servicio será necesario analizar las componentes restantes.

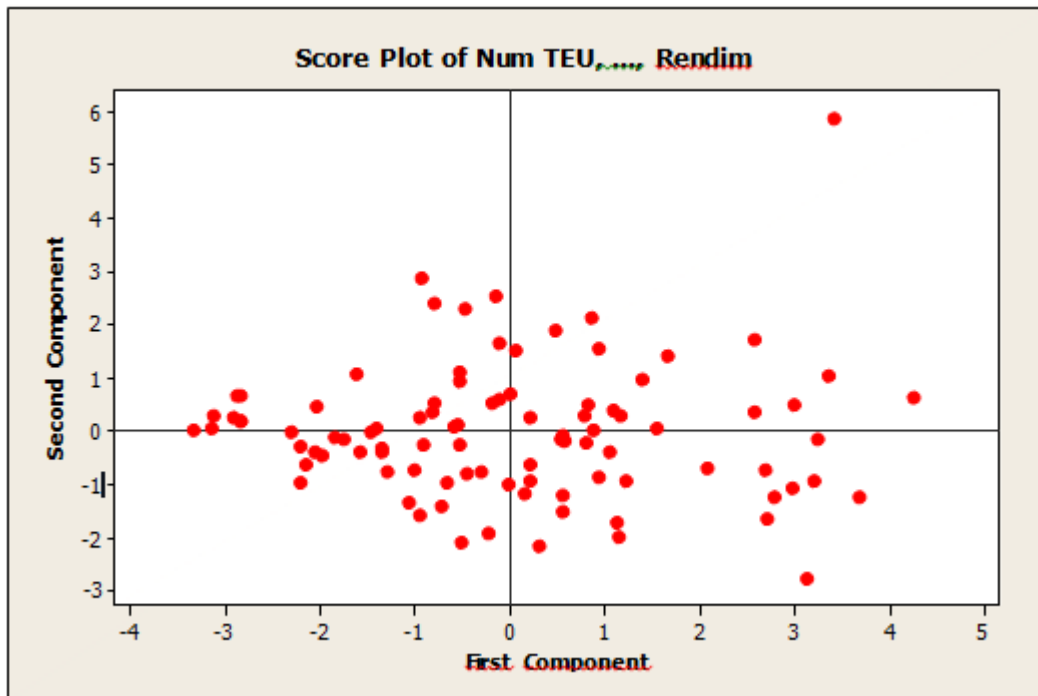
En la Figura 3.1, se muestra el gráfico de dos dimensiones de las dos primeras componentes, donde se puede ver la variabilidad de las observaciones sin que se haya presentado alguna que ofreciera un valor extrañamente alto o bajo en cada eje.

La tercera componente confirma la importancia de mutar al movimiento de cajas de 40 pies, pues la relación de esta variable con el rendimiento es directo, es decir, una disminución en la cantidad de contenedores de 40", reducirá el rendimiento portuario. Asimismo, esta componente muestra que el arribo de buques pequeños también genera un descenso en los rendimientos portuarios observados.

Esta componente confirma lo supuesto en la segunda componente, en relación a la necesidad de mutar a contenedores de 40" para obtener mejor rendimiento en las operaciones portuarias. Tongzon (1994) justifica lo anterior, señalando que los tiempos empleados en mover los dos tamaños de contenedores son prácticamente iguales.

La cuarta componente presenta un comportamiento errático, ya que es de esperarse que una disminución en la cantidad de buques traiga consigo

disminución de la estadia en los muelles, como ocurre en dicha componente, sin embargo, resulta contradictorio pensar que esta situación incremente el tiempo de fondeo, así como la cantidad de buques que tienen fondear. Por lo que esta componente requiere de un análisis que involucre otro tipo de factores, como el laboral, social, etc.



Gráfica 3.1 Comparación de las dos Componentes Principales

4 Conclusiones

La presión que ha ejercido el comercio internacional al sector transporte para reducir los tiempos y costos empleados en el traslado de mercancías ha traído consigo diversos cambios tecnológicos y organizacionales a este último sector. Para atender a estos cambios, los recintos portuarios han tenido que adaptar sus medidas de evaluación, cambiando de un enfoque mecanicista a uno sistémico.

Las tendencias actuales sugieren un marco de análisis más incluyente, que refleje todas las actividades que se realizan dentro del puerto, y que abarque a todos los involucrados en la actividad portuaria, siendo esto más evidente si la medida que se requiere tiene que ver con la calidad del servicio ofertado.

El Nivel de Servicio en los puertos depende de diversas variables relacionadas con el costo, los tiempos de atención, la seguridad y la calidad del servicio ofertado. Realizar un análisis cuantitativo de las variables resulta muy complejo debido a la interacción que se da entre ellas. El análisis multivariado es una herramienta de gran utilidad para reducir la dimensión de las variables y analizar la interacción entre ellas.

Después de haber practicado un análisis multivariado empleando el método del Análisis de las Componentes Principales al puerto de Veracruz, se encontró que un aumento en la demanda de servicios portuarios originará un descenso en la calidad del servicio ofertado, por lo que habrá que revisar si la infraestructura del puerto se encuentra rebasada, de acuerdo a la demanda apreciada.

La segunda y tercera componentes corroboraron los supuestos de que el aumento en el tamaño de las embarcaciones, y una mayor cantidad de contenedores de 40” reducen el tiempo de atención a los usuarios. Esto es especialmente importante, pues es indicativo de que se requerirá que el puerto incremente el calado para que sea capaz de atender embarcaciones de mayor envergadura.

Aunque en el estudio realizado se obtuvieron conclusiones importantes, será necesario realizar un análisis que incluya más puertos en la muestra, además en otras áreas de la operación portuaria, ya que el presente trabajo se basó en las maniobras de carga y descarga. En futuras publicaciones, se empleará la misma metodología para comparar los resultados del puerto analizado con otras terminales de contenedores.

Bibliografía

Aigner, D., Lovell, C y Schmidt, P. (1977): "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.

Bonilla, M., Medal, A., Casasús, T. y Sala, R. (1997): "Un análisis de la eficiencia de los puertos españoles", Trabajo realizado dentro del Convenio de Colaboración con la Autoridad Portuaria de Valencia.

Checkland, P., Scholes, J. (1994) "La Metodología de los Sistemas Suaves en Acción" 1ª Edición, Noriega Editores.

Cullinane, K., Song, D.W., Ji, P. and Wang, T.F. (2004): "An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency, *Review of Network Economics*, 3, 2, 184-206.

Doerr, O, Sánchez, RJ, (2006): "Indicadores de productividad para la industria portuaria. Aplicación en América Latina y el Caribe", Documento No 112 de la Serie Recursos naturales e infraestructura Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL).

Estache, A., González, M. y Trujillo, L. (2002): "Efficiency Gains from Port Reform and the Potential for Yardstick Competition: lessons from México", *World Development*, 30 (4), 545-560.

Farell, M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency" *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* Vol. 120, No. (1957).

Giri, N., (2004) "Multivariate Statistical Analysis" Second Edition, Marcel Dekker Inc.

González, M.M., Trujillo, L, (2005): "La medición de la eficiencia en el sistema portuario: Revisión de la evidencia empírica", Documento técnico 2005/06 Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

González, M.M., (2004): "Eficiencia en la provisión de servicios de infraestructura portuaria: Una aplicación al tráfico de contenedores en España", Tesis Doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Guerrero, A., Trujillo, C. (2009): "México: cambio en la productividad total de los principales puertos de contenedores" *Revista CEPAL-99*, (175 – 187).

Ha, MS. (2003): "A comparison of service quality at major container ports: implications for Korean ports" *Journal of Transport Geography* 11, (131 – 137)

Härdle, W., Simar, L. (2007) "Applied Multivariate Statistical Analysis" 2nd Edition Springer.

Herrera, S., Pang, G. (2004): "Efficiency of Infrastructure: The case of container ports" World Bank H54, D24.

Khalid, N., Muda, A.F., Zamil, A.S. (2004) "Port Competitiveness: SWOT Analysis of Malaysian Ports under Federal Port Authorities" Centre of Economic Studies & Ocean Industries. Maritime Institute of Malaysia.

Liou, J.H., Tzeng, G.H. (2007) "A non additive model for evaluating airline service quality" *Journal of air Transportation Management*, 13, 131-137.

Liu, B.L., Liu, W.L., Cheng, C.P. (2006): "Efficiency Analysis of Containers Terminals in China: An Application of DEA Approach" Nankai University.

Magala, M. Sammons, A. (2008): "A New Approach to Port Choice Modelling" *Maritime Economic & Logistics*, 10, (9-34)

Marlow, P.B., Paixao, A.C. (2005): "Measuring lean ports performance" *International Journal of Transport Management* 1 (2003) 189-202.

Martínez, E., Díaz, R., Navarro, M., Ravelo, T., (1999) "A study of the Efficiency of Spanish Port Authorities using Data Envelopment Analysis" *International Journal of Transport Economics* XXVI-2

Meersman, H., Pauwels, T., Van de Voorde, E., Nanelislander, T., (2008) „The Relation between port competition and Hinterland Connections. The case of Iron Rhin and Betuweroute" Department of Transport and Regional Economics University of Antwerp.

Molinero, A., Sánchez, I.,(1996) "Transporte público. Planeación, diseño, operación y administración" Fundación ICA.

Poitras, G., Tongzon, J., Li, H. (1996):"Measuring Port Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis" Department of Economics and Statistics National University of Singapore.

SAOP (1977) "Manual de proyecto Geométrico de Carreteras"

Sussman, J., (2000) "Introduction to Transportation Systems" Artec House Inc. Talley,

Tongzon, J. (1994): “Determinants of Port Performance and Efficiency” *Transportation Research* 29^a No 3, (245 – 252)

Tongzon, J. Heng, W. (2005): “Port privatization, efficiency and competitiveness: Some empirical evidence from container ports (terminals)” *Transport Research Part A* 39, (405 – 424)

UNCTAD (1988): “Medición y evaluación del rendimiento y de la productividad de los puertos” Serie de monografías preparadas por la UNCTAD en colaboración con la Asociación Internacional de Puertos (API)

W. (1994) “Performance Indicators and Port Performance Evaluation” *The Logistical and Transportation Review* 30, (339 – 352)

CIUDAD DE MÉXICO

Av. Nuevo León 210
Col. Hipódromo Condesa
CP 06100, México, D F
Tel +52 (55) 52 653600
Fax +52 (55) 52 653600

SANFANDILA

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76700, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777
Fax +52 (442) 216 9671



**INSTITUTO
MEXICANO DEL
TRANSPORTE**



www.imt.mx
publicaciones@imt.mx