

**M o d e l o e c o n o m é t r i c o p a r a l a e s t i m a c i ó n  
y e v a l u a c i ó n d e l o s c o s t o s d e c a l i d a d e n  
l a s a l a d e c u i d a d o s i n t e n s i v o s d e l  
H o s p i t a l M i l i t a r “ D r . J o a q u í n C a s t i l l o  
D u a n y ”**

*Tesis en opción al título académico de Máster en  
Matemática Aplicada e Informática para la Administración*

**Lic. Rolando Peguero Pérez**

**H o l g u í n  
2 0 1 2**



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Informática y Matemática

**M o d e l o e c o n o m é t r i c o p a r a l a e s t i m a c i ó n y e v a l u a c i ó n d e l o s  
c o s t o s d e c a l i d a d e n l a s a l a d e c u i d a d o s i n t e n s i v o s d e l  
H o s p i t a l M i l i t a r “ D r . J o a q u í n C a s t i l l o D u a n y ”**

*Tesis en opción al título académico de Máster en  
Matemática Aplicada e Informática para la Administración*

**Autor: Lic. Rolando Peguero Pérez**

**Tutor: Dr. C. Salvador Álvarez Reyes**

**Consultantes: M.Sc. Gisela Riquenes Despaigne**

**M.Sc. Godehardo Betancourt Núñez**

**Holguín. 2012**

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolla en la sala de cuidados intensivos del hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany, de Santiago de Cuba, con el objetivo de determinar y aplicar un modelo econométrico científicamente argumentado que permita estimar y evaluar los costos de calidad.

La misma está estructurada en tres capítulos, un primer capítulo donde se desarrolla una fundamentación teórica general sobre los costos de calidad y la correlación canónica, utilizando los principales pilares de la econometría como ciencia aplicada. Un segundo capítulo donde se presenta la caracterización del hospital y de la sala de cuidados intensivos, además se recopilan los indicadores de calidad y eficiencia con la finalidad de realizar un análisis econométrico utilizando la metodología econométrica y el procedimiento de correlación canónica. En el tercer capítulo se presenta el modelo econométrico que permitirá la estimación de los costos de calidad en el servicio seleccionado.

Dicho modelo es aplicado y ha permitido cuantificar y evaluar el comportamiento de los costos de calidad, siendo de gran utilidad para generalizarlo a otros servicios de la entidad. Finalmente se exponen las conclusiones, recomendaciones y anexos que permitirán a la dirección de la entidad mejorar el proceso de toma de decisiones en relación con los costos de calidad, permitiendo evaluar los niveles de eficiencia en los servicios de salud.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DE LAS TÉCNICAS ECONÓMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD</b> .....	<b>7</b>
1.1 La econometría. Su importancia en la determinación de los costos de calidad .....	7
1.2 El análisis multivariante .....	10
1.2.1 La correlación canónica. Definición y empleo .....	13
1.2.2 Enfoque econométrico .....	15
1.3 Modelos cuantitativos. Su clasificación .....	17
1.4 Los costos de calidad. Su importancia para la Administración .....	19
1.4.1 Costos de calidad en los servicios de salud .....	21
Conclusiones parciales .....	33
<b>CAPÍTULO II. ANÁLISIS MATEMÁTICO Y PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA CORRELACIÓN CANÓNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE LOS COSTOS CALIDAD EN LA SALA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL MILITAR “DR. JOAQUÍN CASTILLO DUANY”</b> .....	<b>34</b>
2.1 Caracterización del Hospital Militar “Dr. Joaquín Castillo Duany” .....	34
2.2 Análisis matemático de la correlación canónica .....	36
2.2.1 La maximización restringida y los multiplicadores de Lagrange en el análisis de correlación canónica .....	40
2.3 Procedimiento metodológico de la correlación canónica para la determinación de un modelo econométrico .....	43
2.4 Indicadores de calidad y eficiencia hospitalaria de la sala de cuidados intensivos del Hospital Militar “Dr. Joaquín Castillo Duany” .....	51
Conclusiones parciales .....	56
<b>CAPÍTULO III. MODELO ECONÓMICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD EN LA SALA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL MILITAR “DR. JOAQUÍN CASTILLO DUANY”</b> .....	<b>57</b>
3.1 Modelo econométrico para la estimación de los costos de calidad .....	57
3.2 Análisis de los resultados .....	59
Conclusiones parciales .....	71
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>72</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA</b> .....	<b>77</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>78</b>

## INTRODUCCIÓN

Los servicios de salud aunque pertenecen a la esfera no productiva, enriquecen la fuerza humana, factor vital para el desarrollo económico de cualquier país, bajo cualquier modo de producción. Retomando la idea del Che sobre la eficiencia: “hay que pensar en el sector que nos ocupa, cómo lograr eficiencia sin afectar la calidad de la atención, cómo combinar de manera óptima la eficiencia económica y la eficiencia técnica cuando se habla de servicios de salud”, expresada en su discurso en Mayo de 1960, como lo refiere la revista Bohemia del 28 de Enero del 2011, Año 103. No. 2.

La atención hospitalaria por su significado social juega un papel preponderante en la atención sanitaria, siendo los hospitales los centros más costosos del sistema de salud, particularmente las salas (servicios) de cuidados intensivos por los problemas que enfrentan, la tecnología de avanzada y de especialización de que disponen, ocupan el primer lugar en este servicio, de ahí que se considera un imperativo evaluar la calidad y eficiencia en estos servicios por sus implicaciones sociales y económicas.

En la actualidad, es de interés supremo para el Estado y la dirección del país elevar la calidad del servicio de salud que se brinda, lograr la satisfacción de la población, garantizando el uso eficiente de los recursos, el ahorro y la eliminación de gastos innecesarios, de forma que se garantice que el propio Sistema de Salud facilite que cada paciente reciba la atención correspondiente y necesaria, según se expone en los lineamientos 154 y 155 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. Todo ello indica la necesidad de prestar atención a la calidad del servicio prestado y a los costos de calidad en que se incurre, así como su correcta determinación en los diferentes centros de costos y áreas de responsabilidad teniendo presente la diferenciación y la especialización de cada servicio.

El análisis de los costos de calidad contribuye significativamente a la ciencia administrativa, pues le permite a la administración cuantificar los fallos y evaluar si el servicio está acorde a la excelencia que se requiere y al mismo tiempo valorar con un criterio más amplio, las acciones encaminadas a estos fines que eviten el encarecimiento innecesario del servicio. El análisis económico de los fallos internos y externos permite apreciar cuánto cuesta equivocarse, y establecer un control sistemático de los diferentes elementos del costo vinculado a la calidad, para utilizarlos como una herramienta imprescindible en el proceso de toma de decisiones por la dirección de cualquier organización.

En este centro hospitalario no existe un procedimiento, o metodología, que permita medir los costos de la calidad, o sea, aún cuando se utilizan métodos para su medición y evaluación, estos están muy lejos de su implantación como herramienta en los procesos de toma de decisiones en el sector de la salud.

En la provincia de Santiago de Cuba, especialistas de contabilidad y costos de las unidades asistenciales tienen como una latente preocupación dicho aspecto, pues sugieren que es una necesidad im postergable que perm ite evaluar la eficiencia y conocer en detalle su incidencia en los resultados de cada área.

Actualm ente con la im plantación del perfeccionamiento hospitalario y la excelencia en los servicios de salud, existen muchas organizaciones que se han insertado en el sistema de gestión de la calidad, a pesar de que en muchas de ellas los costos de la calidad no constituyen un elemento prim ordial en la evaluación del sistema de calidad, carecen de los métodos, procedimientos, metodologías y fundamentos contables para el cálculo de los mismos, y en otros casos no se le concede la im portancia que revisten para evaluar el sistema de calidad, así como medir la rentabilidad y eficiencia de las organizaciones.

Con el perfeccionamiento del modelo económico cubano, cada unidad asistencial de salud, debe utilizar como herramienta de análisis para el mejoramiento de la eficiencia, la competitividad y la calidad del servicio, el enfoque moderno de evaluación de los costos de calidad, fortaleciendo el enfoque tradicional de determinación y evaluación de los costos, adentrándose en la determ inación y clasificación de las partidas que integran los costos de calidad, adecuándolas a las características de cada tipo de servicio en específico, pues si es costoso establecer sistemas de evaluación y medición de los costos de calidad, lo será aún más el no medirlos ni evaluarlos.

Hay que resaltar como en los momentos actuales el M inisterio de Salud Pública inicia en todo el país acciones de capacitación para divulgar la im portancia de la determ inación y evaluación de los costos en salud, en aras de lograr mayor eficiencia de los servicios en el sector. Se hace énfasis en la im portancia de que la población conozca cuánto cuestan los servicios al Estado, aunque se ofrecen de forma gratuita. Se precisa que en cada institución sanitaria se capaciten a los profesionales y trabajadores del sector, con el objetivo de contribuir a la eficiencia en la utilización de los recursos, el ahorro y la elim inación de gastos innecesarios, reduciéndolos sin afectar la calidad de la asistencia que se brinda, todo lo cual ofrece la im portancia que reviste esta investigación para el territorio y el país. En este ámbito, el hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany, de Santiago de Cuba, se ha venido insertando en este im portante aspecto del servicio de salud, lo que es evidenciado en una investigación precedente que abordó el tema de la calidad, a consecuencia de la cual se propuso la evaluación parcial de los indicadores de calidad y eficiencia hospitalaria, aunque sin determinar los costos de calidad. Todo esto ha permitido desarrollar esta investigación e identificar el siguiente problema científico:

**Problema científico:**

¿Cómo contribuir a la evaluación de los costos de calidad y a la eficiencia de los servicios en la sala de cuidados intensivos del hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba?

**Objeto de investigación:** El servicio de salud de la sala de cuidados intensivos del hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba.

**Campo de acción:** La modelación económica de los costos de calidad.

**Objetivo:**

Determinar y aplicar un modelo económico para la estimación y evaluación de los costos de calidad en el servicio de cuidados intensivos del hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba.

**Tareas de investigación:**

- 1-Elaboración de los fundamentos teóricos de las técnicas económicas para la determinación de los costos de calidad en la sala de cuidados intensivos del Hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba.
- 2-Characterización de los indicadores de calidad y eficiencia asociados a la sala de cuidados intensivos del hospital.
- 3-Fundamentación de la correlación canónica como herramienta apropiada en la obtención de un modelo económico que permita la estimación y evaluación de los costos de calidad.
- 4-Elaboración de un modelo económico, sustentado en la correlación canónica, para la estimación y evaluación de los costos de calidad.
- 5-Valoración de la pertinencia y validación del modelo mediante el uso de técnicas económicas.

**Hipótesis de la Investigación:**

Si se aplica un modelo económico sustentado en la correlación canónica, se pueden estimar los costos de calidad y evaluar la eficiencia en los servicios de cuidados intensivos del hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba.

**Métodos de Investigación:**

Dentro de los métodos teóricos conocidos, fueron empleados:

- Histórico-lógico en el análisis del comportamiento de los costos de calidad durante un período de tres años.
- Inductivo-deductivo en la obtención de la información necesaria sobre los costos de calidad y su incidencia en la eficiencia hospitalaria.

- Análisis - síntesis en la explicación de la concepción teórica del comportamiento de los costos de calidad así como en las valoraciones y conclusiones obtenidas.
- Hipotético-deductivo: La consulta rigurosa de la bibliografía especializada permitió la conformación del marco teórico-conceptual del estudio, la elaboración y comprobación de teorías científicas sobre la temática, que relacionando los principios teóricos en un sistema integral ha posibilitado la emisión de conclusiones y juicios de valor a partir de conceptos, hechos, hipótesis y leyes establecidas, lo que permite la obtención del modelo econométrico y la valoración de su factibilidad y validación mediante técnicas estadísticas, lo cual posibilita adelantar y verificar nuevas hipótesis de la realidad así como realizar nuevas inferencias y establecer predicciones a partir del sistema de conocimientos que se tienen.

Dentro de los métodos empíricos, fueron usados:

- La revisión de documentos en el proceso de revisión de los documentos primarios del departamento de costos que contiene la información correspondiente de la sala de cuidados intensivos en el período analizado.
- Criterios de especialistas para corroborar los datos e información primaria, así como para la validación del modelo obtenido.

Dentro de los métodos estadísticos se usaron, entre otros:

- El muestreo aleatorio simple para la determinación de una muestra representativa en función de la investigación.
- Métodos del análisis multivariado

**Significación práctica:**

La realización de la investigación ha permitido obtener un modelo econométrico para la determinación de los costos de calidad en los servicios de cuidados intensivos, lo cual facilita el proceso de toma de decisiones; ello se ha logrado mediante la aplicación del análisis multivariado a la determinación de los costos de calidad, procedimiento del cual no existía referencia en la entidad.

Su significación práctica se revela en el hecho de constituir una herramienta útil para la administración del Hospital en la determinación de los costos y en la toma de decisiones en dicha entidad, además de permitir a los estudiantes de las carreras de Economía y Contabilidad contar con una guía metodológica para el estudio de los costos en sus carreras.

Tipo de estudio que se realiza: Esta investigación clasifica como un estudio correlacional de corte transversal.



## Valoración crítica de la bibliografía

El libro de texto Contabilidad y Gestión de costes de Oriol Amat y Pilar Soldevilla, 2da edición 2000, Barcelona, España 1988, es un excelente libro que está dedicado al análisis de la gestión de los costos, su forma de cálculo y el papel cada vez más relevante de esta información en el proceso de toma de decisiones empresariales, así como su influencia en la colocación de los productos en el mercado y la combinación de la calidad con costos más ajustados a las condiciones de la competencia, también muestra las nuevas tendencias en el cálculo de los costos utilizando los costos de calidad y de no calidad, para lo cual los autores realizan una explicación detallada demostrando que los mismos constituyen una herramienta muy útil para detectar las áreas con más problemas, y medir su eficacia y eficiencia. Para el desarrollo de este trabajo investigativo, las ideas recogidas en este volumen fueron de gran comprensión y esclarecimiento en el tratamiento general de la gestión de costos, y en específico de los costos de calidad, donde el autor está de acuerdo con que se pueden clasificar como costos controlables, ya que cualquier organización puede decidir el nivel que está dispuesta a soportar en relación con este concepto.

En la revista Cifras se presenta el artículo "Obsoletos los sistemas de costos tradicionales", edición Ciencias sociales 2000, y en el periódico "El economista", en el artículo "Sistemas de costos en Cuba, hay que ponerse al día", de marzo - abril 2000, La Habana, Cuba; la doctora Marta Armenteros Díaz, hace una valoración crítica de la situación de los sistemas de costos tradicionales, sus limitaciones, el enfrentamiento de las nuevas tendencias de la gestión de costos y la necesidad que tienen las organizaciones cubanas en la inserción a este nuevo contexto. En el curso de esta investigación, estas valoraciones fueron de gran importancia, pues el autor se afilia a la necesidad real de indagar en la situación que presentan los sistemas tradicionales de costos y hacer hincapié en el uso de los sistemas de costos de calidad.

En su publicación electrónica, "El costo de calidad, ¿cómo medirlo, ¿cómo controlarlo, ¿cómo evaluarlo", el Dr. Manuel Álvarez<sup>1</sup> ofrece una exquisita definición de calidad y de costos de calidad, así como hace referencia a una clasificación exhaustiva de los costos de calidad, precisa los elementos que identifican la calidad en la atención médica y su incidencia en la insatisfacción de los pacientes. El autor de esta investigación considera útil los elementos conceptuales dados por este autor ya que garantiza la

---

<sup>1</sup> Álvarez, Manuel. Publicación electrónica. El costo de calidad, ¿cómo medirlo, ¿cómo controlarlo, ¿cómo evaluarlo, México, 1996

medición de la eficiencia con que se pueden emplear los recursos y su incidencia en la calidad de los servicios de salud prestados.

El Dr. Pérez López, Cesar, en su libro *Métodos Estadísticos Avanzados con SPSS*, editorial Thomson, 2005, de la Universidad Complutense de Madrid, ofrece un magnífico esbozo del entorno de trabajo del SPSS, sus aplicaciones, así como una amplia utilización de modelos y técnicas econométricas. En el capítulo IV hace un estudio de los modelos econométricos no lineales y el análisis de la correlación canónica estándar, el cual la define como una extensión de la regresión múltiple al caso de más de una variable dependiente con la finalidad de buscar una combinación lineal de un conjunto de variables numéricas independientes y una combinación lineal de un segundo conjunto de variables dependientes, también numéricas correlacionadas al máximo, mostrando los principales resultados de esta técnica a través del SPSS, y con aplicaciones a investigaciones reales en el campo de la salud.

Joseph F. Hair, Rolp E. Anderson, Ronald L. Tatham, Wilian C. Black, profesores de la Universidad Estatal de Louisiana, en su libro *Análisis Multivariante*, 5ta edición, editorial Prentice Hall, ofrecen un amplio espectro acerca del análisis multivariante como método estadístico que analiza simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objeto sometido a investigación. De igual forma exponen el análisis de correlación canónica como una técnica útil y potente para explorar las relaciones entre variables dependientes e independientes múltiples. Se considera que esta obra ha sido la más amplia y precisa hasta la actualidad, la cual es de gran utilidad para los investigadores que desean insertarse en el campo de la econometría como ciencia aplicada para resolver problemas asociados a la administración, en este caso específico, para la estimación de los costos de calidad.

Se considera por el autor muy útil y poco empleada la técnica de correlación canónica por lo que se decide utilizarla para determinar un modelo econométrico que permita la estimación de los costos de calidad.

# CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DE LAS TÉCNICAS ECONÓMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD

## 1.1 La econometría. Su importancia en la determinación de los costos de calidad

La econometría es la rama de la economía que se ocupa de la estimación práctica de las relaciones económicas y utiliza datos económicos para estimar relaciones económicas cuantitativas para probar hipótesis acerca de ellas. El enfoque econométrico puede ser aplicado a la política, a la salud, educación, transporte, vivienda, finanzas y a la protección del medio ambiente.

En épocas pasadas el análisis econométrico estaba limitado por el aspecto computacional pero actualmente esto ha sido superado. Los potentes programas de computación existentes han permitido el uso masivo de esta técnica para obtener enfoques nuevos en el análisis cuantitativo de las variables que se están procesando. Su conocimiento requiere del cálculo diferencial e integral, el álgebra de matrices, sistema de ecuaciones lineales, probabilidades y estadística.

La econometría es una disciplina reciente que, tras una serie de tanteos iniciales, ha ido perfilándose a lo largo del tiempo y tomando autonomía. En un principio estuvo relacionada con la escuela matemática, siendo confundidas. Cowles<sup>2</sup> dentro de esta línea, destaca a Von Thunen, Walras, Jevons, Edgeworth, Pareto, etc.; sin duda dentro de este grupo habría que añadir a William Petty, del cual dice Schumpeter que fue el primer economista, y también a Quesnay, que con la Tableau Economique trató de explicar empíricamente el principio de la interdependencia de todos los elementos que actúan dentro de un sistema económico.

La escuela de Lausana, aunque nunca trató de contrastar sus modelos matemáticos teóricos por medio de datos empíricos, es evidente que en ciertos aspectos fue una precursora de la econometría por su formulación de modelos teóricos.

A Pareto se debe la ecuación que explica la distribución general de la renta, además de intentar resolver el problema que presenta la teoría del consumo, obviando el problema de la medición de la utilidad. Jevons y Edgeworth fueron realmente los iniciadores de la aplicación del método inductivo a la economía a través de la estadística y fueron los creadores de la escuela inglesa del equilibrio parcial. Necesariamente ha de mencionarse a Cournot, porque al formular las ecuaciones de la oferta y la demanda se abrió un campo que ha sido ampliamente explotado por los econométricos. Sin embargo, los trabajos econométricos con un sentido moderno comienzan con los estudios sobre la demanda, y en estos estudios evidentemente hay

---

<sup>2</sup> Cowles, Alfred, Revista Económica, 1933

que dar primacía al profesor H.L. Moore, quien incorpora el método inductivo de la estadística al método deductivo de la lógica matemática. Las ideas dadas por Moore producen un movimiento científico que da lugar a dos momentos: uno es el tratado publicado por Ezekiel en 1930, titulado “Método de análisis de correlación”, y el publicado en 1938, por Schultz, titulado “The Theory and Measurement of Demand”.

Literalmente econometría significa “medición económica”. Sin embargo, si bien es cierto que el fenómeno de la medición es una parte importante de la econometría, el campo de acción de esta disciplina es mucho más amplio, como puede apreciarse en las siguientes citas, tomadas de la obra Economía Básica de Damodar Gujarati<sup>3</sup>.

Samuelson, Koopmans y Stone (1954), quienes plantean que la econometría es: “el análisis cuantitativo de fenómenos económicos actuales, basado en el desarrollo congruente de teoría y observaciones, y relacionado por métodos apropiados de inferencia”.

Para Gujarati(2004), citando a T. Haavelmo: El método de la investigación econométrica busca esencialmente una conjunción entre la teoría económica y la medición real, utilizando como puente la teoría y la técnica de la inferencia estadística.

Wooldrige(2005): La econometría se basa en el desarrollo de métodos estadísticos, destinados a estimar las relaciones económicas, contrastar teorías económicas, evaluar y poner en práctica políticas gubernamentales y de negocio.

Según este último autor la econometría se ha desarrollado como una disciplina distinta de la estadística matemática, ya que se centra en los problemas inherentes a la recopilación y análisis de datos económicos no experimentales, y los econométricos se han inspirado en los estadísticos matemáticos siempre que ha sido posible. El método del análisis de regresión múltiple constituye el pilar de ambas disciplinas, pero su enfoque e interpretación puede ser notablemente diferente, además los economistas han ideado nuevas técnicas para lidiar con las complejidades que presentan los datos económicos y contrastar la validez de las teorías económicas.

Para Gujarati la econometría es una amalgama de teoría económica, economía matemática, estadística económica y estadística matemática, sin embargo para este autor es una disciplina que merece ser estudiada separadamente, debido a las siguientes razones:

---

<sup>3</sup> Gujarati, Damodar. Econometría Básica, primera parte, México, 2008

- La teoría económica hace afirmaciones de naturaleza principalmente cualitativa, postulando la existencia de relaciones entre variables, mientras que la econometría proporciona estimaciones numéricas dirigidas a cuantificar la relación entre dichas variables, es decir, proporciona el contenido empírico a la mayoría de las teorías económicas.
- En lo que respecta a la economía matemática, argumenta que su preocupación principal consiste en expresar la teoría económica en forma matemática o ecuaciones, sin prestar atención a la medición ni a la verificación empírica de la teoría; en este sentido la econometría se interesa primordialmente por la verificación de la teoría económica pero de tal forma que estas puedan estar sujetas a pruebas o comprobaciones empíricas.
- Se refiere a que la estadística económica centra su atención en la recolección, procesamiento y presentación de cifras económicas en forma de gráficos y tablas, sin embargo no va más allá de ello, ya que no está interesada en la utilización de las mismas para validar ni refutar teorías; es, desde luego, la econometría quien se ocupa de realizar este trabajo.
- Finalmente, hace referencia a que a pesar de que la estadística matemática proporciona una buena parte de las herramientas utilizadas en esta ciencia, la econometría requiere de métodos especiales en virtud del carácter sui géneris de la mayor parte de las cifras económicas, debido a que no son resultado de un experimento controlado.

Hasta aquí se denota que estos autores sugieren el uso de la econometría como una herramienta útil y adecuada para realizar análisis económicos, resaltando sus amplias posibilidades y alcance para su aplicación, existiendo un sinnúmero apreciable de definiciones y aproximaciones conceptuales de esta disciplina.

Los métodos econométricos son relevantes prácticamente en cada una de las ramas de las ciencias aplicadas, se aplican tanto cuando se trata de contrastar una teoría económica como cuando se considera una relación que tiene cierta importancia para la toma de decisiones en los negocios o para el análisis de políticas. También pueden emplearse para aportar respuestas a un amplio abanico de preguntas, en ciertos casos, especialmente en los que interviene el contraste de teorías económicas, se construye un modelo económico formal. Luego de analizar las anteriores definiciones, se observa que cada una ofrece una visión o enfoque del fenómeno en estudio desde la posición de cada autor y desde el ámbito en que se desarrollaron cada una de sus investigaciones. El autor no discrepa de las definiciones anteriores, pero una forma más directa y comprensible aborda el siguiente concepto, teniendo en cuenta su relación con otras

disciplinas y la alta incidencia que tiene en la evaluación de fenómenos y procesos económicos, por lo que considera que la econometría es:

“La aplicación de la estadística y las matemáticas, al análisis de los fenómenos económicos con el objetivo de evaluar, medir e interpretar sus resultados, sobre la base de los principios teóricos que los sustentan”

Naturalmente los econométricos se han inspirado en los estadísticos matemáticos siempre que ha sido posible, constituyendo el método del análisis de regresión uno de los pilares fundamentales de ambas disciplinas, relacionado con el estudio de la dependencia de una o varias variables, las variables dependientes, de una o más variables adicionales, las variables explicativas, con la perspectiva de estimar y/o predecir el valor medio poblacional o promedio de las primeras en términos de valores conocidos o fijos de las segundas, siendo conocidas estas relaciones como multivariantes, todo lo cual conduce a adentrarse en explicar en que consiste el análisis multivariante y su uso en la determinación de modelos econométricos.

## **1.2 El análisis multivariante**

El análisis multivariante no es fácil de definir. Su definición requiere dos enfoques, desde un sentido amplio y uno más estrecho o estricto del concepto. En un sentido amplio, se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objeto sometido a investigación. Cualquier análisis simultáneo de más de dos variables puede ser considerado aproximadamente como un análisis multivariante. En sentido estricto, muchas técnicas multivariantes son extensión del análisis univariante (análisis de distribuciones de una sola variable) y del análisis bivariante (clasificaciones cruzadas, correlación, análisis de la varianza y regresiones simples utilizadas para analizar dos variables). Por ejemplo, una regresión simple (con una variable predictora) se extiende al caso multivariante para incluir varias variables predictoras. De la misma forma, la variable dependiente que se encuentra en el análisis de la varianza se extiende para incluir múltiples variables dependientes en el análisis multivariante de la varianza. Aunque el análisis multivariante tiene sus raíces en la estadística univariante y bivariante, la extensión al dominio multivariante introduce conceptos y cuestiones adicionales. Estos conceptos van desde la necesidad de un entendimiento conceptual del elemento básico del análisis multivariante - el valor teórico - a las cuestiones específicas acerca de los tipos de escalas de medida utilizadas.

El análisis multivariante es un conjunto de técnicas de análisis de datos en expansión. Entre las técnicas más conocidas expuestas se encuentran (1) regresión múltiple y correlación múltiple; (2) análisis discriminante múltiple; (3) componentes principales y análisis factorial común; (4) análisis multivariante de varianza y covarianza; (5) correlación canónica; (6) análisis clúster; (7) análisis multidimensional y (8) análisis conjunto. Entre las técnicas emergentes también incluidas están (9) análisis de correspondencias; (10) modelos de probabilidad lineal como logit y probit; y (11) modelos de ecuaciones simultáneas/estructurales. Acorde a las características de las variables analizadas en la presente investigación, el autor emplea la técnica de correlación canónica, por sus facilidades y bondades en la obtención de resultados precisos.

Los métodos multivariados son extremadamente útiles para ayudar a manipular grandes, complicados y complejos conjuntos de datos, que constan de una gran cantidad de variables medidas en números grandes de unidades experimentales. Ahí radica su importancia y sus bondades, pues al incrementarse el número de variables que se miden y el número de variables de unidades experimentales que se evalúan, su efectividad se incrementa. Las técnicas multivariadas suelen ser útiles para examinar los datos en un intento por saber si hay información que valga la pena y sea valiosa en los mismos.

Hair, en su libro *Análisis Multivariante*, hace un análisis profundo del mismo, denotando la dificultad de definir y conceptualizar esta técnica, pues para algunos investigadores significa simplemente examinar relaciones entre más de dos variables, otros para resolver problemas en los que se supone que todas las variables múltiples tienen una distribución normal multivariante. Sin embargo, para este autor todas las variables deben ser aleatorias y estar interrelacionadas de tal forma que sus diferentes efectos no puedan ser interpretados separadamente con algún sentido. Paralelamente plantea que el propósito del análisis multivariante es medir, explicar y predecir el grado de relación de los valores teóricos (combinaciones ponderadas de variables), y por tanto el carácter multivariante reside en los múltiples valores teóricos (combinaciones múltiples de variables) y no sólo del número de variables u observaciones.

Es prudente destacar como diversos autores han evaluado la utilidad de estos métodos, (Vallejo Seco y Herrero Díez, 1991), de la Universidad de Oviedo, señalan: "en las investigaciones modernas un fenómeno cada día más constatado es la creciente utilización de los diseños experimentales con múltiples variables dependientes".

Si bien es cierto que durante décadas este hecho fue poco común dentro de la estrategia de investigación de carácter más experimental, no lo es menos que hoy en día, por causas de su capacidad para manejar aspectos teóricos, metodológicos e inclusive estadísticos, de ahí su notoriedad. Sin embargo, estos autores

puntualizan que: “el registrar diversas medidas desde una misma unidad de análisis, no está exento de problemas”<sup>4</sup>. Todo ello condujo a que identificaran posibles desventajas a las que conduce la utilización del análisis multivariado:

- En el supuesto caso de disponer de múltiples variables dependientes, inclusive con una alta correlación intraclase, no es inverosímil que ocurra que la hipótesis nula multivariada probada mediante un análisis multivariado de la varianza sea aceptada con un nivel de significación del 10 por 100.
- Aunque el enfoque multivariante permite manejar un gran número de variables de medida, éstas deben ser cuidadosamente seleccionadas, pues puede ocurrir que al conducir una investigación donde las variables fueron registradas sin seguir ningún criterio teórico y/o empírico, no se manifiesten como tales tratamientos significativos, de ahí que sea determinante elegir cuidadosamente las variables.
- La potencia de las pruebas multivariadas disminuye a medida que aumenta el número de variables dependientes, de ahí que sea sensato limitar el número de estas, a no ser que se incremente el tamaño de la muestra, disminuya el error de medida y las variables estén elegidas en base a criterios teóricos y/o empíricos.
- En áreas donde la medida no está lo suficientemente desarrollada, como ocurre frecuentemente en las ciencias sociales, comportamentales y de la salud, el uso de criterios múltiples puede mostrarse problemático, por lo que se recomienda en este sentido combinar linealmente las variables de medida altamente similares, sobre todo, cuando la fiabilidad e intercorrelaciones de estos criterios difieren sustancialmente. Con ello se intenta que el fenómeno en estudio, sea presentado de una forma tan simple como sea posible, pero sin perder información valiosa.

Finalmente concluyen que mediante el uso de los diseños experimentales multivariados, se logran dos ventajas muy importantes:

- Al controlar la tasa de error tipo I, disminuyen las probabilidades de capitalizar los descubrimientos sobre el azar e incrementándose por tanto, la fiabilidad de estos.
- Al consagrar los esfuerzos al descubrimiento de variables multidimensionales con significación sustantiva se contribuye muy positivamente a la descripción teórica de los fenómenos sometidos a investigación y a la validez de las inferencias realizadas.

---

<sup>4</sup> G. Vallejo Seco; F. J. Herrero D'fz. Algunas consideraciones relativas al análisis de diseños experimentales multivariados, España, 1991



Hasta aquí se ha hecho alusión a algunos comentarios de especialistas de esta materia, el autor considera oportuno dar sus valoraciones al respecto:

- Se debe dejar claro que ninguna técnica estadística o econométrica por sí sola es determinante en el estudio de un fenómeno o variables interrelacionadas. Se quiere decir con esto que es aconsejable aplicar técnicas de apoyo a la investigación que corroboren los resultados, y no concluir hasta no tener la seguridad y fiabilidad que aseguren que los resultados no son solamente específicos de los datos de la muestra y que pueden ser generalizados a la población.
- Aunque en la correlación canónica no es relevante el definir cuáles variables son dependientes y cuáles independientes, si es de crucial importancia que el investigador tenga bien definido su objetivo en el diseño de la investigación, y de esta forma sus variables dependientes.

### 1.2.1 La correlación canónica. Definición y empleo

Hasta hace pocos años, el análisis de correlación canónica era una técnica estadística relativamente desconocida. La disponibilidad de programas computacionales ha facilitado el aumento de su utilización en problemas de investigación. Es particularmente útil en situaciones donde se tienen múltiples variables dependientes como satisfacción, compras o volumen de ventas. Si las variables predictoras fueran exclusivamente categóricas, se podría emplear el análisis multivariante de la varianza. Pero, ¿qué ocurre si las variables predictoras son métricas? La correlación canónica es la respuesta, ya que permite la valoración de la relación entre variables predictoras métricas y múltiples de medidas dependientes. La correlación canónica es considerada como el modelo general en el que se basan muchas otras técnicas multivariantes, dado que se pueden emplear tantos datos métricos como no métricos para variables tanto dependientes como independientes. La forma general del análisis canónico se puede expresar como:

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n \Rightarrow X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

(métricas, no métricas)                      (métricas, no métricas)

El análisis de correlación canónica puede verse como una extensión lógica de un análisis de regresión múltiple. Cabe señalar que este implica una única variable dependiente métrica y varias variables métricas independientes, su objetivo es correlacionar simultáneamente varias variables dependientes métricas y varias variables métricas independientes. Mientras que la regresión múltiple implica una única variable dependiente, la correlación canónica implica múltiples variables dependientes, el principio subyacente es desarrollar una combinación lineal de cada conjunto de variables (tanto independientes como dependientes) para maximizar la correlación entre los dos conjuntos. O dicho de otra forma, el procedimiento implica obtener un conjunto de ponderaciones para las variables dependientes e

independientes que proporcione la correlación única máxima entre el conjunto de variables dependientes y el conjunto de variables independientes. Con el análisis de regresión múltiple, se puede predecir el valor de una única variable criterio (métrica) a partir de una función lineal de un conjunto de variables predictoras (independientes). Para algunos problemas de investigación, el interés puede no centrarse en una sola variable criterio (dependiente), en su lugar, el investigador puede estar interesado en relaciones entre conjuntos de múltiples variables criterios y múltiples variables predictoras. El análisis de correlación canónica facilita el estudio de las interrelaciones entre múltiples variables criterio (dependientes) y múltiples variables predictoras (independientes), es decir, mientras que la regresión múltiple predice una única variable dependiente a partir de un conjunto de múltiples variables independientes, la correlación canónica predice simultáneamente múltiples variables dependientes a partir de múltiples variables independientes.

La correlación canónica establece el menor número de restricciones sobre los tipos de datos con los que se trabaja. Otras técnicas imponen restricciones más rígidas, sin embargo, se acepta generalmente que la información obtenida a partir de ellas es de una mayor calidad y que se puede interpretar más fácilmente. Por esta razón, muchos investigadores consideran la correlación canónica como un último intento, para ser empleada cuando otras técnicas de menor nivel no han funcionado correctamente. Pero en situaciones con múltiples variables dependientes e independientes, la correlación canónica es la técnica multivariante más apropiada y potente que ha logrado la aceptación en muchos ámbitos y representa una herramienta útil para el análisis multivariante, especialmente dado que se ha extendido el interés de considerar las variables múltiples dependientes. El análisis de correlación canónica es el método más generalizado de la familia de las técnicas estadísticas multivariantes, se relaciona directamente con varios métodos de dependencia. Al igual que en la regresión, el objetivo de la correlación canónica es cuantificar la validez de la relación, en este caso, entre los dos conjuntos de variables (dependientes e independientes). Se asemeja al análisis factorial en la creación de compuestos de variables. También se parece al análisis discriminante en su capacidad para determinar las dimensiones independientes (igual que las funciones discriminantes) para cada conjunto de variables que produce la correlación máxima entre las dimensiones. De esta manera, la correlación canónica identifica la estructura óptima o la dimensionalidad de cada conjunto de variables, que maximiza la relación entre los conjuntos de variables dependientes e independientes, (Hair, 1996). El análisis de correlación canónica trata con la asociación entre los compuestos de conjuntos de variables múltiples dependientes e independientes, por ello, desarrolla varias funciones canónicas que maximizan la correlación entre las combinaciones lineales, también conocidas como los valores teóricos canónicos, que son conjuntos de variables dependientes e independientes. Cada

función canónica se basa realmente en la correlación entre dos valores teóricos canónicos, un valor teórico para las variables dependientes y otro para las variables independientes. Otra característica única de la correlación canónica es que se obtienen los valores teóricos de forma que se maximice su correlación. Además, la correlación canónica no acaba con la obtención de una relación simple entre los conjuntos de variables, en su lugar, se pueden conseguir varias funciones canónicas (pares de valores canónicos).

### 1.2.2 Enfoque econométrico

El siguiente gráfico sintetiza el enfoque econométrico, el cual se tendrá en consideración para la aplicación congruente de las técnicas econométricas durante el desarrollo de la investigación.

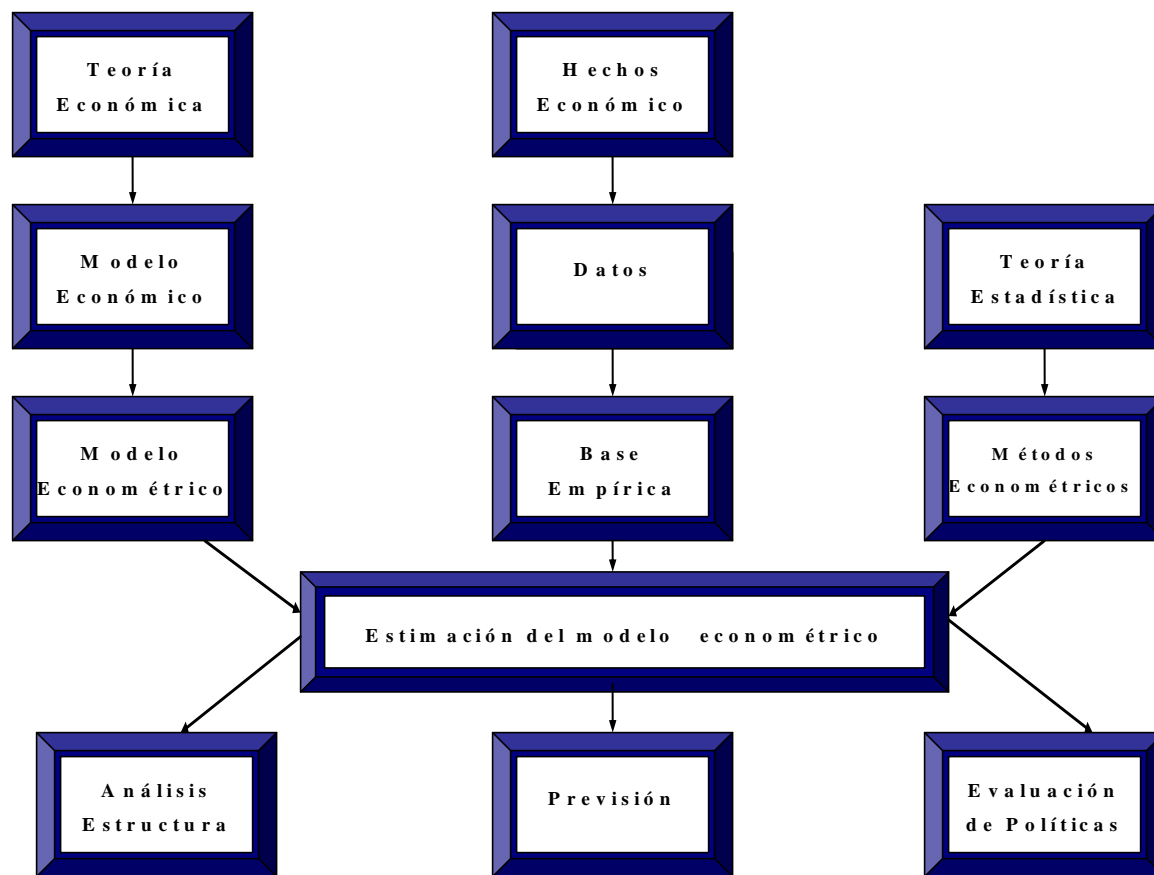


Fig. 1 Enfoque econométrico. Fuente: Adaptado de Intriligator<sup>5</sup>

Teniendo en cuenta una secuencia lógica, en la gráfica anterior se analizan y exponen los elementos que integran el modelo, dos de los componentes fundamentales de cualquier estudio econométrico: teoría y hechos, en realidad, un logro importante de la econometría es combinar estos dos elementos. En cambio, una cantidad considerable del trabajo realizado destaca uno de ellos en detrimento del otro.

<sup>5</sup> D. Intriligator, Michael, *Econometric Analysis*, México, 2011

La teoría es uno de los elementos básicos en cualquier estudio econométrico, pero debe ser formulada de manera que pueda utilizarse. La forma más eficaz con fines econométricos, como se aprecia en la gráfica anterior suele ser la de un modelo, en particular un modelo econométrico. El modelo resume la teoría relevante para el sistema considerado y es la forma más conveniente para sintetizar esta teoría, para hacer mediciones prácticas y pruebas.

El otro elemento importante en un estudio econométrico es un conjunto de hechos, término que designa los eventos en el mundo real que están relacionados con el fenómeno en investigación. Estos hechos conducen a un conjunto de datos, que representan observaciones relevantes. Sin embargo y en sentido general, los datos deben ser seleccionados o reconfigurados en una diversidad de formas para adecuarlos al uso requerido por el estudio econométrico. Esta sección incluye distintas reconfiguraciones, tales como los ajustes estacionales o cíclicos, la extrapolación, la interpolación, la combinación de diferentes fuentes de información y, en general, el empleo de otras informaciones para moldear los datos. El resultado es un conjunto de datos seleccionados.

La teoría ha sido desarrollada en la forma de un modelo econométrico y los hechos, en un conjunto de datos selectos, el siguiente paso, central en el enfoque econométrico, combina estos dos factores básicos. En ese paso la estimación del modelo econométrico con los datos seleccionados, hace uso de un conjunto de técnicas econométricas, es decir, extensiones de los métodos clásicos de la estadística, particularmente el análisis de regresión, la inferencia estadística y el muestreo. Las extensiones de los métodos clásicos son necesarias para considerar ciertos problemas especiales que se encuentran al estimar un modelo econométrico

La gráfica muestra también tres propósitos fundamentales de la econometría: el análisis estructural, la predicción y la evaluación de políticas. Cualquier estudio econométrico puede tener uno, dos o todos estos propósitos, que representan los productos finales de la econometría, del mismo modo que la teoría y los hechos constituyen sus materias primas.

El análisis estructural es el uso de un modelo econométrico estimado, para efectuar la medición cuantitativa de relaciones económicas. También permite la comparación de teorías contrarias sobre un mismo fenómeno. Es factible que un resultado de este análisis sea un efecto retroalimentador sobre la teoría, por ejemplo, una relación medida entre la tasa de inflación y la tasa de desempleo - la curva de Phillips - ha conducido a diversos desarrollos en la teoría del desempleo.

La predicción es la aplicación de un modelo econométrico estimado, para predecir valores cuantitativos de ciertas variables fuera de la muestra de datos realmente observados. Con frecuencia los pronósticos son la base para tomar decisiones, por ejemplo, la compra de materia prima y el empleo de trabajadores adicionales en una empresa pueden apoyarse en una predicción de que las ventas se incrementarán en los dos semestres subsecuentes.

La evaluación de políticas es el manejo de un modelo econométrico estimado para elegir entre políticas alternas. Un enfoque puede presentar explícitamente una función objetivo para maximizar, mediante la elección de políticas y considera el modelo estimado como una restricción de este proceso de optimización.

### **1.3 Modelos cuantitativos. Su clasificación**

Los modelos cuantitativos se pueden clasificar, de acuerdo con la información que utilizan en multivariantes o econométricos, y en univariantes o de series de tiempo.

Los modelos econométricos tratan de explicar el comportamiento de una o más variables en función de la evolución de otras variables que se consideran explicativas. Se recuerda que las variables explicadas por el modelo se denominan endógenas, mientras que las variables explicativas del modelo, pero no explicadas por él, se denominan predeterminadas. Entre las variables predeterminadas se distinguen dos grupos: exógenas y endógenas retardadas, estas últimas no son explicadas por el modelo en el momento  $t$ , pero han sido explicadas por el en un momento anterior, por su parte, las exógenas son variables que no son explicadas por el modelo en ningún momento.

Los modelos multivariantes contemplan de forma explícita la información que aportan las variables causales del fenómeno de interés de acuerdo con una determinada teoría económica. Una ventaja de este modelo consiste en que los resultados que se generan son más eficientes y poseen mayor poder explicativo que los modelos univariantes. Sin embargo, en estos modelos, cuando se desea realizar predicciones, el desconocimiento de los valores de las variables explicativas en el futuro determina la necesidad de utilizar predicciones para éstas, lo cual incrementa el nivel de incertidumbre con que se realiza la predicción econométrica. Por otra parte, cuando el futuro puede suponer una alteración de tendencias de comportamiento respecto al pasado reciente, es recomendable utilizar estos modelos causales para predecir a mediano plazo (1 a 5 años).

Los modelos más sencillos se le denominan uniecuacionales, pues sólo tienen una variable endógena corriente en el lado izquierdo de la relación (variable endógena o regresando), en el otro lado, puede haber

una o varias variables explicativas (exógenas y endógenas retardadas). Además de las variables mencionadas, en cada ecuación interviene generalmente una variable no observable (la perturbación aleatoria), la cual recoge los efectos de diversos factores que desvían ligeramente el valor de la variable explicada respecto al valor esperado de acuerdo al modelo, por ejemplo:

$$Y_t = B_0 + B_1 X_t + B_2 Y_{t-1} + \xi_t$$

En donde:  $Y_t$  es la variable endógena,  $X_t$  es exógeno,  $Y_{t-1}$  es una variable endógena retardada y  $\xi_t$  es la perturbación aleatoria.

En el caso que exista interdependencia entre la variable explicada por la ecuación y alguna de las variables explicativas, u otras variables endógenas de otras ecuaciones, se debe formular un sistema de ecuaciones en el que se tenga en cuenta las diversas relaciones existentes entre esas variables, utilizando métodos de estimación diseñados especialmente para modelos multiecuacionales.

Cuando el objetivo del estudio econométrico es exclusivamente la predicción no siempre es necesario que se especifique un modelo causal en el que la variable explicada se exprese en función de un conjunto de variables explicativas, ya que en muchos casos se pueden obtener predicciones satisfactorias mediante modelos de predicción univariantes.

Para la obtención de un modelo econométrico, la econometría posee un procedimiento de aplicación que se expone en los siguientes pasos, según Damodar Gujarati, en su libro Econometría:

- Enunciado de la hipótesis
- Especificación del modelo econométrico
- Estimación de los parámetros
- Verificación o inferencia estadística
- Predicción
- Utilización del modelo para fines de control o formulación de políticas

El modelo econométrico que se pretende determinar en esta investigación y cuyo objetivo es estimar y evaluar el comportamiento de los costos de calidad en un período determinado en los servicios de la sala de cuidados intensivos, se basa en los pasos propuestos por Damodar Gujarati, por considerarlo metodológicamente satisfactorio para este propósito, debido a que está integrado por una serie de pasos que permiten con facilidad y lógica darle solución al problema en estudio y por ende arribar al modelo estimado con una base metodológica precisa.

#### **1.4 Los costos de calidad. Su importancia para la Administración**

Para las empresas hoy en día, es de vital importancia medir cuanto cuestan sus esfuerzos por la calidad, pues le permiten trazar sus estrategias para su mejoramiento y de esta forma ser rentables, eficientes y concertar cada día contratos más ventajosos. En Cuba algunos directivos están conscientes de que la calidad tiene impacto sobre la satisfacción del cliente y por consiguiente repercuten en los beneficios, pero no todos traducen la falta de calidad a la ineficiencia e ineficacia de la gestión. Afortunadamente, debido a los resultados de muchas empresas, este conocimiento de los directivos está mejorando, la falta de una cultura de calidad ha influido en el número de empresas que dentro de sus estrategias no cuentan con estas cuestiones.

La administración de la calidad total como una variable y estrategia empresarial clave es una presencia permanente en las empresas, las cuales necesitan verla y tratarla como corresponde. Uno de los factores para promover un proceso de mejoramiento continuo de la calidad consiste en recopilar, documentar y usar la información sobre los costos relacionados con la calidad. Es necesario que los mismos sean declarados formalmente por las empresas, parte de sus planes operacionales y sus sistemas presupuestarios, y que los ejecutivos los manejen como corresponde.

El Sistema de Costos de la Calidad es una herramienta que le permite a la dirección conocer la magnitud de los costos, determinar con precisión las áreas de oportunidad y evaluar monetariamente los resultados de los esfuerzos en la mejora continua de la calidad. La gerencia debe tomar muy en cuenta el rol de los costos en lo concerniente a calidad, dados a que involucran muchos aspectos que no pueden ser descuidados. Su determinación y evaluación proporcionan los criterios para obtener información que pueda ser utilizada por la dirección de la empresa para analizar el impacto económico que tiene la calidad o la ausencia de ésta en los resultados del proceso administrativo y verificar el progreso obtenido como consecuencia de las acciones dirigidas a la mejora continua de este.

Significativo es lo que señala Ricardo Jiménez Aguado<sup>6</sup>, que el costo de la calidad no es exclusivamente una medida absoluta del desempeño, su importancia estriba en que indica donde será más redituable una acción correctiva para una empresa.

El sistema de costos de calidad proporciona los criterios para obtener información que pueda ser utilizada por la dirección de la empresa para analizar el impacto económico que tiene la calidad o la ausencia de

---

<sup>6</sup> Jiménez Ricardo, A. Aguado. ¿Qué es el costo de calidad?. México, 2005

ésta en los resultados de la organización y verificar el progreso obtenido como consecuencia de las acciones dirigidas a la mejora continua.

Algunos beneficios que traen para las organizaciones la determinación y evaluación de los costos de calidad son:

- Reducción de costos de fabricación y/o servicios.
- Mejora de la gestión administrativa.
- Disminución de mermas.
- Mejora en el planeamiento y la programación de actividades.
- Mejora de la productividad y eficiencia.
- Aumento de la utilidad y satisfacción del cliente.
- Satisfacción de hacer bien el trabajo desde el principio.

Definitivamente, los costos de calidad forman parte integral del costo de producción, estando presentes en los resultados que se reflejan en el estado de resultado de una organización, pero no se cuantifican por separado, lo que impide su adecuado control y análisis, dificultando la aplicación de posibles medidas correctivas y el proceso de toma de decisiones.

Al diseñarse un sistema de costo de calidad, es imprescindible tener en cuenta que su primer objetivo es ser un elemento decisivo en el sistema informativo de la organización, siendo un apoyo a la gerencia en el proceso de control y toma de decisiones, facilitando la medición del cumplimiento de los objetivos estratégicos y contando con elementos cualitativos y cuantitativos.

Un sistema de costos de calidad es en esencia una técnica contable y una herramienta administrativa que proporciona a la alta dirección los datos que le permiten identificar, clasificar, cuantificar monetariamente y jerarquizar las erogaciones de la empresa, a fin de medir en términos económicos las áreas de oportunidad y el impacto monetario de los avances del programa de mejora que está implementando la organización para optimizar los esfuerzos y lograr mejores niveles de calidad, costo y/o servicio que incrementen su competitividad y afirmen la permanencia de la misma en el mercado.

Todo ello permite afirmar la importancia que revela el manejo adecuado de los costos de la calidad, su determinación y evaluación oportuna, a continuación se enumeran diversos puntos de vistas que contribuyen a augurar esta afirmación.

En primer lugar: alrededor del 10 al 20% de las ventas totales de las empresas está representado por los costos relacionados con la calidad, de acuerdo con una investigación de un grupo de trabajo de la Oficina para el Desarrollo Económico Nacional (ODEN) que estudió la calidad y las normas publicadas en 1985.



En segundo lugar: el 95% de los costos en la calidad generalmente tiene relación con la valoración y los defectos, estos gastos le añaden muy poco al valor del producto o servicio; los gastos de los defectos, por lo menos, pueden considerarse evitables, la reducción de los costos de los defectos mediante la eliminación de las causas de la falta de cumplimiento también puede traducirse en una reducción sustancial de los costos de valoración.

En tercer lugar: los costos innecesarios y evitables encarecen los bienes y servicios, esto a su vez, afecta la competitividad y, a la larga, los salarios y los estándares de la vida.

En cuarto lugar: es evidente que los gastos y los aspectos económicos de muchas actividades relacionadas con la calidad, incluidas las inversiones en la prevención y las actividades de evaluación, les son desconocidos a las compañías, no obstante que tales costos son considerables y que una parte sustancial de ellos es evitable.

#### **1.4.1 Costos de calidad en los servicios de salud**

Calidad y eficiencia son categorías abstractas, la necesidad de medirlas es obvia pero es siempre un desafío debido en parte a que los indicadores deben separar la parte de ellos que se debe a las características de los pacientes, de la que se relaciona con la atención prestada.

La atención hospitalaria juega un papel preponderante en la atención sanitaria, tiene un alto significado social, pues los hospitales albergan a las personas con los problemas de salud más serios y son los centros más costosos del sistema de salud por la atención especializada y tecnológicamente avanzada que deben brindar, además del servicio que lógicamente ofrecen.

La evaluación continua de la calidad y la eficiencia de la atención hospitalaria con sus implicaciones sociales y económicas es un imperativo para el sector de la salud. Desde el punto de vista médico (como exponente principal del proveedor de salud) generalmente se acepta como una atención médica de buena calidad a la que tiene relación con el estado del conocimiento actual y el empleo de la tecnología correspondiente. Desde el punto de vista de los gestores o administradores de la atención médica, la calidad con que se brinda un servicio de salud no puede separarse de la eficiencia, puesto que si no se tienen en cuenta el ahorro necesario de los recursos disponibles, el alcance de estos servicios será menor que el supuestamente posible.

Ninguno de los enfoques deberá desdeñarse puesto que si bien los médicos pueden tener la razón mejor fundamentada, los administradores disponen de los recursos y los enfermos, receptores de la atención,

deberán aceptarla conscientemente para que surta el efecto esperado. Sólo el balance apropiado de intereses y concepciones dará lugar a la calidad óptima que, en buena lid, se desea<sup>7</sup>.

En los sistemas públicos y gratuitos el estado financia los servicios de salud y es el mayor interesado en que estos sean brindados con calidad y eficiencia. La falta de control y evaluación de estos dos atributos en los servicios de salud se reflejará a la larga en una disminución de las posibilidades reales para brindar todos los servicios sociales.

Por otro lado, la medición de conceptos abstractos como calidad y eficiencia de los servicios de salud, necesitan de una operacionalización cuantitativa que permita comparaciones en el tiempo y en el espacio para la determinación de patrones que consientan la identificación de fallos o logros.

La necesidad de medirlos es obvia, aunque es siempre un desafío. Una buena parte de este desafío se debe a que los indicadores de calidad y eficiencia deben separar la parte referida a las características de los pacientes, de la que se relaciona con la atención prestada.

Bajo esta óptica, los costos relativos a la calidad pueden involucrar a uno o más departamentos de la organización, así como a los proveedores o servicios subcontratados. Esto significa que no están exentas de responsabilidad las áreas de investigación y desarrollo, almacenamiento, manejo de materiales, producción, planeación, control, instalaciones, mantenimiento y servicios, entre otras.

De ahí que, en la medida en que se vea más ampliamente el costo de calidad, se podrá valorar su importancia y peso específico dentro de la administración de un hospital o su impacto en los procesos de mejoramiento tendientes a la calidad total.

En esto juega un papel muy importante el profesional de la salud que debe fomentar la excelencia en la atención al paciente para desarrollarla con la mayor calidad, aplicando teorías de cambio en la práctica, del mismo modo aprenderá a mostrar qué hacemos, cómo y porqué lo hacemos, y demostrar competencia, profesionalismo y humanización<sup>8</sup>.

Ese constituyó el primer paso para definir la magnitud de la resistencia y permitir la formulación y puesta en práctica de programas de acción, de prevención y control. Las variables que se utilizaron en el estudio fueron:

- 1-Gastos operacionales
- 2-Número de camas habilitadas para el tratamiento de la infección
- 3-Costos días-cama

---

<sup>7</sup> Jiménez Ricardo, A guado. Indicadores de calidad y eficiencia de los servicios hospitalarios, México, 2005

<sup>8</sup> Ríos, E. Estadísticas Hospitalarias. Indicadores de Salud Pública: Selección de artículos. Ciudad de La Habana, 1987

Uno de los mitos es que dar calidad exige un costo mayor, y que de alguna manera es difícil realizar un buen servicio. Pero los hechos han demostrado repetidamente el principio básico de que la calidad significa buena utilización de recursos, equipos, materiales, información, y capital humano sobre todo y por consiguiente supone costos bajos y productividad elevada, minimiza y evita riesgos, hay fidelidad del usuario y satisfacción. La cuantificación de los costos de calidad permite demostrar cómo, si se mejora la calidad en la atención se dan pasos sólidos para poder alcanzar la excelencia en los servicios.

La calidad es una categoría alcanzable, medible, rentable y el medidor es el costo de calidad, el cual tiene el propósito de llamar la atención de los funcionarios de las instituciones de salud y medir si la calidad está mejorando; un control de calidad eficiente previene la manifestación de las fallas tanto internas como externas, lo que implicaría una disminución considerable de las quejas, los reingresos, las complicaciones, las infecciones intrahospitalarias y otros problemas que afectan la atención a los pacientes. El incremento en los costos, como consecuencia del envejecimiento de la población y la complejización de las tecnologías sanitarias, entre otras causas, han determinado la necesidad de priorizar el objetivo de elevar la eficiencia en los servicios de salud.

La atención hospitalaria por su significado social juega un papel preponderante en la atención sanitaria y son los hospitales los centros más costosos del sistema de salud, particularmente las salas (servicios) de cuidados intensivos; por los problemas de salud que enfrentan, la tecnología de avanzada y de especialización de que disponen ocupan el primer lugar en este sentido, de ahí que se considera un imperativo evaluar la calidad y eficiencia en estos servicios por sus implicaciones sociales y económicas.

Con el análisis de los costos vistos a través del prisma de la calidad se puede entender cuánto cuestan los fallos y también evaluar el servicio para comprobar si está acorde con la excelencia que se le pide. Se podrá valorar con un criterio más amplio la importancia que tienen las acciones encaminadas a estos fines y que eviten el encarecimiento innecesario del servicio.

Para el autor, no hay visión uniforme de lo que es costo de calidad y lo que debe ser incluido bajo este término, las ideas claras acerca del costo de calidad han venido evolucionando rápidamente en los últimos años, anteriormente era percibido como el costo de poner en marcha el departamento de aseguramiento de la calidad, la detección de costos de desechos y costos justificables. No obstante en la revisión de la bibliografía que aborda este aspecto, se han encontrado numerosas definiciones y acepciones disímiles, que tienen aspectos en común y diferencias no sustanciales, o sea, se considera

necesario ofrecer una definición y el autor aprecia como relevante la ofrecida por Oriol Amat y Pilar Soldevilla en su libro “Contabilidad y gestión de costes”, afirmando que:

“Son los costes que se originan como consecuencia de las actividades de prevención y de evaluación que la empresa acomete en un plan de calidad”

Los costos relativos a la calidad pueden involucrar a uno o más departamentos de la organización, así como a los proveedores y servicios subcontratados, al igual que a los medios de entrega del producto o servicio. De ahí que, en la medida en que se vea más ampliamente el costo de calidad, dependerá su importancia y peso específico dentro de la administración de un negocio, la gestión de los procesos y servicios o su impacto en el mejoramiento de la calidad total.

Para el autor, desde una óptica microeconómica, la calidad es una categoría enfocada en torno al consumidor, a sus necesidades cada vez más exigentes en un mundo dominado por la incertidumbre del mercado, por lo que todas las partidas de gastos implicadas en la misma, que conllevan a los costos de calidad tendrán el matiz de la competitividad del servicio ofertado para la utilidad del paciente, por tanto los costos de calidad en los servicios de salud serán todas aquellas partidas que conlleven a ser más competitivo el servicio prestado al paciente, evitando su retorno por las fallas asociadas a estos procesos. Este planteamiento está en correspondencia con el análisis que ofrece Manuel Álvarez, sintetizado en el gráfico siguiente:

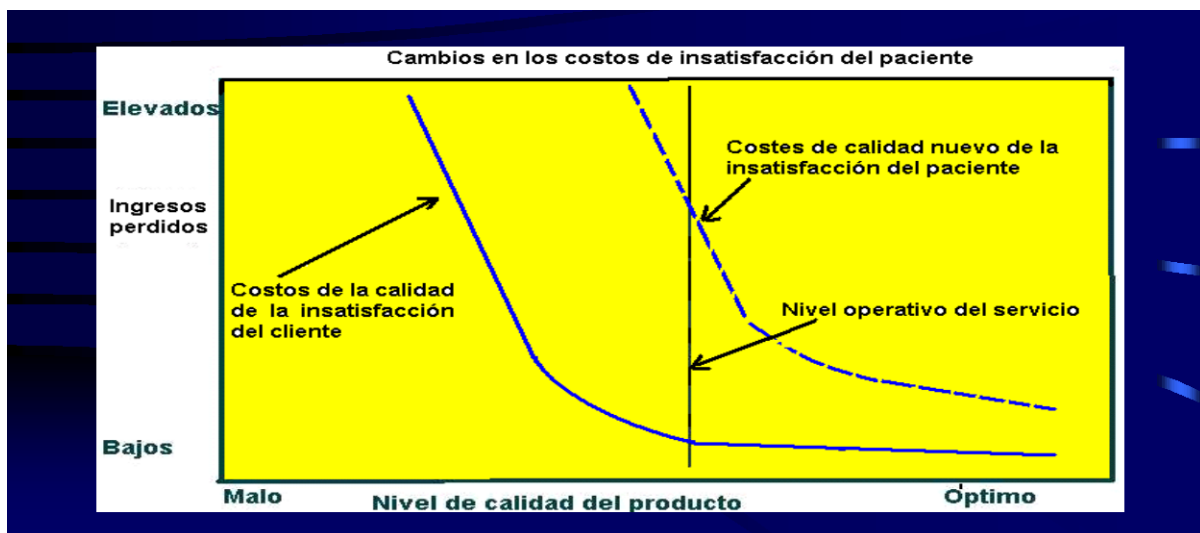


Fig. 2 Cambios en los costos de insatisfacción del paciente. Fuente: Álvarez, Manuel<sup>1</sup>

En este gráfico el autor relaciona el nivel de calidad de un producto con los ingresos perdidos, observándose que la relación entre ambas variables es inversamente proporcional, lo cual indica que si disminuye la calidad del producto o servicio ofertado, acercándose al límite de malo, los ingresos

dejados de percibir tenderán a ser muy altos. Sin embargo, a medida que se alcance el nivel óptimo la curva se desplazará hacia fuera, indicando mayor calidad del servicio ofertado y mayores costos de calidad nuevos de la insatisfacción del paciente, lográndose un nuevo nivel operativo del servicio. En el contexto del sector de la salud, como las unidades son presupuestadas, la variable que aparece en el eje de las ordenadas denominada ingresos perdidos, se interpreta como los costos totales de calidad y eficiencia, implicando que un nivel de la calidad del servicio óptimo genera un incremento proporcional en dichos costos, o sea, se debe hacer énfasis en que la calidad del servicio en la salud, conlleva a invertir recursos racionalmente.

Existen tres enfoques diferentes a la hora de estudiar los costos de calidad:

- 1-Enfoque de costos del proceso
- 2-Enfoque del costo de la no calidad
- 3-Enfoque de los costos directos de la mala calidad<sup>9</sup>

El enfoque de los costos directos de la mala calidad, que agrupa los costos en: de prevención, de evaluación, por fallos internos y fallos externos es el de aceptación más generalizada y se utiliza por el autor en esta investigación..

En otro estudio realizado por el Instituto Nacional de Salud Pública de México se citan a algunos autores que utilizan otros conceptos a la hora de denominar a los costos de calidad, que aunque no divergen mucho del que mayormente se utiliza en este trabajo, resulta interesante exponer.

Se denomina costo total de calidad a todos aquellos costos contabilizables o no que tengan relación con la calidad del proceso o con la carencia de la misma. Los costos totales de calidad son denominados costos operativos de calidad, constituidos por los costos de control y los costos por fallos de control. El primero a su vez agrupa a los costos de prevención y evaluación y el segundo a los costos de fallos internos y externos, teniendo una interrelación cada una de estas partidas del costo y que en el siguiente esquema se muestra una primera clasificación de los mismos:

---

<sup>9</sup> De Moraes H, Paganini JM. Estándares e indicadores para la acreditación de hospitales en América Latina y el Caribe, México, 1994

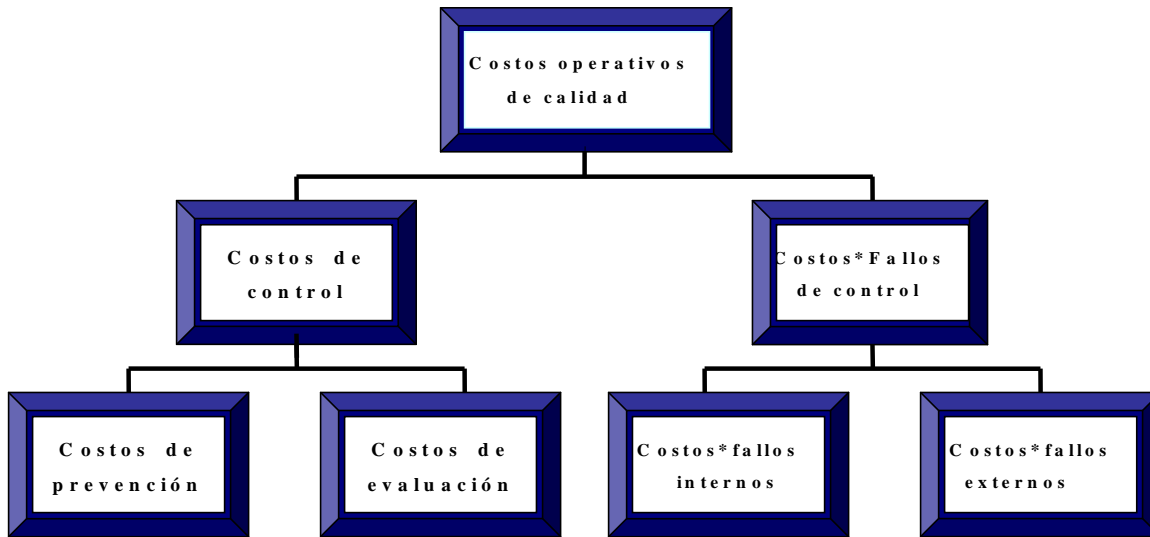


Fig 3 Clasificación de los Costos de Calidad. Fuente: Álvarez, Manuel<sup>1</sup>.

Otros consideran que al llevar a cabo un estudio de la calidad es porque los elementos que le dieron origen al estudio son negativos y por tanto deben llamarse costos de la mala calidad y se dividen en controlables y de fallos de control, donde los de prevención y evaluación son calificados como una inversión en calidad y los otros como los de no calidad<sup>10</sup>, una segunda clasificación que se refleja en el esquema que se muestra.

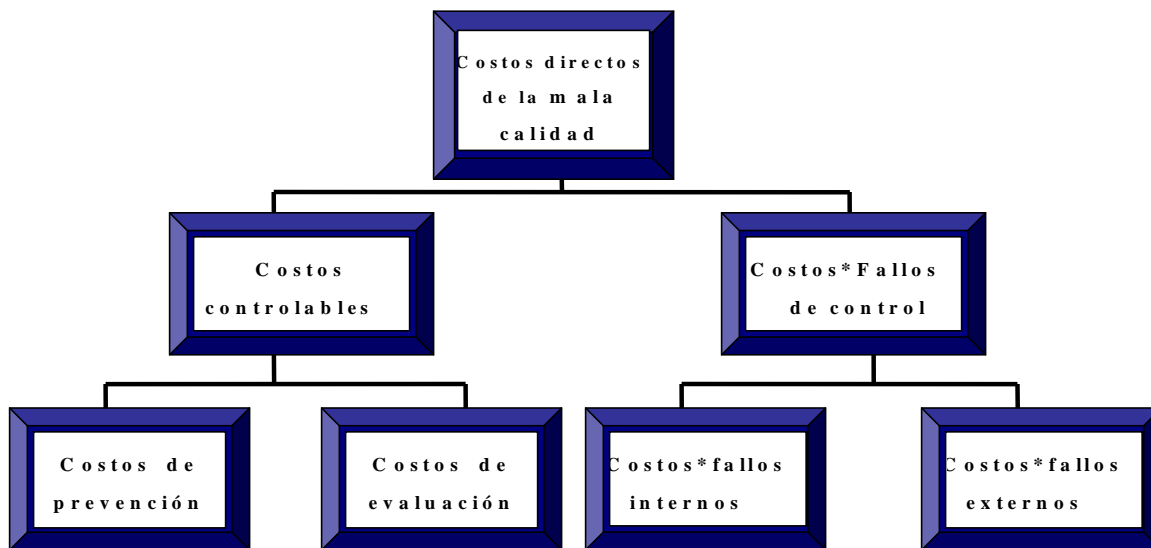


Fig 4 Clasificación de los Costos de Calidad. Fuente: Álvarez, Manuel<sup>1</sup>.

<sup>10</sup> Cela Trulock, J.L. Calidad. Qué es, cómo hacerla, Barcelona, 2000

Los costos de calidad se clasifican en cuatro categorías, según Trulock en su libro "Calidad, qué es y cómo hacerla."

- Prevención
- Evaluación
- Fallas internas
- Fallas externas

Algunos autores consideran un quinto grupo de costos de calidad, conocido como costos de aseguramiento externo de la calidad, los cuales son los relativos a la demostración y comprobación requerida como evidencia objetiva por los consumidores incluyendo las disposiciones particulares y adicionales del aseguramiento de la calidad, los procedimientos, las valoraciones y los ensayos de demostración. Dentro de los elementos que lo integran están: auditorías externas, ensayos realizados por organizaciones externas y consultorías realizadas por organizaciones externas.

Otros autores señalan que en la década de los años 50 los costos de prevención representaron solamente el 10% de los costos totales de calidad, los de evaluación el 18% y los de fallos el 72%. Cuando en una empresa existe la posibilidad de que ocurran fallas, se incurre en los costos de prevención y evaluación, estos se consideran como una inversión, o sea, se califican costos por fallas (internas y externas) valorándose como pérdidas.

Para las entidades los costos de prevención son en los que se incurre para evitar y prevenir errores, fallas, desviaciones y/o defectos, durante cualquier etapa del proceso productivo, que desmeriten la calidad de este. A medida que los de prevención se incrementan, se espera que los costos de fallas disminuyan, de modo que se incurren en dichos costos para reducir el número de unidades que no se logra producir.

Los costos de evaluación o detección son aquellos en que incurre la entidad, destinados a medir, verificar y evaluar la calidad de los materiales, partes y elementos, productos y/o procesos, así como para controlar y mantener la producción dentro de los niveles y especificaciones de calidad, previamente planificados y establecidos por el sistema de calidad y las normas aplicables, en ellos se incurren durante y después de la producción pero antes de la venta.

Por otra parte los costos por fallas internas son los resultantes del fallo, defecto o incumplimiento de los requisitos establecidos de los materiales, elementos, partes, productos y/o servicios, cuyo fallo o defecto se detecta dentro de la empresa antes de la entrega del producto o servicio al cliente. Son respuesta de la

pobre calidad detectada por las actividades de evaluación. El 95% de los costos de calidad se gastan en evaluaciones e inspecciones, y en otros gastos que se derivan de fallos. Los costos de fallas internas se consideran como evitables y no se presentarán a menos que existan defectos.

Los costos por fallas externas son los incurridos al rectificar los fallos o defectos en la calidad del producto y los que surgen por el incumplimiento de los requisitos de calidad establecidos y cuyos fallos se ponen de manifiesto después de su entrega al cliente. Para iniciar el proceso de mejora continua del sistema de calidad en los servicios de salud es necesario saber que se debe mejorar mediante la cuantificación en términos monetarios de los costos de calidad ya que son parte integral del costo total del servicio pero no se cuantifican por separado y así poder tomar las medidas correctivas.

Los costos de calidad, en términos sencillos, son la suma de los costos operativos de la calidad, que se relacionan específicamente con el logro o no del producto, o con la calidad del servicio, se entenderá como aquellos costos necesarios para alcanzarla, surgen de la baja calidad existente o que pueda existir, incluyen los costos directos por baja calidad por lo que deben estar asociados con la creación, identificación, reparación y prevención de defectos o errores. Un punto de vista pesimista define a los costos de calidad como reflejo de ineficiencia e incumplimientos evitables: reprocesos, gastos por atención de quejas y demoras, entre otras.

También se puede definir como costos de calidad, a la parte de los aspectos económicos de la calidad que considera los gastos incurridos en la obtención y aseguramiento de una calidad satisfactoria, así como las pérdidas originadas cuando no se obtiene esta.

Otras definiciones plantean que los costos de calidad son aquellos asociados con la prevención, identificación, reparación y rectificación de la calidad deficiente y con el costo de oportunidad de la pérdida de tiempo y ventas, como resultado de una calidad pobre o deficiente. Algunas entidades han considerado que además de los costos de manufactura, los costos de calidad incluyen, los asociados a las funciones de soporte como el diseño del producto, compras, relaciones públicas y el servicio al cliente, entre otros.

En un estudio realizado en Ciudad México<sup>11</sup> se hacen valoraciones de algunos elementos que deben incluirse pues se asocian a los servicios de salud de mala calidad, los cuales el autor los considera en la determinación de los indicadores utilizados, como son:

---

<sup>11</sup> Arteaga Espinosa, Tagle. Diseño de la metodología para el cálculo y contabilización de los costos de la calidad de la Empresa Gráfica de Santiago de Cuba. Cuba, 2008



- Reingresos no programados.
- Procesos que se abandonan por ineficaces.
- Tratamiento iniciados tardíamente.
- Reprocesos.
- Servicios y estudios innecesarios.
- Complicaciones.
- Quejas.
- Retrasos y repetición de estudios paraclínicos y quirófanos.
- Incremento innecesario del mínimo de medicamentos para trabajar.
- Infecciones nosocomiales.

Se identifican las infecciones nosocomiales como el iceberg del costo de la mala calidad y dentro de los elementos que son obvios y dentro de los que no son tan obvios se encuentran: las molestias en el área de trabajo, cambios que se producen a última hora, falta de capacitación del personal, un inadecuado espacio para realizar el trabajo, inventarios ociosos que no se les da el tratamiento adecuado, la formación de equipos de trabajo para realizar acciones correctivas.

Los costos directos de la mala calidad se generan dentro de la institución y los indirectos se los genera el paciente y pueden ser: 1-En los que incurre el paciente

2-Insatisfacción del paciente

3-Pérdida de reputación

Para este instituto, según los resultados de la investigación, la relación típica de los costos de calidad con los costos totales del servicio es que los costos de prevención y evaluación constituyen un por ciento menor en orden ascendente seguido de los errores, y el total de ellos representa entre un 40% y un 50%, pero lo ideal sería que la prevención sea mayor que la evaluación y que los errores sean mínimos representando esto sólo un 5% - 10% del costo total del servicio.

La Asociación Médica Americana<sup>12</sup> en el año 1986, definió la calidad como: "La atención que en forma consistente contribuya a mantener la calidad o la duración de la vida" y mantener este criterio es el objetivo de muchas entidades sanitarias, por ello debe ser constante la evaluación de los niveles de calidad con que se trabaja y medir los costos que esta evaluación genera.

Esta medición será eficaz, efectiva y eficiente si logra:

- Descubrir problemas de calidad.

---

<sup>12</sup> Ibidem.

- Monitorear el desempeño.
- Evaluar el costo beneficio de las actividades individuales de calidad.
- Controlar los costos de la mala calidad.

Controlar estos elementos ayudarían a lograr una atención médica de buena calidad analizando también algunos aspectos que varios autores identifican como:

- Producir la mejoría óptima en el estado fisiológico del paciente, en el momento más temprano que sea posible.
- Enfatizar la promoción de la salud y prevención o temprana detección de la enfermedad.
- Suministrarla en forma adecuada, sin demoras indebidas, y sin una innecesaria prolongación de la atención.
- Buscar obtener la cooperación en la atención.
- Basar su aplicación en principios aceptados de las ciencias médicas y el uso eficaz de la tecnología.
- Ser sensible a la tensión y ansiedad que la enfermedad puede provocar en los pacientes y familiares.
- Utilizar la tecnología y otros recursos de forma eficiente.
- Estar bien documentado sobre la historia clínica del paciente.

Teniendo en cuenta la metodología adaptada a la Industria Médico Farmacéutica (IMEFA) en Cuba, se aplican tres etapas fundamentales para el cálculo y análisis de los costos de calidad:

- Organización de la información
- Cálculo de los gastos
- Análisis de los costos

En dicha investigación se trazó la siguiente metodología, la cual fue retomada en este trabajo, por lo que se considera razonable desglosar los pasos que la conforman:

1. Conocimiento de los diferentes elementos que integran los costos de calidad.

- Costos de prevención: Compuestos por costos de entrenamiento y capacitación del personal, confección de los procedimientos normalizados operacionales de los nuevos productos, análisis de los resultados de las inspecciones, registro, procesamiento y análisis de la información sobre la situación de la calidad de las producciones, ensayos de estudios especiales, estimulación de la calidad, planteamiento y diseño de subsistemas de calidad y otros gastos generales.

- Costos de evaluación: Se agrupan aquí las inspecciones de materias primas y materiales, productos en proceso y terminados, la calibración de equipos de pruebas e inspecciones, la revisión de la documentación, gastos de materias primas y materiales en proceso y terminados, usados para efectuar las pruebas destructivas, el procesamiento de las inspecciones, evaluaciones de la calidad y otros gastos generales.
- Costos por fallos internos: Se cuantifican las mermas, los reprocesos de documentos, productos y repruebas, los materiales fuera de especificaciones, los fallos por especificaciones mal dadas o mal interpretadas por el productor, los rechazos de producciones en procesos o terminadas, los rechazos de materias primas y materiales, los inventarios por altos pronósticos de ventas erróneas.
- Costos por fallos externos: Se cuantifican las quejas y reclamaciones de los clientes, los errores en las especificaciones dadas por el cliente, de facturaciones e instrucciones del producto y los productos maltratados durante el transporte.

2. Análisis de las diferentes actividades relacionadas con la calidad.

3. Identificación de los gastos que genera cada actividad.

4. Análisis de la información ya existente en la empresa.

5. Identificación de la información.

6. Organización de la recopilación de la información.

7. Realización de la tarea de recopilación.

8. Cálculo de los costos de calidad.

9. Análisis de los costos de calidad

Existen autores que plantean que los costos de calidad son los costos de hacer mal las cosas, es decir, el desperdicio, el volver a hacer las cosas, el dar servicio tras servicio, las inspecciones, las pruebas y otras actividades similares que se hacen necesarias para cumplir con los requisitos<sup>13</sup>. La implantación de la metodología para el cálculo y análisis de los costos de calidad fue de gran importancia para dicha empresa ya que:

- Permite obtener los costos de calidad sistemáticamente mediante un proceso bien establecido que interrelaciona a todas las áreas.

---

<sup>13</sup> Oña Aldama, S; Díaz de Armas, Domínguez C. Diseño de una metodología para el cálculo de los costos de calidad, Cuba, 1990

- Estableció las responsabilidades de las áreas en las actividades relacionadas con el tema.
- Posibilitó los resultados obtenidos y comparó con diferentes indicadores económicos.
- Brindó la posibilidad de conocer cuáles son los principales problemas que afectan la calidad y se aplicó programas de mejoramiento eficientes.
- Creó las bases para la implantación de un sistema de costos totales de calidad para lo que debe existir también una motivación de la dirección y del departamento de calidad<sup>14</sup>.

El logro de buenas interrelaciones de trabajo conllevará paso a paso a la implantación de un sistema de gestión de la calidad basado en las normas ISO 9001:2000. La familia de normas de sistemas de gestión de la calidad, aportan un importante número de beneficios, entre los que se pueden señalar los siguientes, según experiencias anteriores.

- Se reduce significativamente la cantidad de documentación requerida.
- Propicia una evolución natural hacia la mejora de los procesos de la organización.
- Proporciona mayor orientación hacia la mejora continua y hacia la satisfacción del paciente.
- Asegura la identificación y la satisfacción de las necesidades y expectativas de los pacientes.
- Se desarrolla la habilidad para brindar buena atención, mediante la optimización de los costos y recursos, así como la flexibilidad y velocidad de respuesta conjuntamente con el desarrollo de las ciencias.

El costo total de la calidad se puede llamar así, pero en realidad es de la no calidad, dado que supone la contabilización real de todas las fallas y defectos de la organización. En ellos se incluyen los que se producen en el desarrollo de un sistema de calidad por muy primitivo o ineficaz que sea, dado que las verificaciones o inspecciones, aunque cuestan dinero, pertenecen al sistema de calidad. La implantación de un sistema de calidad riguroso como consecuencia de una auténtica gestión de la competitividad, debe intentar relacionarse con los resultados económicos.

Philip B. Crosby<sup>15</sup>, con el desarrollo de su módulo de madurez ofrece una herramienta para poder estimar dichos costes mediante una observancia exterior de la organización, de la actitud de sus funcionarios y empleados y del ambiente que en su interior se respira.

---

<sup>14</sup> Álvarez M, Sarduy Y. Diagnóstico de evaluación económica en Cuba, Cuba, 2008

<sup>15</sup> Crosby, PB. Quality is free. The art of making quality certain, New York, 1990

El personal es consciente de lo que significa la calidad en el mantenimiento de su nivel de retribución y de empleo y habla de ello con frecuencia, hay más preocupación por trabajar con calidad. Entre las características que distinguen esta etapa se encuentran:

- La consolidación de la gestión de calidad como parte esencial del sistema de la empresa y el dirigente de calidad pertenece al comité de dirección.
- Se detectan de inmediato los problemas de calidad, aumenta la labor preventiva, y el objetivo es conseguir nuevas formas de seguir mejorando.
- El cálculo de los costes de calidad puede cifrarse de forma más aproximada a la realidad y, por tanto, el porcentaje que representa dentro del total del costo de la organización<sup>16</sup>.

Teniendo en cuenta los elementos conceptuales y metodológicos expuestos en el presente capítulo, se pretende aplicar técnicas económicas novedosas para la determinación de los costos calidad, a partir de sus indicadores, en el servicio de cuidados intensivos en el hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba, aplicando la metodología explicada en este capítulo por considerarla viable y de fácil aplicación, pues el autor cuenta con toda la información requerida y se complementa con la determinación del modelo económico propuesto.

#### **Conclusiones parciales**

1. En la literatura consultada existen diversos autores que hacen referencia a las bondades que ofrecen las técnicas multivariantes y su utilidad, lo cual resulta un punto de partida para la aplicación de la correlación canónica en la presente investigación, específicamente en el sector de la salud.
2. La correlación canónica es una técnica multivariante muy apropiada y potente en situaciones con múltiples variables dependientes e independientes y ofrece amplias posibilidades en el análisis y selección de las variables más relevantes de un proceso o fenómeno en estudio, la misma ha sido seleccionada por el autor para aplicarla con la finalidad de determinar y evaluar el comportamiento de los costos de calidad en el proceso de prestación de servicios en la sala de cuidados intensivos y su incidencia en la eficiencia hospitalaria.

---

<sup>16</sup> Ibidem

## **CAPÍTULO II. ANÁLISIS MATEMÁTICO Y PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA CORRELACIÓN CANÓNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE UN MODELO ECONOMÉTRICO DE LOS COSTOS CALIDAD EN LA SALA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL MILITAR “DR. JOAQUÍN CASTILLO DUANY”**

En el presente capítulo se hace una descripción de la entidad objeto de estudio, se propone un análisis matemático y un procedimiento metodológico para el uso de la correlación canónica, explicándose cuáles son los indicadores de calidad y eficiencia hospitalaria que se emplean para obtener el modelo econométrico al que se pretende arribar, haciendo énfasis en el uso del software profesional SPSS 19.

### **2.1 Caracterización del Hospital Militar “Dr. Joaquín Castillo Duany”**

El Hospital Militar de Ejército Clínico Quirúrgico Docente “Dr. Joaquín Castillo Duany” se funda el 13 de enero de 1959 por orden del Comandante Raúl Castro Ruz en Ave. Garzón, frente al Cuartel Moncada (actual Clínica Estomatológica Provincial) con 100 camas, 18 médicos y 8 enfermeras graduadas.

Por necesidad del servicio y para mejorar la actividad asistencial se decide cambiar la instalación para el edificio donde estuvo el Distrito Naval del ejército batistiano, se remodela como instalación hospitalaria y el 7 de enero de 1963 es inaugurado por el Comandante Raúl Castro Ruz. El Hospital contaba con 270 camas bien equipadas con instrumental procedente de la extinta RDA, 14 médicos, 16 enfermeras, 23 auxiliares de enfermería, 15 sanitarios, técnicos, oficiales y empleados hasta un total general de 357 trabajadores.

En la actualidad cuenta con una dotación de 250 camas, especialidades médico-estomatológicas, 800 trabajadores, de ellos 122 médicos, 8 estomatólogos, 189 enfermeras, 112 técnicos de la salud y 340 empleadas, todos con una alta calificación profesional que lo avala la existencia de 5 doctores en ciencias médicas, 20 especialistas de 2do grado, 146 máster, 9 aspirantes a doctor en ciencias, 1 profesor titular, 6 profesores auxiliares, 17 profesores asistentes, y 47 profesores instructores, este colectivo se empeña en ofrecer servicios de salud con la excelencia que demanda el pueblo.

#### **Objeto social del hospital:**

El hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany de Santiago de Cuba, está encargado de dirigir y controlar la aplicación de las políticas de salud para preservar, promover y contribuir a garantizar la salud de la población militar de las regiones Santiago de Cuba - Guantánamo así como la población civil regionalizada y con derecho, fomentando la calidad de vida de la población, y para ello implementa,

controla y fiscaliza las estrategias para lograr una atención médica de excelencia. Esta institución presta los siguientes servicios:

- Atención médica de urgencia y emergencia de las especialidades de Medicina Interna, Cirugía General, Anestesiología y Reanimación, Ortopedia, (cuenta con una sala de cuidados intensivos emergentes que respalda la atención a la emergencia).
- Hospitalización de pacientes militares y civiles con derecho en las especialidades de Medicina Interna, Medicina Intensiva, Cirugía General, Cirugía Máxilo - facial, Angeología, Ortopedia, Psiquiatría, Dermatología, Cardiología, Neurología, Gastroenterología, Otorrinolaringología, Oftalmología, Urología, Proctología, Fisiatría y Medicina natural y tradicional.
- Tratamiento en la unidad quirúrgica que cuenta con 6 salones de operaciones.
- Atención ambulatoria y consulta externa. Además de las anteriores especialidades, ofrece servicios de Medicina subacuática y Oxigenación hiperbárica, Psicología, Toxicología, Epidemiología, Parodoncia, Endodoncia, Ortodoncia, Prótesis y Estomatología General Integral.
- Investigaciones diagnósticas a través del laboratorio clínico, laboratorio de microbiología, anatomía patológica e imagenología.
- Examen médico y control de salud para oficiales y cuadros civiles.
- Comisión de peritaje médico militar para determinar grado de aptitud FAR.
- Selección del personal para recibir tratamiento sanatorial.
- Brinda atención médica especializada a las unidades militares (atención primaria) en los territorios de Santiago de Cuba y Guantánamo.

#### **Misión**

Brindar asistencia médica secundaria a pacientes regionalizados con elevada eficacia, eficiencia y efectividad, a través de acciones de promoción, prevención y restauración de la salud, en estrecha coordinación con el MINSAP, logrando la formación de valores políticos, éticos, morales y profesionales, mediante el desarrollo del proceso docente, educativo y científico, logrando una alta satisfacción de pacientes, familiares, trabajadores y manteniendo una permanente preparación y disposición para la defensa.

#### **Visión**

Es un centro certificado en calidad según la NC ISO 9001:2008, que brinda una atención médica secundaria orientada a las necesidades de nuestros pacientes, comprometidos con servicios de excelencia, disponiendo de capital humano con alto sentido de la ética y demostrando óptima competencia y

desempeño profesional, elevada preparación política e ideológica y cultura general integral, apoyados en el empleo de tecnologías de avanzada, una red informática funcional e infraestructura apropiada, que alcanza una elevada satisfacción de pacientes, familiares, trabajadores y mantiene una permanente preparación y disposición para la defensa.

#### **Valores**

**Lealtad a los principios de la Revolución:** Fidelidad y compromiso con la ideología y las conquistas alcanzadas por la Revolución, dentro de las cuales una de las más preciadas es la salud.

**Moral:** Comportamiento conforme a los principios del socialismo y la conducta revolucionaria, profesional y médica, como fundamento de todas nuestras actividades.

**Ética médica socialista:** Comportamiento conforme a la moral revolucionaria, reflejado en conductas sobre la base de valores humanos, patrios y profesionales como fundamento de todas las actividades del sistema de salud.

**Responsabilidad:** Obligación con el cumplimiento de los servicios que brinda el sistema de salud cubano, tanto en el orden individual como organizacional.

**Profesionalidad:** Poseer y aplicar las competencias y experiencias requeridas para garantizar la calidad técnica y humana de los servicios de la salud pública cubana.

**Internacionalismo:** Interés y disposición de brindar apoyo y ayuda en materia de salud, como expresión de la solidaridad humana, en cualquier lugar del mundo, con un alto grado de competencia y compromiso social, en aras de mitigar el dolor humano, modificar el entorno sanitario y alcanzar indicadores de salud superiores en esos lugares.

**Solidaridad:** Sentimiento de ayuda mutua entre los seres humanos y los pueblos para dar apoyo mediante acciones concretas al alivio del dolor y como contribución al mejoramiento humano en el ámbito nacional e internacional.

#### **2.2 Análisis matemático de la correlación canónica**

Para aplicar la técnica de correlación canónica, el autor considera que se hace necesario tener una guía o procedimiento lógico que indique los pasos sucesivos que se deben de realizar hasta llegar a determinar los coeficientes canónicos. Para ello se auxilia del análisis planteado por Cesar Pérez López<sup>17</sup> en su libro Métodos Estadísticos Avanzados con SPSS.

---

<sup>17</sup> Pérez López, Cesar. Métodos estadísticos avanzados con SPSS, España, 2004



La técnica de la correlación canónica permite resumir la información proporcionada por dos conjuntos distintos de variables, de manera que se extraiga de cada uno de ellos la mayor cantidad posible de información que es relevante para el otro. De forma más precisa, sean  $\mathbf{X} = (\mathbf{X}_{1, \dots, \mathbf{X}_{p_1}}$  e  $\mathbf{Y} = (\mathbf{Y}_{1, \dots, \mathbf{Y}_{p_2}}$  variables estadísticas centradas que en conjunto forman la variable  $p$ -dimensional  $(\mathbf{X}_{1, \dots, \mathbf{X}_{p_1}}, \mathbf{Y}_{1, \dots, \mathbf{Y}_{p_2}})$  con  $p = p_1 + p_2$  y  $p_1 < p_2$ , con matriz de covarianzas cuadrada de orden  $p$  particionada como:

$$S = \left[ \begin{array}{ccc|ccc} \mathbf{S}_{11} & \dots & \mathbf{S}_{1p_1} & \mathbf{S}_{1,p_1+1} & \dots & \mathbf{S}_{1p} \\ \mathbf{S}_{21} & \dots & \mathbf{S}_{2p_1} & \mathbf{S}_{2,p_1+1} & \dots & \mathbf{S}_{2p} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mathbf{S}_{p_1 1} & \dots & \mathbf{S}_{p_1 p_1} & \mathbf{S}_{p_1, p_1+1} & \dots & \mathbf{S}_{p_1, p} \\ \hline \mathbf{S}_{p_1+1,1} & \dots & \mathbf{S}_{p_1+1, p_1} & \mathbf{S}_{p_1+1, p_1+1} & \dots & \mathbf{S}_{p_1+1, p} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mathbf{S}_{p_1} & \dots & \mathbf{S}_{p_1 p_1} & \mathbf{S}_{p_1, p_1+1} & \dots & \mathbf{S}_{p_1, p} \end{array} \right] = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{11} & \mathbf{S}_{12} \\ \mathbf{S}_{21} & \mathbf{S}_{22} \end{bmatrix}$$

El objetivo del método de la correlación canónica es determinar  $r$  ( $r < p_1$ ) pares sucesivos de nuevas variables  $(\mathbf{U}_i, \mathbf{V}_i)$ , llamadas **variables canónicas**, que sean combinación lineal de las originales, construidas de manera que cada par represente la mejor explicación de cada conjunto respecto al otro que no haya sido ya dada por los pares anteriores. Las combinaciones lineales son del tipo:

$$\mathbf{U}_i = \alpha_{i1} \mathbf{X}_1 + \alpha_{i2} \mathbf{X}_2 + \dots + \alpha_{i,p_1} \mathbf{X}_{p_1}$$

$$\mathbf{V}_i = \gamma_{i1} \mathbf{Y}_1 + \gamma_{i2} \mathbf{Y}_2 + \dots + \gamma_{i,p_2} \mathbf{Y}_{p_2}$$

Se comienza determinando un primer par de variables canónicas  $(\mathbf{U}_1, \mathbf{V}_1)$  que sean, de entre las combinaciones lineales posibles de los dos grupos de variables iniciales, las que tengan una mayor correlación. Es habitual manejar variables canónicas que tengan varianza unitaria, con lo cual lo que se hace es buscar los vectores (pesos o cargas canónicas)  $\alpha_1 = (\alpha_{11}, \dots, \alpha_{1,p_1})$  y  $\gamma_1 = (\gamma_{11}, \dots, \gamma_{1,p_2})$  tales que, siendo sus varianzas iguales y unitarias ( $\text{Var}(\mathbf{U}_1) = \text{Var}(\mathbf{V}_1) = 1$ ), su covarianza  $\text{Cov}(\mathbf{U}_1, \mathbf{V}_1)$  sea lo mayor posible. Se demuestra que los vectores buscados deben ser una solución no trivial del sistema:

$$\begin{bmatrix} -\lambda S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & -\lambda S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \gamma \end{bmatrix} = \mathbf{0}, \text{ donde para que existan soluciones distintas de la trivial, } \lambda \text{ deberá ser}$$

solución de la ecuación de grado P: 
$$\begin{bmatrix} -\lambda S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & -\lambda S_{22} \end{bmatrix} = 0$$

Asumiendo  $\lambda = \rho^2(\alpha, \gamma)$ , la salida del problema es equivalente a la solución del siguiente eigensistema:

$$\begin{aligned} (S_{22}^{-1} * S_{21} * S_{11}^{-1} * S_{12} - \rho^2 * I) * \alpha &= 0 \\ (S_{11}^{-1} * S_{12} * S_{22}^{-1} * S_{21} - \rho^2 * I) * \gamma &= 0 \end{aligned}$$

Donde: I: Matriz idéntica de orden n

$\alpha$  y  $\gamma$ : Vectores propios buscados

De las P soluciones de esta ecuación, se puede demostrar que la que determina los vectores  $\gamma$  y  $\alpha$  que den correlación máxima entre  $U_1$  y  $V_1$  es la mayor de todas, es decir,  $\lambda_1^* = \max(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p)$ , ya que este valor  $\lambda_1^*$  es precisamente la correlación entre las nuevas variables. A continuación se determina un segundo par de variables canónicas con varianzas unitaria que sean, de entre las combinaciones lineales posibles de los dos grupos de variables iniciales, las que tengan una mayor correlación. Se buscan los vectores tales que, siendo sus varianzas iguales y unitarias, su covarianza sea lo mayor posible. Se demuestra que los vectores buscados deben ser una solución no trivial del sistema:

$$\begin{bmatrix} -\lambda_2^* S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & -\lambda_2^* S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \gamma \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

Donde:  $\lambda_2^* = \max(\lambda_2, \dots, \lambda_p)$ , es decir, la mayor de las raíces de la ecuación: 
$$\begin{bmatrix} -\lambda S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & -\lambda S_{22} \end{bmatrix} = 0$$

Procediendo así sucesivamente se pueden determinar pares de variables canónicas en números  $r \leq p_1$ . Generalmente ocurre que unos pocos pares de variables canónicas acumulan la mayor parte de la información que cada conjunto proporciona sobre el otro, con lo que pueden básicamente sustituir a las originales, o sea, que el primer par de combinaciones lineales (U,V) de (X,Y) maximizan su correlación. Luego se determina la información que contienen estas nuevas variables (Variables canónicas) sobre las variables originales (X,Y). Inicialmente se analizan los valores de las cargas canónicas ( $\alpha, \gamma$ ) igual que se hace con los pesos en el análisis factorial, pero esto es peligroso por la posible multicolinealidad entre las variables originales. Por esta razón, en vez de interpretar las variables canónicas a partir de las cargas, se hace estudiando las correlaciones entre las variables originales y las variables canónicas, esta correlación

ha de ser lo más alta posible. Generalmente ocurre que unos pocos pares de variables canónicas acumulan la mayor parte de la información que cada conjunto de datos proporciona sobre el otro, por lo que básicamente podrían sustituir a las variables originales. El análisis realizado puede resumirse en los siguientes pasos:

- Involucra la partición de una colección de variables en dos conjuntos.
- El objetivo es encontrar combinaciones lineales del tipo:  $U = \alpha' * X$  y  $V = \gamma' * Y$ , tal que U y V tienen correlación máxima, sujeto a las condiciones de varianzas unitarias:

$$\text{Var}(U) = \alpha' S_{11} \alpha = 1 \text{ y } \text{Var}(V) = \gamma' S_{22} \gamma = 1$$

- El análisis de la correlación canónica puede ser visto como una extensión de la regresión lineal

múltiple. La correlación entre ambas variables es: 
$$\rho(u, v) = \frac{\alpha'_{12} \gamma}{(\alpha' S_{11} \alpha)^{1/2} (\gamma' S_{22} \gamma)^{1/2}}$$

Donde,  $\rho$ : Coeficiente de correlación canónico.

Considerando las ecuaciones canónicas:

$$(I) U_i = \alpha_{i1} X_1 + \alpha_{i2} X_2 + \dots + \alpha_{i,p_1} X_{p_1}$$

$$(II) V_i = \gamma_{i1} Y_1 + \gamma_{i2} Y_2 + \dots + \gamma_{i,p_2} Y_{p_2}$$

Estimar  $\alpha_{i1}, \dots, \alpha_{i,p_1}$  y  $\gamma_{i1}, \dots, \gamma_{i,p_2}$  tal que  $\rho(U, V) = C_i$  es **máximo**.

1-  $C_i$ : Es la correlación entre  $U_i$  y  $V_i$  recibe el nombre de correlación canónica.

2-  $U_i$  y  $V_i$  son las llamadas variables canónicas.

### Paso 1

1) Se estiman  $U_1$  y  $V_1$ , primer conjunto de variables canónicas.

$$(I) U_1 = \alpha_{11} X_1 + \alpha_{12} X_2 + \dots + \alpha_{1p} X_p$$

$$(II) V_1 = \gamma_{11} Y_1 + \gamma_{12} Y_2 + \dots + \gamma_{1p} Y_p$$

### Paso 2

2) Se identifica un segundo conjunto de variables canónicas  $U_2$  y  $V_2$ .

$$(I) U_2 = \alpha_{21} X_1 + \alpha_{22} X_2 + \dots + \alpha_{2p} X_p$$

$$(II) V_2 = \gamma_{21} Y_1 + \gamma_{22} Y_2 + \dots + \gamma_{2p} Y_p$$

### Se verifica

- La correlación entre  $U_1$  y  $V_1$  es máxima.
- La correlación entre  $U_2$  y  $V_2$  es máxima.
- $U_2$  y  $V_2$  están incorrelacionadas con  $U_1$  y  $V_1$

### **Paso (i)**

Este procedimiento se repite hasta identificar el  $i$ -ésimo conjunto de variables canónicas  $U_i$  y  $V_i$ :

$$(I) U_i = \alpha_{i1}X_1 + \alpha_{i2}X_2 + \dots + \alpha_{i,p_1}X_{p_1}$$

$$(II) V_i = \gamma_{i1}Y_1 + \gamma_{i2}Y_2 + \dots + \gamma_{i,p_2}Y_{p_2}, \text{ de forma que:}$$

- $\rho(U, V) = C_i$  es máxima
- $\text{Cor}(U_j, V_k) = 0$  para todo  $j \neq k$
- $\text{Cor}(U_j, U_k) = 0$  para todo  $j \neq k$
- $\text{Cor}(V_j, V_k) = 0$  para todo  $j \neq k$

#### **2.2.1 La maximización restringida y los multiplicadores de Lagrange en el análisis de correlación canónica**

Las variables que aparecen en los problemas económicos de optimización están siempre sometidas a ciertas restricciones, al aplicar la correlación canónica se pretende determinar las combinaciones lineales  $(U, V)$  de  $(X, Y)$  que maximizan su correlación, tal que  $U$  y  $V$  tengan correlación máxima, sujeto a las condiciones de varianza unitaria. Cuando la restricción es una función complicada, o cuando hay todo un sistema de ecuaciones para expresar las restricciones, el método de sustitución puede llegar a ser inaplicable, o al menos muy difícil de aplicar, en estos casos hay que usar otras técnicas, tal es el caso del método de los multiplicadores de Lagrange, incluso empleado en caso de optimización no restringida, pues tienen unas interpretaciones económicas muy deseadas.

A continuación se muestra su forma de aplicación, como lo propone por Sharma, Subbas, en su libro "Applied Multivariate Techniques", ed. John Wiley Sons, Inc. 1996.

#### **El Problema de la Maximización**

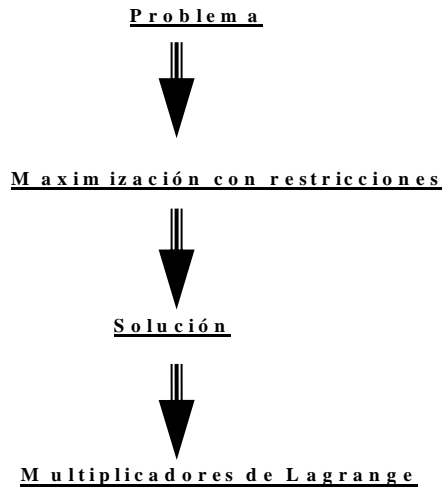
Sea  $X$  un vector aleatorio de dimensión  $p$

Sea  $Y$  un vector aleatorio de dimensión  $q$

Sea  $S_{11}$  la matriz de covarianza de  $X$

Sea  $S_{22}$  la matriz de covarianza de  $Y$

Sean  $U = \alpha'X$  y  $V = \gamma'Y$  combinaciones lineales de  $X$  y  $Y$  respectivamente:



El autor considera viable el uso y la adecuación de los Multiplicadores de Lagrange, como una técnica matemática que permite incorporar las restricciones definidas en el problema y propone determinar la siguiente función a maximizar:

$$M = (\alpha' S_{12} \gamma)^2 - \lambda (\alpha' S_{11} \alpha - 1) - \mu (\alpha' S_{22} \gamma - 1)$$

Para obtener  $\alpha$  y  $\gamma$  se deriva  $M$  con respecto a cada uno de ellos donde se obtiene:

$$\frac{\delta M(\alpha, \gamma)}{\delta \alpha} = 2(\alpha' S_{12} \gamma) S_{12}' \alpha - 2\lambda (S_{11} \alpha) \quad (1)$$

$$\frac{\delta M(\alpha, \gamma)}{\delta \gamma} = 2(\alpha' S_{12} \gamma) S_{22}' \gamma - 2\mu (S_{22} \gamma) \quad (2)$$

Igualando a cero estas derivadas se obtiene:

$$2(\alpha' S_{12} \gamma) S_{12}' \alpha - 2\lambda (S_{11} \alpha) = 0$$

$$2(\alpha' S_{12} \gamma) S_{22}' \gamma - 2\mu (S_{22} \gamma) = 0$$

Dividiendo por 2 y reordenando las anteriores ecuaciones:

$$-\lambda (S_{11} \alpha) + (\alpha' S_{12} \gamma) S_{12}' \alpha = 0 \quad (3)$$

$$(\alpha' S_{12} \gamma) S_{22}' \gamma - \mu (S_{22} \gamma) = 0 \quad (4)$$

Como:  $(\alpha' S_{12} \gamma) = 1$ , se obtiene:

$$-\lambda (S_{11} \alpha) + S_{12}' \alpha = 0 \quad (5)$$

$$(S_{22}' \alpha) - \mu (S_{22} \gamma) = 0 \quad (6)$$

Despejando (5) para obtener  $\alpha$ :

$$\lambda (S_{11} \alpha) = S_{12}' \alpha$$

$$(S_{11} \alpha) = S_{12}' \alpha \lambda^{-1} \quad (7)$$

Premultiplicando (7) por  $S_{11}^{-1}$  se obtiene:

$$\begin{aligned} S_{11}^{-1} \left( S_{11} \alpha \right) &= S_{12} \gamma \lambda^{-1} \\ S_{11}^{-1} (S_{11} \alpha) &= S_{11}^{-1} S_{12} \gamma \lambda^{-1} \\ \alpha &= S_{11}^{-1} S_{12} \gamma \lambda^{-1} \end{aligned} \quad (8)$$

Despejando (6) para obtener  $\mu$ : ( $\lambda = \mu$ )

$$\begin{aligned} \mu (S_{22} \gamma) &= (S_{21} \alpha) \\ \lambda (S_{22} \gamma) &= (S_{21} \alpha) \\ (S_{22} \gamma) &= (S_{21} \alpha) \lambda^{-1} \end{aligned} \quad (9)$$

Premultiplicando (9) por  $S_{22}^{-1}$  se obtiene:

$$\begin{aligned} S_{22}^{-1} \left( S_{22} \gamma \right) &= S_{21} \alpha \lambda^{-1} \\ S_{22}^{-1} (S_{22} \gamma) &= S_{22}^{-1} S_{21} \alpha \lambda^{-1} \\ \gamma &= S_{22}^{-1} S_{21} \alpha \lambda^{-1} \end{aligned} \quad (10)$$

Los resultados obtenidos en (8) y (10) son los vectores propios buscados.

Premultiplicando (3) - (4) por  $\alpha'$  y  $\gamma'$  se obtiene:  $\lambda = \mu = (\alpha' S_{12} \gamma)^2 = \rho^2(\alpha, \gamma)$ , valores que llevados a dichas ecuaciones proporcionan:

$$-\lambda (S_{11} \alpha) + (\lambda^{1/2} S_{12} \gamma) = 0 \quad (11)$$

$$\mu^{1/2} (S_{21} \alpha) - \mu (S_{22} \gamma) = 0 \quad (12)$$

Determinando  $\rho^2$  como la solución del eigensistema:

$$\left( (S_{22}^{-1} S_{21} S_{11}^{-1} S_{12}) - \rho^2 * I \right) * \alpha = 0, \text{ y combinándolo con la relación: } [H + \lambda E] = 0, \text{ donde:}$$

H: Matriz de suma de cuadrado y productos cruzados de la regresión.

E: Matriz de suma de cuadrados del error.

$\lambda$ : eigenvalores.

Tras una serie de transformaciones matemáticas se obtienen los estadísticos empleados en el procedimiento MANOVA, presentándose como:

$$\begin{aligned} \text{Pillais} &= \sum \frac{(\lambda_i)}{(1 + \lambda_i)} = \rho_i^2 & \text{Hotelling} &= \sum \left( \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \right) \\ \text{Roy} &= \frac{(\lambda_1)}{(1 + \lambda_1)} = \rho_1^2 & \text{Wilks} &= \prod \left( \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \right) \end{aligned}$$

### 2.3 Procedimiento metodológico de la correlación canónica para la determinación de un modelo econométrico

Joseph F. Hair, profesor de la universidad de Louisiana y otros autores, en su libro Análisis Multivariante, capítulo 8, exponen un procedimiento metodológico para el análisis de correlación canónica, integrado por seis pasos lógicos, los cuales servirán de guía para el desarrollo de esta investigación. El autor ha tomado como referencia la aplicación de este procedimiento, pues considera que se adecua a las características del objeto de investigación, pues permite analizar un fenómeno descrito por diferentes variables que se interrelacionan por su propia naturaleza, condición indispensable en este tipo de estudio, y además es flexible en su aplicación. A continuación se exponen los pasos que integran el mismo:

#### 1. Problema de investigación: Seleccionar objetivo(s):

- Determinar las relaciones entre los conjuntos de variables.
- Alcanzar la correlación mixta.
- Explicar la naturaleza de las relaciones entre las variables.

Se supone que a cada conjunto se le puede dar un significado teórico, al menos hasta el punto en que un conjunto pueda ser definido como las variables independientes y el otro como las variables dependientes, una vez que se halla realizado esta distinción la correlación canónica puede llevarse a cabo a través de los objetivos antes mencionados, y así determinar si los dos conjuntos de variables son independientes uno del otro, o inversamente, determinar la magnitud de las relaciones que puedan existir entre dichos conjuntos.

#### 2. Cuestiones de diseño de investigación:

- Número de observaciones por variable.
- Tamaño muestral global.

Al ser la forma más general del análisis multivariante, el análisis de correlación canónica comparte las herramientas básicas comunes de todas las técnicas multivariantes. Los tamaños muestrales que son muy pequeños no representan las correlaciones adecuadamente y esconderán cualquier relación significativa. Los que son muy grandes tendrán una tendencia a indicar una significación estadística en todas las instancias, incluso donde la significación práctica no esté indicada. También se alienta al investigador a mantener por lo menos 10 observaciones por variable para evitar el sobreajuste de los datos. La clasificación de las variables como dependientes o independientes tiene poca importancia en la estimación estadística de las funciones canónicas, ya que el análisis de correlación canónica pondera

ambos valores teóricos para maximizar la correlación y no establece ningún énfasis particular en alguno de los valores teóricos.

3. Supuestos: Linealidad de relación Homocedasticidad  
Linealidad de correlación No Multicolinealidad  
Normalidad multivariante

El supuesto de linealidad afecta a dos aspectos de los resultados de la correlación canónica:

1. El coeficiente de correlación entre cualquiera de dos variables, está basado en una relación lineal (Coeficiente de correlación lineal de Pearson). El mismo se valida a través de la determinación de la matriz de correlaciones, cuyo determinante debe ser lo suficientemente pequeño para que revele que el grado de relación lineal entre las variables es muy alto.
2. La correlación canónica es la relación lineal entre dos valores teóricos. Si los valores teóricos se relacionan de una manera no lineal, la relación no será reflejada por la correlación canónica.

De esta manera, aunque el análisis de correlación canónica es el más extendido, está restringido a la identificación de relaciones lineales.

Supuesto de normalidad: El análisis de correlación canónica puede emplear cualquier variable métrica sin que cumpla el estricto supuesto de normalidad. La normalidad es deseable porque estandariza una distribución que nos permite una mayor correlación entre las variables, pero en un sentido estricto el análisis de correlación canónica puede utilizar incluso variables no normales si la forma de la distribución no disminuye la correlación con otras variables. Dado que los contrastes de normalidad multivariante no están disponibles fácilmente, la línea a seguir que prevalece es asegurar que cada variable presente normalidad univariante.

Supuesto de homocedasticidad: La homocedasticidad (varianza constante), también debe ser estudiada, puesto que disminuye la correlación entre las variables. El análisis multivariable de la varianza, analiza el comportamiento de un conjunto de variables métricas dependientes en las subpoblaciones o grupos establecidos por la combinación de los valores del conjunto de variables categóricas o factores independientes, de forma que para llevar a cabo este supuesto, las variables independientes en estudio se deben convertir en variables categóricas, quedando en este caso:  $X_{11}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{33}$ ,  $X_{44}$ , las que aparecen definidas en la estructura de la base de datos en estudio, lo cual se muestra en el anexo N<sub>0</sub>.1.

La validez del estadístico F construido a partir de la Lambda de Wilks ( $\Lambda$ ) está condicionada al cumplimiento, entre otras condiciones, de que la matriz de covarianzas sea la misma para todas las



poblaciones o grupos, por lo tanto, la hipótesis nula y alternativa para contrastar la homocedasticidad son las siguientes:

$$1- H_0: \sum 1 = \sum 2 = \dots \dots \sum g$$

$H_1$ : No todas las  $\sum g$  son iguales

$$2- \alpha = 0.05$$

3- E.P:  $M$  de Box, se distribuye aproximadamente como una F- de fisher.

$$4- \text{Definición de la región crítica: } W = \{ M > F_t \} \text{ o } W = \{ P\text{-valor} \leq \alpha \}$$

$$5- \text{Regla de decisión: Rechazar } H_0 \text{ si } EP \in W \text{ o rechazar } H_0 \text{ si } M > F_t; P\text{-valor} \leq \alpha$$

$$\text{No Rechazar } H_0 \text{ si } EP \notin W \text{ o no rechazar } H_0 \text{ si } M \leq F_t; P\text{-valor} > \alpha$$

6- Toma de decisión:

Para determinar si la matriz de covarianza es la misma para los distintos grupos se puede utilizar el contraste de Bartlett - Box, cuyo estadístico  $M$ , el cual contrasta la hipótesis nula de que las matrices de covarianzas observadas de las variables dependientes son iguales en todos los grupos, se define como:

$$M = \frac{\prod_{g=1}^k |S_g|^{(n_g - 1)/2}}{|S|^{(n - k)/2}} \quad S_g = \frac{W_g}{n_g - 1} \quad \bar{S} = \frac{\sum_{g=1}^G W_g}{n - G} = \frac{\sum_{g=1}^G (n_g - 1) S_g}{n - G}$$

Donde: La matriz  $S_g$  es una estimación de la matriz de covarianzas de la celda  $g$  - ésim a. (o grupo).

La matriz  $\bar{S}$  es una estimación de la matriz de covarianzas global  $\sum g$ .

$W$ : Es la matriz de la suma de cuadrados y productos cruzados residual.

Puede obtenerse por agregación de las matrices de suma de cuadrados y productos cruzados calculados para cada grupo.

$G$ : Total de grupos

$K$ : Cantidad de variables empleada en el estudio.

$g$ : Grupo de referencia de entre  $G$  grupos.

$n_g$ : Tamaño de la muestra en cada grupo.

Cuando el numerador de  $M$  sea muy superior al denominador, será indicativo de la existencia de heterocedasticidad, es decir, de que no existe homogeneidad entre las matrices de covarianzas de cada grupo. El estadístico  $M$  no tiene una distribución exacta, sin embargo, se han obtenido aproximaciones a las distribuciones F por Box y Chi - cuadrado por Bartlett, en general, de las dos aproximaciones es preferible la primera.

Supuesto de no multicolinealidad: Finalmente, la multicolinealidad entre algún conjunto de variables distorsionará la capacidad de la técnica para aislar el impacto de cualquier variable única, haciendo que la interpretación sea menos fiable. El término multicolinealidad<sup>18</sup> se atribuye a Ragnar Frisch<sup>19</sup>. Originalmente implicaba la existencia de una relación lineal perfecta o exacta entre algunas o la totalidad de las variables explicativas de un modelo de regresión, estrictamente hablando, se refiere a la existencia de más de una relación lineal exacta, mientras que el término colinealidad se refiere a la existencia de una sola relación lineal. Sin embargo, esta distinción raramente se mantiene en la práctica, hablándose entonces de multicolinealidad para ambos casos.

Se sospecha de la existencia de multicolinealidad cuando existe un coeficiente de bondad de ajuste muy elevado, prueba F con un valor bastante alto, significativa, y valores t no significativos.

#### 4. Estimación y selección de la función canónica:

A continuación se exponen los pasos a seguir para la estimación y selección de la función canónica, observándose que se aplicará como se muestra en el siguiente orden.

- Derivar las funciones canónicas.
- Seleccionar las funciones para su interpretación.
- Significación estadística.
- Magnitud de relaciones.
- Medida de redundancia de la varianza compartida

La obtención de sucesivos valores teóricos canónicos es similar al procedimiento empleado en el análisis factorial sin rotación. El primer factor extraído explica la máxima cantidad de varianza en el conjunto de variables. Después se calcula el segundo factor para que explique lo mayor posible la varianza no explicada por el primer factor y así sucesivamente, hasta que todos los factores hayan sido considerados. Por tanto, los posteriores factores se calculan a partir de los residuos o de la varianza restante de los primeros factores.

Al igual que cualquier investigación que utiliza otras técnicas estadísticas, la práctica más común es analizar las funciones cuyos coeficientes de correlación canónica son estadísticamente significativos para un nivel, usualmente 0.05 o menor. Si se consideran no significativas otras funciones independientes, estas relaciones entre las variables no se interpretan.

---

<sup>18</sup> Gujarati, Damodar. *Econometría Básica*, México, 2008

<sup>19</sup> Ibidem

El nivel de significación de una correlación canónica, que generalmente se considera como el mínimo aceptable para la interpretación, es el nivel 0.05 que se ha llegado a convertir en el nivel más habitualmente aceptado para considerar que un coeficiente de correlación es estadísticamente significativo. No se han establecido líneas básicas que consideren cuáles son los tamaños aceptables para las correlaciones canónicas. La decisión se basa habitualmente en la contribución de los resultados para una mejor comprensión del problema de investigación que se realiza.

El índice de redundancia es el equivalente de calcular el coeficiente de correlación múltiple al cuadrado entre el conjunto predictor total y cada una de las variables en el conjunto criterio, y después promediar estos coeficientes al cuadrado para obtener un R al cuadrado medio. Proporciona una medida resumen de la capacidad del conjunto de las variables predictoras para explicar la variación de las variables criterios.

**Significación estadística:**

Antes de realizar un análisis de correlación canónica, debe probarse:  $H_0: \rho = 0$

$H_1: \rho \neq 0$

lo que es equivalente a probar que:  $H_0: \sum_{12} = 0$

$H_1: \sum_{12} \neq 0$ , como validación de la relativa independencia de los

conjuntos de variables en estudio, cuyo estadístico de prueba es Lambda de Wilks ( $\lambda$ ).

El primer contraste de significación estadística es para las correlaciones canónicas de cada una de las dos funciones canónicas. Junto a los test para cada función canónica de forma separada, también se llevan a cabo contrastes multivariantes para ambas funciones simultáneamente. Los contrastes estadísticos básicos para realizar el análisis de la correlación canónica son los siguientes:

- Lambda de Wilks
- Traza de Pillai
- Traza de Hotelling
- Mrc de Roy (Mayor raíz característica de Roy)

Las aproximaciones más conocidas de estos estadísticos son la aproximación a la distribución Chi - cuadrada realizada por Bartlett y la aproximación a la distribución F realizada por Rao, y del que disponen todos los paquetes informáticos. El estadístico de Rao, al que se denomina  $R_f$  cumple:

$$R_f = \frac{1 - \lambda^{1/s}}{\lambda^{1/s}} \frac{m * s - \left\lfloor \frac{q}{2} \right\rfloor + 1}{\left\lfloor \frac{q}{2} \right\rfloor} \Rightarrow F \left\lfloor \frac{q}{2} \right\rfloor, m * s - \left\lfloor \frac{q}{2} \right\rfloor + 1$$

$$s = \sqrt{\frac{p^2 * q^2 - 4}{p^2 + q^2 - 5}}$$

$$m = n - \left(\frac{p}{2}\right) - \left(\frac{q}{2}\right)2$$

Donde, n: Número de observaciones

$\lambda$ : Estadístico Lambda de Wilks

P: Cantidad de variables dependiente

Q: Cantidad de variables independientes

##### 5. Interpretación de las funciones canónicas y las variables

Para este tipo de estudio se debe tener en cuenta, que a diferencia de la regresión múltiple donde se interpretan los coeficientes de regresión y los coeficientes betas estandarizados, solamente se deben interpretar los segundos, que miden el cambio en la desviación típica de la variable dependiente tras un incremento de una desviación típica en la variable independiente, dado que se considera que los grupos de variables en estudio poseen unidades de medidas diferentes, mediante los indicadores:

- Ponderaciones canónicas.
- Cargas canónicas.
- Cargas canónicas cruzadas.

La realización de las interpretaciones comprende el examen de las funciones canónicas para determinar la importancia relativa de cada una de las variables originales en las relaciones canónicas. Se han propuesto tres métodos:

1. Las variables con ponderaciones relativamente mayores contribuyen más al valor teórico y viceversa.
2. Las variables cuyas ponderaciones tienen signos contrarios presentan una relación inversa.
3. Las variables con ponderaciones del mismo signo presentan una relación directa.

El empleo de las cargas canónicas ha sustituido al uso de ponderaciones canónicas como base de interpretación, debido a las deficiencias inherentes a estas últimas. Las cargas canónicas reflejan la varianza que la variable observada comparte con el valor teórico canónico y puede ser interpretada como una carga factorial para valorar la contribución relativa de cada variable a cada función canónica. Se considera cada función canónica independiente de forma separada y se calcula la correlación dentro del conjunto, entre variable y valor teórico. Cuanto mayor sea el coeficiente, mayor es la importancia que tiene para calcular el valor teórico canónico.

Se ha sugerido el cálculo de las cargas cruzadas canónicas como una alternativa a las cargas convencionales. Este procedimiento consiste en correlacionar cada una de las variables dependientes originales observadas directamente con el valor teórico canónico independiente, y viceversa. Estas

proporcionan una medida más directa de las relaciones entre las variables dependientes e independientes eliminando un paso intermedio incluido en las cargas convencionales.

#### 6. Validación y estimación de los resultados

Al igual que otra técnica multivariante, el análisis de la correlación canónica debe estar sujeto a métodos de validación, que aseguren que los resultados no son solamente específicos de los datos de la muestra y que pueden ser generalizados a la población. En la técnica aplicada en este estudio se puede realizar la validación de los resultados a través de dos vías, estas consisten en:

- Muestras divididas/múltiples: consiste en crear dos submuestras de los datos si el tamaño muestral lo permite y llevar a cabo el análisis en cada submuestra de forma separada. Después, los resultados se pueden comparar para buscar la igualdad de las funciones canónicas, las cargas de los valores teóricos, y demás aspectos. Si se encuentran importantes diferencias, el investigador debe considerar el realizar una investigación adicional, para asegurar que los resultados finales son representativos de los valores poblacionales, y no solamente de una única muestra.
- Análisis de sensibilidad de la composición del valor teórico: consiste en evaluar la sensibilidad de los resultados debido a la eliminación de una variable dependiente y/o independiente. Dado que el procedimiento de la correlación canónica maximiza la correlación, las cargas y las ponderaciones canónicas pueden variar sustancialmente si una variable es eliminada de algún valor teórico. Para asegurar la estabilidad de las cargas y de las ponderaciones canónicas el investigador debe estimar múltiples correlaciones canónicas, donde en cada una se elimina una variable dependiente o independiente diferente. Sin embargo, estas eliminaciones no deben desanimar a la hora de utilizar la correlación canónica, al contrario, se les menciona para aumentar la efectividad de la correlación canónica como una herramienta de la investigación.

La linealidad de las relaciones, condición inicial que debe cumplir el análisis de correlación canónica se determina a través del determinante de la matriz de correlaciones, el cual debe cumplir la condición de ser muy pequeño.

En primer lugar se observan tests multivariantes (Pillais, Hotellings, Lambda de Wilks y Roys) que contrastan la hipótesis nula de que la correlación entre los dos conjuntos de variables es igual a cero:

$$1- H_0: \rho_1 = \dots \dots \rho_p = 0$$

$$H_1:$$

$$2- \alpha = 0.05$$

3- E.P:  $R_F$  , se distribuye como una F-fisher ( Estadístico de Rao)

4- Definición de la región crítica:  $W = \{ R_f > F_{(p * q, m * s - (p * q / 2) + 1)} \}$  o  $W = \{ P\text{-valor} < \infty \}$

5- Regla de decisión: Rechazar  $H_0$  si  $EP \in W$  o rechazar  $H_0$   $\sqrt{R_F > F_{(p * q, m * s - (p * q / 2) + 1)}}$   
No Rechazar  $H_0$  si  $EP \notin W$  o no rechazar  $H_0$   $\sqrt{R_F \leq F_{(p * q, m * s - (p * q / 2) + 1)}}$

6- Toma de decisión.

También se presenta el contraste de la F para la significatividad individual de cada variable en la correlación canónica.

La segunda parte de la salida presenta los coeficientes canónicos (cargas canónicas o pesos) simples y estandarizados o ponderaciones canónicas (Standardized canonical coefficients) para los dos conjuntos de variables, dependientes e independientes (COVARIATES). Las ponderaciones canónicas para las variables dependientes expresan su contribución relativa al valor teórico, y las cargas canónicas (correlaciones entre las variables canónicas y las variables originales dependientes y covariantes) para las variables dependientes reflejan la varianza compartida, por lo que indica el grado de intercorrelación o correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto dependiente y su valor teórico canónico. También se muestra el porcentaje de varianza explicada por las variables canónicas en los dos conjuntos de variables.

La tercera parte de la salida muestra intervalos de confianza al 95 % para los parámetros de todas las variables implicadas en el análisis de correlación canónica.

La última parte de la salida presenta contraste de significatividad multivariantes (conjunta) y univariante para las funciones discriminantes y estima sus coeficientes, las cargas cruzadas para las funciones canónicas y el índice de redundancia para los dos conjuntos de variables.

El índice de redundancia es el equivalente de calcular el coeficiente de correlación múltiple al cuadrado entre el conjunto predictor total y cada una de las variables en el conjunto criterio, y después promediar estos coeficientes al cuadrado para obtener un  $R^2$  medio. Proporciona una medida resumen de la capacidad del conjunto de las variables predictoras (consideradas como un conjunto) para explicar la variación de las variables criterios (consideradas una a una), como tal, la medida de redundancia es perfectamente análoga al estadístico R de la regresión múltiple, y su valor como índice es similar.

Dallas E. Johnson, en su libro Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos, presenta una alternativa para la estimación en el análisis de correlación canónica, que consiste en realizar un análisis por factores en cada uno de los dos conjuntos de variables, haciendo girar los factores de cada uno de los

conjuntos para mejorar la posibilidad de interpretación, sin embargo, si se realizara algún tipo de rotación sobre cualquiera de los dos conjuntos de funciones canónicas, se destruirán las propiedades que se usaron para definir esas funciones, o sea, ya no serán las combinaciones lineales de variables que están más intensamente correlacionadas entre sí. Por lo que el autor decide utilizar el modelo obtenido para la estimación de los costos de calidad por su viabilidad y sencillez al realizar los cálculos de este indicador, y manteniéndose de esta forma la esencia de las funciones canónicas obtenidas en un principio.

#### **2.4 Indicadores de calidad y eficiencia hospitalaria de la sala de cuidados intensivos del Hospital**

##### **Militar “Dr. Joaquín Castillo Duany”**

Es imprescindible el estudio y análisis de los indicadores que se tendrán en consideración para obtener el modelo económico para la evaluación de los costos de calidad en el servicio seleccionado, por lo que el autor, teniendo en cuenta los criterios de especialistas de costo define dichas variables y se describe su esencia teniendo presente los principios contables.

##### **Operacionalización de las variables de costo**

Para dar salida a los objetivos se operacionalizaron las variables de costo de la siguiente forma.

Variables Dependientes:

(v1) Costo de prevención(\$), se estableció como la suma de:

- Costo de aplicación de encuesta de expectativas a los pacientes (CAE).

Descripción:

Se refiere a los costos incurridos en la aplicación de encuestas de expectativas de los pacientes, se determinó el total de encuestas realizadas a los pacientes por parte del psicólogo del servicio, el tiempo que empleó y los materiales que utilizó.

- Costo de confección del Manual de Organización y Procedimientos (CMOP).

Descripción:

Son los costos relacionados con la confección del Manual de Organización y Procedimiento del servicio, se determinó el tiempo que se empleó en el servicio en la confección de los manuales de organización que fueron necesarios realizar en este período, el personal que participó, el tiempo empleado y los materiales utilizados.

- Costo de comprobación de equipos (CCE).

Descripción:

Son aquellos que determinan la comprobación del funcionamiento de los equipos nuevos instalados en el servicio, se determinó el tiempo que se empleó en la comprobación del funcionamiento de los equipos entregados al servicio, el personal que participó y los materiales empleados.

- Costo por salario de administrativos del servicio (CSA) (Jefe de servicio, de enfermería y jefes de Turno).

Descripción:

Son aquellos atribuibles a la compensación salarial de todo el personal en función de la calidad cuyas obligaciones son por entero administrativas. Se determinó mediante los salarios percibidos por el personal administrativo en este período, la contribución a la seguridad social y las provisiones para vacaciones.

- Costo de actualización del Manual de Organización Procedimientos (CAMOP).

Descripción:

Son los relacionados con la actualización del Manual de Organización y Procedimiento con que se rige el servicio, se determinó el tiempo que empleó el servicio en la actualización de los manuales de organización que fue necesario en este período, el personal que participó, y los materiales utilizados.

- Costos por cursos de capacitación sobre calidad (CCC).

Descripción:

Están relacionados con la capacitación del personal con vistas a elevar la calidad de la atención médica en función del servicio, incluyó el personal que cursó licenciaturas en Enfermería, Maestrías y Doctorados, diplomados de dirección y cursos de bioseguridad.

- Costos por funcionamiento del círculo de calidad (CFC).

Descripción:

Son los relacionados con el funcionamiento del círculo de calidad del servicio. Se determinó el tiempo que empleó el personal que participó y los materiales utilizados.

Resumen y1 = CAE + CMOP + CCE + CSA + CAMOP + CCC + CFC

(y2) Costos de evaluación (\$), se estableció como la suma de:

1. Costo de inspección a equipos y nuevo material entregado a la sala (CIE).

Descripción:

Son los incurridos en la inspección de equipos y materiales que se entregan a la sala. Se determinó el tiempo que se empleó en la inspección de equipos y materiales nuevos entregados a la sala por parte del personal administrativo.

- Costo de ensayo físico-químico, biológico y de esterilidad (CEFQ).



Descripción:

Se identifican con la realización de los ensayos físico-químico, biológicos y de esterilidad correspondientes al departamento por parte de las áreas de apoyo, se determinaron los exámenes físico-químico, biológicos y de esterilidad que se realizaron en el servicio en este período y se multiplicó por el costo correspondiente previamente calculado por el departamento de Finanzas y Contabilidad, calculándose el costo total por esta actividad.

Resumen y 2 = CIE+CEFQ

(y3) Costos por fallos internos(\$), fue la resultante de sumar:

- Costo por tratamiento de infecciones hospitalarias (CTIH).

Se atribuyen al tratamiento de las infecciones hospitalarias que se generen o repercutan en el servicio. Se revisaron los libros de registro de infecciones intrahospitalarias que se controlan en el departamento de Registros Médicos y el de Epidemiología Hospitalaria determinándose las que ocurrieron y repercutieron en el servicio de cuidados intensivos cuantificándose el total de días que se extendió la estadía por el tratamiento de estas infecciones y se multiplicó por el costo de los días pacientes del servicio, previamente calculado por el departamento de Contabilidad y Finanzas.

- Costo por reingreso (CR).

Descripción:

Se consideraron los reingresos según la definición establecida anteriormente por causas imputables al servicio. Se revisó el movimiento hospitalario correspondiente a estos años que confecciona el departamento de Registros Médicos y se determinó el total de reingresos que correspondieron al servicio de cuidados intensivos y se multiplicó por el costo de los días pacientes previamente calculado por el departamento de Contabilidad y Finanzas.

- Costo por complicaciones y accidentes en el servicio (CCA)

Descripción:

Representan las complicaciones según la definición establecida por causas imputables al servicio, así como la cuantía de los accidentes que se produjeron en el servicio por causas no imputables a los pacientes. Se revisaron las actas del comité de calidad del hospital y las historias clínicas de los pacientes que tuvieron accidentes o complicaciones, determinándose los días en que se extendió la estadía por esta razón, luego se multiplicó por el costo de los días pacientes previamente calculado por el departamento de Contabilidad y Finanzas.

- Costo de días - camas dejados de utilizar (CDC).

Descripción:

Son los costos de los días - camas dejados de utilizar de acuerdo a las posibilidades e indicadores preestablecidos para el servicio. Se tomó del departamento de Contabilidad y Finanzas el análisis del resultado de los costos en los diferentes servicios y departamentos del hospital cuantificándose los días camas que se le planificaron al servicio de cuidados intensivos según la cantidad de camas con que se dispone para el ingreso a pacientes en el año.

Se determinaron los días - camas multiplicándose por el costo de los días - camas de cada año previamente calculado por el departamento de Contabilidad y Finanzas.

➤ Costo por días pacientes por encima de la estadía planificada (CDP)

Descripción:

Son los incurridos por la prolongación de la estadía planificada. Se tomó del departamento de Contabilidad y Finanzas el análisis del resultado de los costos en los diferentes servicios y departamentos del hospital cuantificándose los días - camas que se le planificaron al servicio de cuidados intensivos según la cantidad de camas con que se dispone para el ingreso a pacientes en el año.

Resumen y3 = CTIH+CR+CCA+CDC+CDP

(y4) Costos por fallos externos(\$), se calcularon al sumar:

➤ Costo por investigación de reclamaciones hechas al servicio.

Descripción:

Son aquellos que surgen por responder a las reclamaciones hechas al servicio, se revisó el registro de quejas y reclamaciones del departamento de calidad determinándose las que se realizaron al servicio en este período, se cuantificaron los gastos en los que incurrió la comisión investigadora en cuanto a salario devengado, tiempo empleado en dar respuesta a las mismas y los materiales utilizados en estas.

Se tomaron los datos del departamento de Contabilidad y Finanzas.

➤ Costo de egreso estimado de pacientes dejados de ingresar en el servicio por problemas de calidad.

Descripción:

Es el costo estimado total de pacientes dejados de ingresar en el servicio por problemas de calidad.

Se tomó del departamento de Contabilidad y Finanzas el análisis del resultado de los costos en los diferentes servicios y departamentos del hospital cuantificándose los egresos que se le planificaron al servicio de cuidados intensivos según la cantidad de camas disponibles para el ingreso a pacientes en el año, se determinó la cantidad de pacientes que no se egresaron según la estadía establecida como promedio y el índice ocupacional planificado multiplicándose por el costo promedio de los egresos en cada año del período estudiado, calculados por el departamento de Finanzas.

Resumen X4= CIR+CEE

### **Variables independientes (Covariables):**

Se determina el índice ocupacional (x1), el promedio de estadía (x2), el índice de rotación (x3) y el intervalo de sustitución (x4) calculados por el departamento de registros médicos. Posteriormente se procedió a establecer la relación entre las variables de costo y los indicadores hospitalarios.

A continuación se definen los indicadores de eficiencia, que en el análisis de correlación canónica, constituyen las variables independientes.

- Promedio de estadía(días): Es el promedio de días de asistencia hospitalaria recibida por cada paciente en un período dado. Mide cuántos días en promedio está hospitalizado un paciente desde su ingreso y hasta su egreso. Este es el indicador más importante y consistente de la utilización de las camas.
- Intervalo de Sustitución(días): Es el tiempo promedio que una cama permanece desocupada entre el egreso de un paciente y el ingreso de otro.
- Índice de Rotación(%): Mide el número de pacientes que en promedio rotan por una cama en un período determinado.
- Índice de Ocupación o índice ocupacional(%): Establece la relación entre los pacientes ingresados y la capacidad real de camas de un servicio u hospital. Nunca debe ser analizado aisladamente de los otros.
- Promedio de Ocupación de Camas al año (POCA): Promedio de días que una cama se mantiene ocupada al año. Este indicador no se usará en este trabajo.

Existe más de una fórmula para el cálculo de cada uno de estos indicadores según se trate de unidades o servicios de corta o larga estadía, en este trabajo se utiliza el de corta estadía por ser esta la que predomina en el servicio de Cuidados Intensivos:

$$PE = \text{Días pacientes} / \text{Egresos}$$

$$IO = \text{Días pacientes} / \text{Días camas}$$

$$IS = \text{Camas desocupadas} / \text{Egresos}$$

$$IR = \text{Egresos} / \text{Promedio de camas reales}$$

No es aconsejable un análisis aislado de cada uno de estos indicadores, la interpretación integral de ellos es capaz de brindar una información mucho más clara del aprovechamiento de la cama hospitalaria y se acerca a la evaluación de la calidad a través de la eficiencia con que trabaje el servicio.

En la entidad objeto de estudio no existe ningún procedimiento que permita estimar y evaluar los costos de calidad, por lo que se propone desde el punto de vista metodológico y analítico la aplicación de la correlación canónica, como técnica seleccionada para la determinación de un modelo econométrico de

estimación de los costos de calidad, al cual se llega procesando toda la información primaria con un soporte informático, que se detalla en el siguiente epígrafe.

#### **Conclusiones parciales**

1- La unidad objeto de investigación carece de un procedimiento científicamente argumentado que permita determinar y evaluar el comportamiento de los costos de calidad en un período determinado, lo cual incide desfavorablemente en la eficiencia hospitalaria.

2- Para la obtención de un modelo econométrico y para dar respuesta al problema de la investigación planteado, el autor sustenta la investigación en la aplicación del análisis multivariado así como en el procedimiento metodológico de la correlación canónica, teniendo en cuenta los indicadores de eficiencia y calidad del área seleccionada.

### CAPÍTULO III. MODELO ECONOMÉTRICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD EN LA SALA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL MILITAR “DR. JOAQUÍN CASTILLO DUANY”

En este capítulo se muestran los resultados de la investigación, presentándose el modelo econométrico, que constituye la aspiración máxima del autor y da respuesta al objetivo formulado, constatando el cumplimiento de los supuestos del análisis de correlación canónica y validándose el mismo con la aplicación de dos procedimientos: la división de las muestras en de estimación y validación, y un análisis de sensibilidad del conjunto de variables independientes.

#### 3.1 Modelo econométrico para la estimación de los costos de calidad

En el presente trabajo se aplica la correlación canónica para la determinación de un modelo de estimación de los costos de calidad en la sala de cuidados intensivos del hospital militar Dr. Joaquín Castillo Duany, de la provincia Santiago de Cuba. Para ello se emplea el software profesional SPSS 19, mediante el cual se realiza el análisis de correlación canónica, partiendo de diversos contrastes y estadísticos para el ajuste, teniendo en cuenta el siguiente orden metodológico, que se muestra a continuación.

El modelo econométrico ha sido obtenido a través del empleo de la técnica multivariante de correlación canónica, basado en los fundamentos teóricos y metodológicos expuestos en el capítulo anterior. Según los valores de los coeficientes canónicos estandarizados para las variables dependientes e independientes (covariantes), se obtiene un primer par de combinación lineal (primera variable canónica o par de variables canónicas) definida como sigue:

$$U_1 = 0.116 y_{11} + 0.802 y_{12} + 0.1930 y_{13} + 0.313 y_{14} \quad U: \text{Costos totales de calidad}$$

$$V_1 = 0.239 X_{11} + 0.819 X_{12} + 0.048 X_{13} + 0.006 X_{14} \quad V: \text{Costos totales}$$

El modelo propuesto determinado por el primer par de combinación lineal, tiene utilidad práctica y teórica, en primer lugar brinda la posibilidad de estimar dos indicadores, los costos totales de calidad y los costos totales clásicos; en segundo lugar permite conocer a través de los signos, la relación existente entre las variables dependientes e independientes, muy importante para un estudio a priori de estos indicadores y en tercer lugar la ecuación obtenida permite cuantificar de forma estimada la magnitud de los costos de calidad en unidades de valor.

Dado que la correlación es máxima en la primera combinación lineal, se acepta este como modelo lineal obtenido, el mismo servirá para cumplir el objetivo de estimar los costos de calidad en el área de estudio. Obsérvese en el anexo 2, que las correlaciones (que deben ser lo más elevadas posibles) son siempre más altas <sup>(2.2 y 2.5)</sup> en el caso de la primera variable canónica y la cantidad de combinaciones

lineales es igual a la mínima cantidad de variables independientes o dependientes, de las variables originales, que en este caso son cuatro para las variables dependientes o independientes, de ahí que sean cuatro pares de variables canónicas.

Se observa en el primer par de variables canónicas que las variables  $y_{12}$  y  $x_{12}$  son las que mayor influencia tienen en las variables canónicas  $U_1$  y  $V_1$  respectivamente, dado que sus coeficientes estandarizados presentan los mayores valores.

#### **Interpretación de los coeficientes canónicos:**

A diferencia del análisis de regresión múltiple donde se interpretan los coeficientes beta y los betas estandarizados, en este estudio sólo se interpretan los coeficientes betas estandarizados:

$\alpha_{11} = 0.116$ , expresa que un aumento adicional de la variable costos de prevención ( $y_{11}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.116** desviaciones típicas en los costos de calidad ( $U_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\alpha_{12} = 0.802$ , expresa que un aumento adicional de la variable costos de evaluación ( $y_{12}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.802** desviaciones típicas en los costos de calidad ( $U_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\alpha_{13} = 0.193$ , expresa que un aumento adicional de la variable costos por fallos internos ( $y_{13}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.193** desviaciones típicas en los costos de calidad ( $U_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\alpha_{14} = 0.313$ , expresa que un aumento adicional de la variable costos por fallos externos ( $y_{14}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.313** desviaciones típicas en los costos de calidad ( $U_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\beta_{11} = 0.239$ , expresa que un aumento adicional de la variable índice ocupacional ( $X_{11}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.239** desviaciones típicas en los costos totales ( $V_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\beta_{12} = 0.819$ , expresa que un aumento adicional de la variable promedio de estadía ( $X_{12}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.819** desviaciones típicas en los costos totales ( $V_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\beta_{13} = 0.048$ , expresa que un aumento adicional de la variable índice de rotación ( $X_{13}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.048** desviaciones típicas en los costos totales ( $V_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

$\beta_{14} = 0.006$ , expresa que un aumento adicional de la variable intervalo de sustitución ( $X_{14}$ ) en una desviación típica, provocará un aumento de **0.006** desviaciones típicas en los costos totales ( $V_1$ ), controlando el efecto de las demás variables.

### 3.2 Análisis de los resultados

Como se expuso en el capítulo II, el análisis de correlación canónica sigue un proceso de seis pasos, los cuales se desarrollan a continuación para el modelo escogido y en cada paso los resultados ilustran las decisiones que se deben tomar en cada etapa concreta de la investigación:

#### ➤ **Primer paso: Objetivos del análisis de correlación canónica.**

Para demostrar la aplicación de la correlación canónica se emplean 8 variables de entrada, las cuales se declaran en el epígrafe 2.7, el conjunto de las variables dependientes (integrados por los indicadores de calidad) e independientes (indicadores de eficiencia) empleadas en el estudio, ambos conjuntos de indicadores tienen relación lógica en cuanto a su esencia, lo cual es una condición indispensable para correlacionarlos.

#### ➤ **Segundo paso: Diseño del análisis de correlación canónica:**

En este estudio el diseño de las variables incluye cuatro variables dependientes métricas y cuatro variables independientes métricas, la base conceptual de ambos conjuntos está bien establecida, las ocho variables generan un ratio de observaciones frente a variables de 13 a 1, por lo que excede correctamente el supuesto de 10 observaciones por variables.

Variables dependientes:  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$

Variables independientes:  $X_1, X_2, X_3, X_4$

#### ➤ **Tercer paso: Contrastación de los supuestos:**

Las variables dependientes e independientes son evaluadas para detectar los supuestos básicos sobre la distribución que se deben dar en el análisis multivariante y pasaron todos los test estadísticos, que a continuación se explican.

**Supuesto de linealidad:** Como condición inicial se determina la matriz de correlaciones, que se muestra en el anexo 2, cuyo determinante es de  $1,05E-006$ , que al ser muy pequeño indica que el grado de relación lineal entre las variables es muy alto, cumpliéndose el supuesto de linealidad entre las variables en estudio.

**Supuesto de linealidad de la correlación:** Como se muestra en el anexo 3 (estructurado en tres partes), se observan los test multivariantes (Pillais, Hotellings, Lambda de Wilks y Roys) que contrastan la

hipótesis nula de que la correlación entre los dos conjuntos de variables es igual a cero. Como el p-valor<sup>(1)</sup> es prácticamente cero en todos los casos, se acepta la hipótesis de que los dos conjuntos de variables están correlacionados linealmente, es decir, que no son independientes.

También se presenta el contraste F para la significatividad individual de cada variable en la correlación canónica. Como el p-valor<sup>(1.2)</sup> es nulo en todos los casos se acepta la significatividad de las variables. Además el R<sup>2</sup> ajustado y el múltiple<sup>(1.3)</sup> son altos para todas las variables, lo que expresa excelente bondad del ajuste del modelo.

**Supuesto de normalidad:** Para el mismo se verificó la normalidad individual de cada variable en estudio, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1- H<sub>0</sub>: Las frecuencias observadas de las variables se distribuyen normalmente  
H<sub>1</sub>:

2-  $\alpha = 0.05$

3- E.P:  $Z_{k-s} = \max |F(x_i) - F_0(x_i)|$   $Z_{k-s}$  de Kolmogorov - Smirnov.

4- Definición de la región crítica:  $W = \{Z_{k-s} > Z_{1-\alpha}\}$  o  $W = \{P\text{-valor} \leq \alpha\}$

5- Regla de decisión: Rechazar H<sub>0</sub> si E.P  $\in W$  o rechazar H<sub>0</sub>  $\sqrt{Z_{k-s} > Z_{1-\alpha}}$   
No rechazar H<sub>0</sub> si E.P  $\notin W$  o no rechazar H<sub>0</sub>  $\sqrt{Z_{k-s} \leq Z_{1-\alpha}}$

- 6- Toma de decisión: Dado que los p-valores de todas las variables son mayores que el nivel de significación  $\alpha$ , se puede plantear que existen suficientes evidencias empíricas para no rechazar la hipótesis nula de normalidad de las variables, y asegurar con un nivel de confianza del 95% que las mismas se distribuyen normalmente, como se muestra a continuación:

**Tabla 1: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (a)**

	Costos de prevención	Costos de evaluación	Costos de Fallos internos	Costos de Fallos externos	Índice Ocupacional	Promedio de estadía	Índice de rotación	Intervalo de sustitución
Z de K-S	0.895	1.224	0.874	0.819	0.965	1.172	1.173	1.177
b. Sig. *	0.40	0.10	0.429	0.514	0.31	0.128	0.127	0.125

- a. La distribución de contraste es la Normal.
- b. Se han calculado a partir de los datos.

**Supuesto de homocedasticidad:** Para el mismo se determinó el estadístico M de Box, como a continuación se muestra.



1-  $H_0: \sum_1 = \sum_2 = \dots = \sum_g$

$H_1$ : No todas las  $\sum_g$  son iguales

2-  $\alpha = 0.05$

3- E.P: M de Box, se distribuye aproximadamente como una F- de Fisher.

4- Definición de la región crítica:  $W = \{ M > F_t \}$  o  $W = \{ P\text{-valor} \leq \alpha \}$

5- Regla de decisión: Rechazar  $H_0$  si  $E.P \in W$  o rechazar  $H_0$   $\sqrt{M > F_t, P\text{-valor} \leq \alpha}$   
 No rechazar  $H_0$  si  $E.P \notin W$  o no rechazar  $H_0$   $\sqrt{M \leq F_t, P\text{-valor} > \alpha}$

6- Toma de decisión: Dado que el p-valor = 0.150, mayor que nivel de significación  $\alpha$ , se puede plantear que existen suficientes evidencias empíricas para no rechazar la hipótesis nula, y asegurar con un nivel de confianza del 95 % que se cumple el supuesto de homocedasticidad multivariada, como se muestra a continuación:

**Tabla 2: Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianzas**

M de Box	34,205
F	1,470
g11	10
g12	305,976
Sig.	0,150

**Supuesto de no multicolinealidad:** No se evidencia la existencia de multicolinealidad debido a que todas las pruebas t son significativas.

➤ **Cuarto paso: Obtención de las funciones canónicas y valoración del ajuste global.**

Luego de procesar los datos sobre la información de los indicadores, se obtienen las siguientes funciones canónicas:

Primera combinación lineal (primera variable canónica):

$$U_1 = 0.116 y_{11} + 0.802 y_{12} + 0.1930 y_{13} + 0.313 y_{14}$$

$$V_1 = 0.239 X_{11} + 0.819 X_{12} + 0.048 X_{13} + 0.006 X_{14}$$

Segunda combinación lineal (segunda variable canónica) es:

$$U_2 = 1.536 y_{21} - 1.397 y_{22} - 2.838 y_{23} - 2.893 y_{24}$$

$$V_2 = 1.230 X_{21} - 1.003 X_{22} - 0.169 X_{23} - 0.029 X_{24}$$

Tercer par de combinaciones lineales (tercera variable canónica) es:

$$U_3 = 3.406 y_{31} + 0.513 y_{32} - 8.265 y_{33} + 4.316 y_{34}$$

$$V_3 = -0.006 X_{31} + 0.331 X_{32} - 0.006 X_{33} - 1.053 X_{34}$$

Cuarto par de combinaciones lineales (cuarta variable canónica) es:

$$U_4 = -2.107 y_{41} + 0.068 y_{42} - 11.050 y_{43} + 13.045 y_{44}$$

$$V_4 = 0.235 X_{41} + 0.188 X_{42} + 1.055 X_{43} + 0.113 X_{44}$$

#### **Análisis de redundancia:**

Observando que el índice de redundancia en el anexo No.4 es de 0.782 para las variables dependientes, y 0.422 para las independientes, se plantea que el conjunto de las variables predictoras explican el 78,2 % de la varianza compartida del valor teórico canónico criterio o dependiente.

#### **➤ Quinto paso: Interpretación de los valores teóricos canónicos:**

La segunda parte de la salida, anexo No.3, presenta los coeficientes canónicos (cargas canónicas o pesos) simples y estandarizados o ponderaciones canónicas (Standardized canonical coefficients) para los dos conjuntos de variables, dependientes e independientes (COVARIATES). Las ponderaciones canónicas para las variables dependientes <sup>(2.1)</sup>, que expresan su contribución relativa al valor teórico, presentan el siguiente orden de contribución al primer valor teórico canónico:  $Y_1=0.116$ ,  $Y_2=0.802$ ,  $Y_3=0.193$ ,  $Y_4=0.313$ .

Las cargas canónicas (correlaciones entre las variables canónicas y las variables originales dependientes y covariantes) para las variables dependientes <sup>(2.2)</sup>, presentan un valor que como promedio excede 0.90, reflejando una alta varianza compartida, por lo que indica un alto grado de intercorrelación o correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto dependiente y su valor teórico canónico, lo que indica buena calidad del ajuste, corroborando el  $r^2$  y el múltiple anteriormente explicado.

El porcentaje de varianza explicado <sup>(2.3)</sup> por las variables canónicas en las variables dependientes son altos, aproximadamente del 78.129% , 85.36% , 85.58% y 85.58% para las 4 variables respectivamente. Para las covariantes, las cargas canónicas <sup>(2.5)</sup> presentan también un escenario favorable al presentar los valores siguientes:  $X_1=-0.756$ ,  $X_2=-0.981$ ,  $X_3=0.376$  y  $X_4=0.306$ , altos para las variables  $X_1$  y  $X_2$ , y moderados para las dos restantes, expresando un alto grado de correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto independiente y su valor teórico canónico, indicando buena calidad del ajuste. El

porcentaje de varianza explicado <sup>(2.6)</sup> por las variables canónicas en las variables independientes es alto, aproximadamente del 44.227% , 55.767% , 78.593% y 85.58% para las 4 variables respectivamente.

En este mismo anexo se incluyen las cargas cruzadas <sup>(3.2)</sup> para las cuatro funciones canónicas. Al analizar la primera función canónica, se puede observar que las variables dependientes ( $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ ) presentan altas correlaciones con el valor teórico independiente, es decir, con la función uno: 0.8474, 0.9672, 0.8573, 0.8582 respectivamente. Esto refleja la alta varianza compartida entre estas variables. Elevando al cuadrado estos términos, se halla el porcentaje de varianza para cada una de las variables explicadas por la función uno, mostrando que el 71.80% de la varianza de  $Y_1$ , el 93.54% de la varianza de  $Y_2$ , el 73.49% de la varianza de  $Y_3$  y el 73.65% de la varianza de  $Y_4$  queda explicado por la función uno.

Observando las cargas cruzadas de las variables independientes, se muestra que las variables  $X_1$  y  $X_2$  tienen altas correlaciones de 73.83% y 95.84% respectivamente con el valor teórico canónico criterio, de esta información se observa que el 54.50% y el 91.85% de estas variables respectivamente queda explicado por el valor teórico criterio. Examinando los signos de las variables en estudio se observa que todas presentan una relación directa positiva con la primera función, excepto la variable  $X_3$  que presenta signo negativo, expresando una relación inversa con la función criterio.

La última parte de la salida (**Parte - III**) presenta los contrastes de significatividad multivariante <sup>(3.1)</sup> (conjunta) y univariante para las funciones discriminantes y estima sus coeficientes.

Atendiendo al análisis de redundancia, de las cargas canónicas y las ponderaciones canónicas se llega a la conclusión que la primera función canónica debe ser aceptada para el estudio realizado.

#### ➤ **Sexto paso: Validación de los resultados.**

La validación del análisis de correlación canónica se realiza a través de dos procedimientos diferentes:

- 1- Dividir la muestra en muestras de estimación y de validación
- 2- Realizar un análisis de sensibilidad del conjunto de variables independientes

El autor decide aplicar ambos procedimientos, para corroborar de una forma más rigurosa los resultados obtenidos, como a continuación se muestra:

#### **Procedimiento 1: Submuestra No.1**

La muestra de 80 observaciones, incluye cuatro variables dependientes métricas y cuatro variables independientes métricas, la base conceptual de ambos conjuntos está bien establecida, las ocho variables generan un ratio de observaciones frente a variables de 10 a 1, cumpliendo correctamente el supuesto de 10 observaciones por variables.

Variables dependientes:  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$

Variables independientes:  $X_1, X_2, X_3, X_4$

Como condición inicial se determina la matriz de correlaciones, que se muestra en el anexo No.5, cuyo determinante es de 1,79E-006, que al ser muy pequeño indica que el grado de relación lineal entre las variables es muy alto, cumpliéndose el supuesto de linealidad entre las variables en estudio.

En segundo lugar se observan los test multivariantes (Pillais, Hotellings, Lambda de Wilks y Roys), que contrastan la hipótesis nula de que la correlación entre los dos conjuntos de variables es igual a cero.

Como se muestra en el anexo No.6, el **p-valor**<sup>(1)</sup> es prácticamente cero en todos los casos, por lo tanto, se acepta la hipótesis de que los dos conjuntos de variables están correlacionados linealmente, es decir, que no son independientes.

También se presenta, (Anexo No.6), el contraste F para la significatividad individual de cada variable en la correlación canónica. Como el **p-valor**<sup>(1.2)</sup> es nulo en todos los casos se acepta la significatividad de las variables. Además el **R<sup>2</sup>** ajustado y el múltiple<sup>(1.3)</sup> son altos para todas las variables, lo que expresa excelente bondad del ajuste del modelo.

**Supuesto de normalidad:** Para el mismo se verificó la normalidad individual de cada variable en estudio, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

1-  $H_0$ : Las frecuencias observadas de las variables se distribuyen normalmente.

$H_1$ :

2-  $\alpha = 0.05$

3- E.P:  $Z_{k-s} = \max |F(x_i) - F_0(x_i)|$   $Z_{k-s}^*$  de Kolmogorov - Smirnov.

4- Definición de la región crítica:  $W = \{ Z_{k-s} > Z_{1-\alpha} \}$  o  $W = \{ P\text{-valor} \leq \alpha \}$

5- Regla de decisión: Rechazar  $H_0$  si E.P  $\in W$  o rechazar  $H_0$   $\sqrt{Z_{k-s} > Z_{1-\alpha}}$   
 No rechazar  $H_0$  si E.P  $\notin W$  o no rechazar  $H_0$   $\sqrt{Z_{k-s} \leq Z_{1-\alpha}}$

6-Toma de decisión: Dado que los p-valores de todas las variables son mayores que el nivel de significación  $\alpha$ , se puede plantear que existen suficientes evidencias empíricas para no rechazar la hipótesis nula de normalidad de las variables, y asegurar con un nivel de confianza del 95% que las mismas se distribuyen normalmente, como muestra la tabla siguiente.

**Tabla 3: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la submuestra No.1**

	Costos de prevención	Costos de evaluación	Costos Fallos internos	Costos Fallos externos	Índice Ocupacional	Promedio de estadía	Índice de rotación	Intervalo de sustitución
Z de K-S	0.638	1.098	0.641	0.639	1.02	1.008	1.249	1.198
b. Sig.*	0.811	0.18	0.805	0.808	0.249	0.262	0.088	0.113

- a. La distribución de contraste es la Normal.
- b. Se han calculado a partir de los datos.

**Supuesto de homocedasticidad:** Verificado en el tercer paso del procedimiento aplicado al modelo obtenido.

**Supuesto de no multicolinealidad:** No se evidencia la existencia de multicolinealidad debido a que todas las pruebas t son significativas.

**Análisis de redundancia:**

Observando el índice de redundancia, 0.716 para las variables dependientes, y 0.373 para las independientes, se plantea que el conjunto de las variables predictoras explican el 71.6% de la varianza compartida del valor teórico canónico criterio o dependientes, como se muestra en el anexo No.7

**Interpretación de los valores teóricos canónicos:**

En la segunda parte de la salida, anexo No.6, se presentan los coeficientes canónicos (cargas canónicas o pesos) simples y estandarizados o ponderaciones canónicas (Standardized canonical coefficients) para los dos conjuntos de variables, dependientes e independientes (COVARIATES). Las ponderaciones canónicas para las variables dependientes <sup>(2.1)</sup>, que expresan su contribución relativa al valor teórico, presentan el siguiente orden de contribución al primer valor teórico canónico:  $Y_1 = 0.066$ ,  $Y_2 = 0.865$ ,  $Y_3 = 0.010$ ,  $Y_4 = 0.096$ . Las cargas canónicas (correlaciones entre las variables canónicas y las variables originales dependientes y covariantes) para las variables dependientes <sup>(2.2)</sup>, presentan un valor que como promedio excede 0.85, reflejando una alta varianza compartida, por lo que indica un alto grado de intercorrelación o correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto dependiente y su valor teórico canónico, lo que indica buena calidad del ajuste, corroborando el  $r^2$  y el múltiple anteriormente explicado. El porcentaje de varianza explicado <sup>(2.3)</sup> por las variables canónicas en las variables dependientes son altos, aproximadamente del 71.52%, 82.32%, 82.544% respectivamente. Para las covariantes, las cargas canónicas <sup>(2.5)</sup> presentan también un escenario favorable al presentar los valores

siguientes:  $X_1=0.683$ ,  $X_2=0.989$ ,  $X_3=-0.259$  y  $X_4=0.229$ , altos para las variables  $X_1$  y  $X_2$ , y moderados para las dos restantes, expresando un alto grado de correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto independiente y su valor teórico canónico, indicando buena calidad del ajuste. El porcentaje de varianza explicado <sup>(2.6)</sup> por las variables canónicas en las variables independientes son altos, aproximadamente del 39.08% , 53.20% , 75.23% respectivamente.

También incluye las cargas cruzadas <sup>(3.2)</sup> para las cuatros funciones canónicas, al analizar la primera función canónica, podemos observar que las variables dependientes ( $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ ,  $Y_4$ ) presentan altas correlaciones con el valor teórico independiente, es decir, con la función uno: 0.7945, 0.9711, 0.8020, 0.8023 respectivamente. Esto refleja la alta varianza compartida entre estas variables. Elevando al cuadrado estos términos, se halla el porcentaje de varianza para cada una de las variables explicadas por la función uno, mostrando que el 63.12% de la varianza de  $Y_1$ , el 94.30% de la varianza de  $Y_2$ , el 64.32% de la varianza de  $Y_3$  y el 64.36% de la varianza de  $Y_4$  queda explicado por la función uno.

Observando las cargas cruzadas de las variables independientes, se muestra que las variables  $X_1$  y  $X_2$  tienen altas correlaciones de 66.73% y 96.62% respectivamente con el valor teórico canónico criterio. Examinando los signos de las variables en estudio se observa que todas presentan una relación directa positiva con la primera función, excepto la variable  $X_3$  que presenta signo negativo, expresando una relación inversa con la función criterio.

**Submuestra 1: Cargas cruzadas canónicas** <sup>(3.2)</sup>

Correlations Between the dependent Variables and the Canonical Variables of the independent Variables

	W 1	W 2	W 3	W 4
Y 1	0.7945	-0.3974	0.0118	-0.0031
Y 2	0.9711	0.0758	-0.0084	0.0002
Y 3	0.8020	-0.3599	0.0714	-0.0007
Y 4	0.8023	-0.3723	0.0604	0.0007

Correlations Between the independent Variables and the Canonical Variables of the dependent Variables

	V 1	V 2	V 3	V 4
X 1	0.6673	-0.4981	0.0295	0.0034
X 2	0.9662	0.0980	-0.0155	-0.0002
X 3	-0.2534	0.1155	0.0356	0.0207
X 4	0.2236	0.1001	0.2577	-0.0061

**Procedimiento 1: Submuestra No.2**

Al igual que en la submuestra anterior se utilizan 80 observaciones, obtenidas a través de un muestreo aleatorio simple, se incluyen cuatro variables dependientes métricas y cuatro variables independientes métricas, la base conceptual de ambos conjuntos está bien establecida, las ocho variables generan un ratio

de observaciones frente a variables de 10 a 1, cumpliendo correctamente el supuesto de 10 observaciones por variables.

Variab les dependientes:  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$

Variab les independientes:  $X_1, X_2, X_3, X_4$

Como condición inicial se determina la matriz de correlaciones, que se muestra en el anexo No.8, cuyo determinante es de 1,30E-006, que al ser muy pequeño indica que el grado de relación lineal entre las variables es muy alto, cumpliéndose el supuesto de linealidad entre las variables en estudio.

En segundo lugar, en el anexo No.9 se observan los test multivariantes (Pillais, Hotellings, Lambda de Wilks y Roys), que contrastan la hipótesis nula de que la correlación entre los dos conjuntos de variables es igual a cero. Como el p-valor <sup>(1)</sup> es prácticamente cero en todos los casos, se acepta la hipótesis de que los dos conjuntos de variables están correlacionados linealmente, es decir, que no son independientes.

En este anexo se presenta el contraste F para la significatividad individual de cada variable en la correlación canónica. Como el p-valor <sup>(1.2)</sup> es nulo en todos los casos, se acepta la significatividad de las variables. Además el  $R^2$  ajustado y el múltiple <sup>(1.3)</sup> son altos para todas las variables, lo que expresa excelente bondad del ajuste del modelo.

**Supuesto de normalidad:** Para el mismo se verificó la normalidad individual de cada variable en estudio, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

1-  $H_0$ : Las frecuencias observadas de las variables se distribuyen normalmente.

$H_1$ :

2-  $\alpha = 0.05$

3- E.P:  $Z_{k-s} = \max |F(x_i) - F_0(x_i)|$   $Z_{k-s}^*$  de Kolmogorov - Smirnov.

4- Definición de la región crítica:  $W = \{ Z_{k-s} > Z_{1-\alpha} \}$  o  $W = \{ P\text{-valor} \leq \alpha \}$

5- Regla de decisión: Rechazar  $H_0$  si  $E:P \in W$  o rechazar  $H_0$   $\sqrt{Z_{k-s}} > \sqrt{Z_{1-\alpha}}$   
 No rechazar  $H_0$  si  $E:P \notin W$  o no rechazar  $H_0$   $\sqrt{Z_{k-s}} \leq \sqrt{Z_{1-\alpha}}$

6- Toma de decisión: Dado que los p-valores de todas las variables son mayores que el nivel de significación  $\alpha$ , se puede plantear que existen suficientes evidencias empíricas para no rechazar la hipótesis nula de normalidad de las variables, y asegurar con un nivel de confianza del 95% que las mismas se distribuyen normalmente, como muestra la tabla siguiente.

**Tabla 4: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la submuestra No. 2**

	Costos de prevención	Costos de evaluación	Costos Fallos internos	Costos Fallos externos	Índice Ocupacional	Promedio de estadía	Índice de rotación	Intervalo de sustitución
Z de K-S	0.745	1.341	0.985	0.970	0.774	0.990	1.307	1.278
b. Sig.*	0.636	0.055	0.286	0.304	0.586	0.281	0.066	0.076

a. La distribución de contraste es la Normal

b. Se han calculado a partir de los datos

**Supuesto de homocedasticidad:** Verificado en el tercer paso del procedimiento aplicado al modelo obtenido.

**Supuesto de no multicolinealidad:** No se evidencia la existencia de multicolinealidad debido a que todas las pruebas t son significativas.

**Análisis de redundancia:**

Observando el anexo No.10, el índice de redundancia es de 0.742 para las variables dependientes, y 0.413 para las variables independientes, se plantea que el conjunto de las variables predictoras explican el 71.6% de la varianza com partida del valor teórico canónico criterio o dependientes.

**Interpretación de los valores teóricos canónicos:**

La segunda parte de la salida del anexo No.9, presenta los coeficientes canónicos (cargas canónicas o pesos) simples y estandarizados o ponderaciones canónicas (Standardized canonical coefficients) para los dos conjuntos de variables, dependientes e independiente. Las ponderaciones canónicas para las variables dependientes <sup>(2.1)</sup>, que expresan su contribución relativa al valor teórico, presentan el siguiente orden de contribución al primer valor teórico canónico:  $Y_1=0.091$ ,  $Y_2=0.826$ ,  $Y_3=-0.047$ ,  $Y_4=0.172$ . Las cargas canónicas (correlaciones entre las variables canónicas y las variables originales dependientes y covariantes) para las variables dependientes <sup>(2.2)</sup> presentan un valor promedio de 0.879, reflejando una alta varianza com partida, por lo que indica un alto grado de intercorrelación o correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto dependiente y su valor teórico canónico, lo que indica buena calidad del ajuste, corroborando el  $r^2$  y el múltiple anteriormente explicado. El porcentaje de varianza explicado <sup>(2.3)</sup> por las variables canónicas en las variables dependientes son altos, aproximadamente del 74.198% , 82.976% , 83.414% respectivamente. Para las covariantes, las cargas canónicas <sup>(2.5)</sup> presentan también un escenario favorable al presentar los valores siguientes:  $X_1=0.681$ ,



$X_2=0.987$ ,  $X_3=-0,348$  y  $X_4=0.411$ , altos para las variables  $X_1$  y  $X_2$ , y moderados para las dos restantes, expresando un alto grado de correlación lineal simple entre las variables originales observadas del conjunto independiente y su valor teórico canónico, indicando buena calidad del ajuste.

El porcentaje de varianza explicado <sup>(2.6)</sup> por las variables canónicas en las variables independientes son altos, aproximadamente del 43.177% , 56.956% , 77.649% respectivamente.

También incluye las cargas cruzadas <sup>(3.2)</sup> para las cuatros funciones canónicas, al analizar la primera función canónica, se puede observar que las variables dependientes ( $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ ) presentan altas correlaciones con el valor teórico independiente, es decir, con la función uno: 0.8131, 0.9677, 0.8274, 0.8281 respectivamente. Esto refleja la alta varianza compartida entre estas variables. Elevando al cuadrado estos términos, se halla el porcentaje de varianza para cada una de las variables explicadas por la función uno, mostrando que el 66.11% de la varianza de  $Y_1$ , el 93.64% de la varianza de  $Y_2$ , el 68.45% de la varianza de  $Y_3$  y el 68.57% de la varianza de  $Y_4$  queda explicado por la función uno.

Observando las cargas cruzadas de las variables independientes, se muestra que las variables  $X_1$  y  $X_2$  tienen altas correlaciones de 66.50% y 96.39% respectivamente con el valor teórico canónico criterio. Examinando los signos de las variables en estudio se observa que todas presentan una relación directa positiva con la primera función, excepto la variable  $X_3$  que presenta signo negativo, expresando una relación inversa con la función criterio.

### **Submuestra 2: Cargas cruzadas canónicas** <sup>(3.2)</sup>

Correlations Between the dependent Variables and the Canonical Variables of the independent Variables

	W 1	W 2	W 3	W 4
Y 1	0.8131	-0.3666	0.0208	-0.0017
Y 2	0.9677	0.0913	-0.0143	0.0001
Y 3	0.8274	-0.3155	0.0986	-0.0003
Y 4	0.8281	-0.3298	0.0846	0.0002

Correlations Between the independent Variables and the Canonical Variables of the dependent Variables

	V 1	V 2	V 3	V 4
X 1	0.6650	-0.4910	0.0221	0.0020
X 2	0.9639	0.1113	-0.0114	0.0000
X 3	-0.3405	0.0968	-0.0344	0.0100
X 4	0.4017	0.0529	0.3239	-0.0012

**Tabla 5: Procedimiento No.2 Análisis de sensibilidad de los resultados de la correlación canónica al eliminar una variable independiente**

	Valor teórico	Resultado después de la eliminación de:		
	Completo	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Correlación canónica ( r )	0,977	0,968	0,976	0,977
Raíz canónica ( r <sup>2</sup> )	0,954	0,937	0,952	0,954
<b>Valor teórico independiente</b>				
<b>Cargas canónicas</b>				
X <sub>1</sub>	-0,756	om itida	-0,752	0,756
X <sub>2</sub>	-0,981	-0,999	-0,983	0,981
X <sub>3</sub>	0,376	0,367	om itida	-0,376
X <sub>4</sub>	-0,306	-0,312	-0,307	Om itida
Varianza compartida	0,442	0,410	0,542	0,558
Redundancia	0,422	0,293	0,388	0,366
<b>Valor teórico dependiente</b>				
<b>Cargas canónicas</b>				
Y <sub>1</sub>	-0,868	-0,795	-0,863	0,867
Y <sub>2</sub>	-0,990	-1,000	-0,991	0,990
Y <sub>3</sub>	-0,878	-0,814	-0,874	0,878
Y <sub>4</sub>	-0,879	-0,813	-0,874	0,879
Varianza compartida	0,819	0,739	0,8136	0,819
Redundancia	0,782	0,705	0,776	0,781

Como se observa, las cargas canónicas son fuertemente estables y consistentes en cada uno de los tres casos donde se van eliminando una a una las variables independientes. En este caso, las correlaciones canónicas totales permanecen estables.

Con estos resultados, se obtiene una visión más detallada de la estructura de los diferentes conjuntos de variables relacionadas con una relación de dependencia, arribándose a las siguientes observaciones:

- Los resultados indican que sólo existe una relación simple, respaldado por la baja significación práctica de la segunda función canónica, resultando que las variables dependientes están estrechamente relacionadas y crean una dimensión claramente definida.
- El valor de redundancia para el conjunto dependiente es de 0.782, bastante alto para una regresión múltiple comparable, manteniéndose para las demás variables con un comportamiento similar a éste.
- Al obtener los valores teóricos independientes, se observa que las variables X<sub>1</sub> y X<sub>2</sub> proporcionan las contribuciones sustantivas, y por lo tanto son los predictores claves de la dimensión de resultado.

Finalmente luego de haber transitado por los pasos lógicos del procedimiento, y a su vez haber superado con éxito las fases de validación o diagnosis del modelo obtenido, se procede a realizar una estimación de

los costos de calidad, utilizando los datos iniciales de la investigación de los indicadores de calidad y los de eficiencia, lo cual se muestra en el anexo No.11.

Es válido señalar que los indicadores de eficiencia, se homogenizaron para convertirlos en unidades de valor, multiplicándolos por el costo promedio estimado de un paciente en la sala de cuidados intensivos, el cual asciende a 598.81 pesos en un período de un mes.

El autor verifica los datos estimados de los costos de calidad respecto a los costos totales, arribando a la conclusión de que los costos de calidad representan el 19.5% , presentado en el anexo No.12.

El modelo obtenido permitirá a los especialistas del área contable, de calidad y a los directivos de la entidad, generalizar este procedimiento a otras áreas estratégicas para cualquier período que se desee, teniendo en cuenta el comportamiento de los indicadores que lo conforman.

### **Conclusiones parciales**

1. En este capítulo se ha obtenido y validado un modelo canónico que permite estimar y evaluar los costos de calidad a partir de los indicadores clásicos de eficiencia hospitalaria y los indicadores de calidad.
2. Se ha mostrado que existe relación entre los indicadores de calidad y los indicadores clásicos de eficiencia hospitalaria, determinada por el coeficiente de correlación canónica de 0.977, lo cual indica una relación fuerte y directa entre los dos conjuntos de variables analizados.
3. El costo de calidad en la sala de cuidados intensivos representa el 19.5% de los costos totales, lo cual indica que tiene una magnitud razonable de acuerdo a los estándares existentes.
4. Los valores teóricos independientes obtenidos muestran que las variables  $X_1$  y  $X_2$  proporcionan las contribuciones sustantivas y, por tanto, son los predictores claves de la dimensión de resultado.
5. Se ha verificado que los indicadores de eficiencia hospitalaria tienen un impacto significativo en los indicadores de calidad los que miden el proceso y sus resultados en la atención médica de cuidados intensivos, lo cual justifica su utilización como una herramienta administrativa y gerencial para la toma de decisiones.

## CONCLUSIONES

1. En la investigación se emplean técnicas de análisis multivariado en el sector de la salud, que permiten elevar la gestión en la eficiencia y la calidad en los servicios de una organización, dando como resultado el cumplimiento de los objetivos propuestos.
2. Se corrobora la hipótesis de la investigación, con la obtención y aplicación del modelo econométrico en el servicio en estudio, sustentado en la correlación canónica, el cual permite estimar los costos de calidad y evaluar la eficiencia en los servicios de salud.
3. El modelo propuesto constituye una herramienta que proporciona a la alta dirección administrativa cuantificar y jerarquizar las erogaciones incurridas, a fin de medir en términos económicos las áreas de oportunidad y el impacto monetario de los avances de los programas de mejora, y lograr niveles de calidad, que incrementen la competitividad de los servicios.
4. Con los resultados obtenidos se ha demostrado las posibilidades que ofrece el análisis de correlación canónica para el estudio de las variables más relevantes en el proceso de prestación de servicios en la sala de cuidados intensivos, determinándose que el conjunto de variables estudiadas están altamente correlacionados.
5. Se obtuvieron cuatro pares de funciones canónicas, y dado que la correlación es máxima en la primera combinación lineal, se acepta esta como modelo lineal obtenido, el mismo servirá para cumplir el objetivo de estimar los costos de calidad en el área en estudio.

## RECOMENDACIONES

1. A los directivos de la entidad se les recomienda aplicar y generalizar el modelo de costo de calidad obtenido en el presente trabajo en otros servicios de la institución para evaluar la calidad y dirigir con eficiencia los programas de mejora continua de calidad, que permitan incidir en un desempeño cualitativamente superior de la entidad.
2. A los especialistas del departamento de costo, se le propone velar por el control y comportamiento de las variables índice ocupacional (X1) y el promedio de estadía (X2), por su incidencia significativa en los costos de calidad y en la eficiencia hospitalaria.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Reyes, Salvador. Análisis de Regresión Aplicado, Universidad de Holguín, Cuba, 2005.
2. Alvarez, Manuel, Catedrático de la UNAM. México. Publicación electrónica. El costo de calidad, ¿cómo medirlo, ¿cómo controlarlo, ¿cómo evaluarlo 1996
3. Acevedo Suárez, José A. El desarrollo empresarial en el marco de la actualización del modelo económico cubano. CUJAE. La Habana, Cuba, 2011
4. Barnett, Raymond A. Ziegler, Michael R., Precálculo Funciones y Gráficas, 2003
5. Baronio, A. y Vianco, A. Manual de Econometría, FEC. UNRC, 2008.
6. Bouza Herrera, Carlos M. Sistachs Vega, Vivian. Teoría Básica y Ejercicios, Editorial Pueblo y Educación, 2004
7. Brill Ezekiel, Joseph Mordecai. Métodos de análisis de correlación, Ediciones Trillas, S.A, 1930
8. Carlos Silvas Ayçaguer, Luis. Cultura Estadística e Investigación Científica en el Campo de la Salud: Una mirada crítica, Ediciones Díaz de Santos, SA, España, 1997.
9. Carrascal, U.; González, Y. y Rodríguez, B. Análisis Económico con Eviews. Ra-Ma, 2001
10. Cela Trulock, JL.:Calidad. Qué es, cómo hacerla. Barcelona: Gestión SA, 2000.
11. C. Montgomery, Douglas ; C. Runger, George. Applied Statistics and Probability for Engineers, Third Edition, 2003
12. Cokin G, Harris M. Medición de Costos de Calidad; ¿Mito o Realidad?. Qualias hodie: Excelencia, desarrollo sostenible e innovación. ISSN 1133-2417 NO.123, 2007.
13. Colectivo de autores, Universidad de la Habana, Modelos Económicos, 2005
14. Cameron, A. y Trivedeli, P. K. Microeconomics: Methods and applications; Cambridge University Press, 2005.
15. Dallas E. Jonson. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de datos, Editorial Thomson, 2000.
16. Draper, N. R. ; Smith, H. Applied Regression Analysis, Editorial Pueblo y Educación, 1979.
17. Espallargas I, Daisy. Guía de Econometría y Series Temporales. Departamento de Estadística e Informática. Universidad de La Habana. 2006.
18. Ferrán Aranaz, Magdalena. SPSS para Windows: Programación y análisis estadístico. McGraw Hill, 1996.
19. Fontalvo Herrera, Tomás J. Vergara Schmalbach Juan C. la Gestión de la Calidad en los Servicios ISO 9001:2008, 2<sup>da</sup> ed, Cuba.2010
20. Guerra Bustillo, Caridad. Estadística, 2004
21. G. Alexander, Alberto. La Mala Calidad y su Costo, Addison – Wesley Iberoamericana, 1994.
22. Greene, W. H. Econometric Analysis, Prentice Hall, 2007, 6ta Edición.
23. Gujarati, Damodar N. Econometría, McGraw Hill. Cuarta Edición, 2007
24. Gujarati, Damodar N. Principios de Econometría, McGraw Hill, 2006

25. Hair F. Joseph ; Anderson E. Rolph. Análisis Multivariante, 5ta Edición, Editorial Prentice Hall. Madrid 1999.
26. Harrington H. El costo de la mala calidad. Madrid: Editorial Díaz Santos, 1990.
27. Hendry, D. and Nielsen, B. Econometric Modeling: A Likelihood Approach. Princeton University Press, Princeton, 2007.
28. Hernández Sampier, Roberto. Metodología de la Investigación, 2003
29. Holton, J & Barry Keating. Econometría modelos y pronósticos. McGraw Hill, 1996.
30. Iglesias i Millán, Josep A. Técnicas de Investigación Aplicada al Sector Turístico. Editorial Síntesis, 2008.
31. Ishikawa K. ¿Qué es el control total de la calidad? La modalidad japonesa. La Habana: Ciencias Sociales; 1988,
32. Jaén García, M. y López Ruiz, E. Modelos Económicos de Series Temporales. Teoría y práctica. Septem Ediciones, 2001.
33. Jiménez RE. Indicadores de calidad y eficiencia de los servicios hospitalarios. Una mirada actual.
34. Johnson, Dallas E. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos, Internacional Thomson Editores S.A de C.V, México, 2000.
35. Johnston, J. Métodos de Econometría, Ed. Vicens Vives. Barcelona, 2001.
36. Kennedy, P. A Guide to Econometrics, Ed. Mit Press, 1998.
37. María Raya, José. Estadística Aplicada al Turismo, Pearson Prentice Hall. 2006
38. Marín, G., Labeaga, J.& Mochón, F. Introducción a la Econometría. Prentice Hall, 1997.
39. Martínez Aguilera, Miguel Ángel, Matemática IV, Cálculo Diferencial, 2002.
40. Materson B, Quintana O. El costo de garantía de la calidad. Cuernavaca: Instituto Salud Pública, 1993.
41. Mochón Morcillo, Francisco. Introducción a la Econometría. Editorial Prentice Hall. 2007.
42. Moreno Alfredo; Trillo David. El Análisis de Correlación Canónica como Instrumento para la evaluación de la eficiencia, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España, 2000.
43. M. Wooldridge, Jeffrey. Introductory Econometrics: A Modern Approach, 2da Ed, Ed. Thomson, 2005
44. M. Wooldridge, Jeffrey. Introducción a la Econometría: Un Enfoque Moderno. 2da Edición. Ed. Tompson, 2006.
45. M. Wooldridge, Jeffrey. Introducción a la Econometría. Un Enfoque Moderno. Editorial Thomson. 2da. Edición. 2007.
46. Novales, A. Econometría. Mac Graw – Hill, 1993.
47. Otero, J. M. Modelos Económicos y Predicción de Series Temporales, Ed. AC, Madrid, 1989.
48. Peña, D. Estadística, Modelos y Métodos, Modelos Lineales y Series Temporales, Alianza, Madrid, 1994.

49. Peña, D. Análisis de Series Temporales, Alianza Editorial, 2005.
50. Pérez López, César. Métodos Estadísticos Avanzados con SPSS, editorial Thomson, 2008.
51. Pérez López, César. Problemas Resueltos de Econometría: Paso a Paso, Ed. Thomson, 2006.
52. Pérez López, C. Econometría de Series Temporales, Editorial Pearson Educación, S.A, 2006.
53. Pérez Rodríguez, Gastón. Metodología de la investigación educacional, Editorial Pueblo y Educación, 1996.
54. Pindyck, R & Rubinfeld, R. Análisis Estadístico con SPSS para Windows. Mc Graw Hill, (2001).
55. Pulido, A. Modelos Económicos. Ed. Pirámide. Madrid, 2001.
56. Revista Bohemia del 28 de Enero del 2011, Año 103. No. 2.
57. Rodrigues Betancourt, Ramón y Arrieta Gallardo, Miguel. Econometría Moderna, Universidad de Oriente, Cuba, 2007.
58. Ruiz, Muños, David y Sánchez Sánchez, Ana María. Apuntes de Estadísticas, Edición Electrónica, EUM ED.NET, 2006.
59. Schultz, Theodore. The Theory and Measurement of Demand, University of Chicago Press, USA, 1930.
60. Siegel, Sidney. Diseño Experimental No Paramétrico, Instituto cubano del libro, 1970.
61. Stephen, J, Schmidt; Econometría, Mc Graw - Hill. México, 2005.
62. Subbash, Sharma.: Applied Multivariate Techniques, ed. Hohn Wiley e Sons, Inc., 1996.
63. Sydsaeter, Knut; Hammond, Peter J, Matemáticas para el Análisis Económico, 2002.
64. Tari Guilló, Juan José. Calidad Total: Fuente de Ventaja Competitiva. Ed. Statgraphics. Alicante. España, 2011.
65. Tock, J. H. and Watson, M. W. Introduction to Econometrics, 2006, 2da Edition, Addison – Wesley.
66. Uriel, E.: Análisis de datos: Series temporales y Análisis Multivariante. Editorial AC, 1995.
67. Varela Marcelo, Virginia María. Algebra Lineal, 2002
68. Yamane Taro, Matemáticas para Economistas, Universidad de New York, 1976.
69. Zaertuche Luís, Federico. Revista de la Ingeniería Industrial. Academia Journals.com, Volumen 5, 2011



## BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

1. <http://www.google.com>  
Colunga y Solderma. Los costos de calidad, [Consulta: 12 Feb. 2010].
2. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?Ing=es>  
Álvarez M, Sarduy Y. Diagnóstico de evaluación económica en Cuba, [Consulta: 12 Feb. 2010].
3. <http://www.adobe.es>  
Valenzuela, J. El costo de la calidad para laboratorios, [Consulta: 16 Marzo 2010].
4. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?Ing=es>  
Gálvez A. María, Álvarez M, Sarduy Y, Morales M. Diagnóstico de la evaluación económica de la salud en Cuba, [Consulta: 12 Feb. 2010].
5. <http://www.thomsonparaninfo.com>  
M. Wooldridge, Jeffrey, [Consulta: 10 Abr. 2011].
6. <http://www.paraninfo.es>  
M. Wooldridge, Jeffrey, [Consulta: 16 Marzo 2010].
7. Cairo Cairo, Carmen. Procedimiento para la Gestión de los Costos de Calidad;  
[www.monografias.com/trabajos45/costo-de-calidad/costo-de-calidad.shtml](http://www.monografias.com/trabajos45/costo-de-calidad/costo-de-calidad.shtml), [Consulta: 21 Abr. 2011].
8. Pagella, Nelson. La importancia de los Costos de calidad; [www.articuloz.com/administracion-articulos/la-importancia-de-los-costos-de-la-calidad-1749712.html](http://www.articuloz.com/administracion-articulos/la-importancia-de-los-costos-de-la-calidad-1749712.html), [Consulta: 10 Mayo 2011].
9. Jiménez, Aguado Ricardo. ¿Qué es Costo de Calidad?  
[www.elprisma.com/apuntes/administracion\\_de\\_empresas](http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas), [Consulta: 10 Feb. 2011].
10. López Rodríguez, Mirian. Los Costos y el Control Total de la Calidad;  
[www.monografias.com/trabajos29/control-calidad-costos/control-calidad-costos.shtml](http://www.monografias.com/trabajos29/control-calidad-costos/control-calidad-costos.shtml), [Consulta: 10 Abr. 2011].
11. Esparragoza Alberto. Sistemas de calidad total y costos asociados en la calidad  
[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/ctcc.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/ctcc.htm), [Consulta: 10 Mayo 2011].
12. Saroza Hernández, Leydi. Los Costos de Calidad.  
[www.monografias.com/trabajos90/costos-calidad/costos-calidad.shtml](http://www.monografias.com/trabajos90/costos-calidad/costos-calidad.shtml), [Consulta: 10 Abr. 2011].
13. Pérez Esparragoza, Patricio. Diseño del Sistema de Costos de Calidad  
[www.monografias.com](http://www.monografias.com), [Consulta: 10 Abr. 2011].
14. Bécquer Oliva, Maritza; Sanchez Batista, Antonio. Sistemas de costos de calidad basado en procesos y actividades.  
[www.buenastareas.com/ensayos/sistemas-de-costos-de-calidad-basado/2629693.html](http://www.buenastareas.com/ensayos/sistemas-de-costos-de-calidad-basado/2629693.html), [Consulta: 10 Feb. 2011].
15. García Romero, Eduardo. Costos de Calidad ?En Cuba? Realidad y necesidad. Primera, segunda y tercera parte. [www.google.com.cu/ur/?sa=t&ret=j&q=Costos+de+calidad](http://www.google.com.cu/ur/?sa=t&ret=j&q=Costos+de+calidad), [Consulta: 13 Abr. 2009].
16. Hernández Concepción, Iliana ; Moreno Pina, Maura ; Ortiz Chavez, Yunelsy. Sistema de Gestión de costos de calidad basado en un enfoque de procesos y de sistemas.  
[www.eumed.net/ce/2011b/cpc.htm](http://www.eumed.net/ce/2011b/cpc.htm), [Consulta: 11 Abr. 2011].
17. M azorra Lopetey, Amilkar. Metodología simplificada para el cálculo de los costos de calidad.  
[www.eumed.net/currecon/ecolat/cu/2009/am/.html](http://www.eumed.net/currecon/ecolat/cu/2009/am/.html), [Consulta: 02 Mayo 2010].

ANEXOS

Anexo 1 Factores inter - sujetos

		Etiqueta del valor	N
Índice Ocupacional (X 11)	1,00	hasta 100	12
	2,00	101 - 120	13
	3,00	121 - 140	19
	4,00	141 - 160	34
	5,00	Mayor 160	30
Promedio de Estadía (X 22)	1,00	hasta 10	47
	2,00	10,1 - 12	38
	3,00	mayor 12	23
Índice de Rotación (X 33)	1,00	hasta 3	7
	2,00	3,1 - 5	57
	3,00	mayor 5	44
Intervalo de Sustitución (X 44)	1,00	hasta 1	11
	2,00	1,1 - 1,5	31
	3,00	1,51 - 2	25
	4,00	2,1 - 2,5	21
	5,00	mayor 2,5	20

## Anexo 2 Matriz de correlaciones para el modelo obtenido

		Costos de prevención (\$)	Costos de evaluación (\$)	Costos Fallos internos (\$)	Costos Fallos externos (\$)	Índice Ocupacional (%)	Honorio de estada (das)	Índice de rotación (%)	Intervalo de sustitución (das)
<b>COR</b>	Costos de prevención	1,000	0,792	0,972	0,972	0,853	0,767	-0,356	0,246
	Costos de evaluación	0,792	1,000	0,805	0,805	0,670	0,967	-0,354	0,294
	Costos Fallos internos	0,972	0,805	1,000	0,997	0,831	0,786	-0,360	0,311
	Costos Fallos externos	0,972	0,805	0,997	1,000	0,839	0,785	-0,359	0,302
	Índice Ocupacional	0,853	0,670	0,831	0,839	1,000	0,620	-0,225	0,197
	Honorio de estada	0,767	0,967	0,786	0,785	0,620	1,000	-0,337	0,312
	Índice de rotación	-0,356	-0,354	-0,360	-0,359	-0,225	-0,337	1,000	-0,209
	Intervalo de sustitución	0,246	0,294	0,311	0,302	0,197	0,312	-0,209	1,000
<b>b.SI</b>	Costos de prevención	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
	Costos de evaluación	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Costos Fallos internos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Costos Fallos externos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Índice Ocupacional	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020
	Honorio de estada	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Índice de rotación	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,015
	Intervalo de sustitución	0,005	0,001	0,001	0,001	0,020	0,001	0,015	

a) Determinante = 1,05E006

**Anexo 3 Análisis de varianza del modelo obtenido**

**I - Parte**

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F <sup>(1)</sup>
Pillais	1,51763	15,74265	16,00	412,00	,000
Hotellings	21,87134	134,64541	16,00	394,00	,000
Wilks	,02188	47,72750	16,00	306,14	,000
Roys	,95427				

Nota. El estadístico F para Lambda de Wilks es exacto.

Eigenvalores y Correlación canónica

Root No.	Eigenvalues <sup>(1.1)</sup>	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.	Sq. Cor <sup>(1.4)</sup>
1	20,868	95,414	95,414	,977	,954
2	,907	4,147	99,561	,690	,476
3	,096	,437	99,998	,295	,087
4	,000	,002	100,000	,021	,000

Variable	Sq. Mul. R <sup>(1.3)</sup>	Adj. R-sq.	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F <sup>(1.2)</sup>
y1	,82885	,82220	38621875,27	309708,323	124,704	,000
y2	,94454	,94239	994,7	2,268	438,560	,000
y3	,82172	,81479	69184566,77	582932,722	118,683	,000
y4	,82817	,82150	108405841,40	873491,25	124,106	,000

**II-Parte** Coeficientes Canónicos para las variables dependientes

Variable	Function No.			
	1	2	3	4
y1	,000	,001	,003	-,002
y2	,128	-,223	,082	,011
y3	,000	-,002	-,005	-,006
y4	,000	,001	,002	,006

Ponderaciones canónicas para las cuatro funciones canónicas (variables dependientes)

Variable <sup>(2.1)</sup>	Function No.			
	1	2	3	4
y1	-,116	1,536	3,406	-2,107
y2	-,802	-1,397	,513	,068
y3	,193	-2,838	-8,265	-11,052
y4	-,313	2,893	4,316	13,045

**Correlación entre las variables dependientes y sus valores teóricos canónicos  
(Cargas canónicas o correlación de estructura) para las variables dependientes**

Variable <sup>(2.2)</sup>	Function No.			
	1	2	3	4
y1	-,868	,482	-,027	-,119
y2	-,990	-,138	,027	-,002
y3	-,878	,415	-,238	-,034
y4	-,879	,430	-,206	,028

Varianza en las variables dependientes explicada por las variables canónicas

CAN. VAR.	Pct Var DE	Cum Pct DE	Pct Var CO	Cum Pct CO <sup>(2.3)</sup>
1	81,873	81,873	78,129	78,129
2	15,208	97,081	7,233	85,362
3	2,516	99,597	,220	85,582
4	,403	100,000	,000	85,582

Coefficientes canónicas par las covariables o variables independientes

COVARIATE	Function No.			
	1	2	3	4
x1	-,009	,045	,000	,009
x2	-,184	-,225	,074	,042
x3	,054	-,190	-,007	1,189
x4	,009	-,043	-1,591	,171

Ponderaciones canónicas para las cuatro funciones canónicas (Covariables)

COVARIATE <sup>(2.4)</sup>	CAN. VAR.			
	1	2	3	4
x1	-,239	1,230	-,006	,235
x2	-,819	-1,003	,331	,188
x3	,048	-,169	-,006	1,055
x4	,006	-,029	-1,053	,113

Correlación entre las covariables y sus valores teóricos canónicos

(Cargas canónicas o correlación de estructura) para las covariables

Covariate <sup>(2.5)</sup>	CAN. VAR.			
	1	2	3	4
x1	-,756	,640	-,007	,137
x2	-,981	-,193	,001	,014
x3	,376	-,102	,104	,915
x4	-,306	-,064	-,950	-,002

Varianza en las covariables explicada por las variables canónicas

CAN. VAR.	Pct Var DE	Cum Pct DE	Pct Var CO	Cum Pct CO <sup>(2.6)</sup>
1	42,204	42,204	44,227	44,227
2	5,489	47,693	11,540	55,767
3	1,993	49,686	22,826	78,593
4	,010	49,695	21,407	100,000

III- Parte

Multivariate Tests of Significance (S = 1, M = 1, N = 49)

Test Name	Value	Exact F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F <sup>(3.1)</sup>
Pillais	,52618	27,76319	4,00	100,00	,000
Hotellings	1,11053	27,76319	4,00	100,00	,000
Wilks	,47382	27,76319	4,00	100,00	,000
Roys	,52618				

Cargas cruzadas canónicas <sup>(3.2)</sup>

Correlations Between the 'dependent' Variables and the Canonical Variables of the 'independent' Variables

	W 1	W 2	W 3	W 4
Y 1	0.8474	-0.3326	0.0080	-0.0025
Y 2	0.9672	0.0950	-0.0080	-0.0000
Y 3	0.8573	-0.2860	0.0703	-0.0007
Y 4	0.8582	-0.2965	0.0609	0.0006

Correlations Between the independent Variables and the Canonical Variables of the dependent Variables

	V 1	V 2	V 3	V 4
X 1	0.7383	-0.4416	0.0021	0.0029
X 2	0.9584	0.1332	-0.0003	0.0003
X 3	-0.3676	0.0700	-0.0306	0.0196
X 4	0.2990	0.0438	0.2806	-0.0000

---

**Anexo 4 Cálculo del índice de redundancia para la primera función canónica del modelo obtenido**

	Carga canónica Variables (CC)	CC <sup>2</sup>	Carga media elevada al cuadrado	R <sup>2</sup> Canónico	Índice de redundancia
<b>Variables dependientes</b>					
Y <sub>1</sub>	-0,868	0,753			
Y <sub>2</sub>	-0,990	0,980			
Y <sub>3</sub>	-0,878	0,771			
Y <sub>4</sub>	-0,879	0,773			
<b>Valor Teórico dependiente</b>		3,277	0,819	0,954 <sup>(1.4)</sup>	0,782
<b>Variables independientes</b>					
X <sub>1</sub>	-0,756	0,572			
X <sub>2</sub>	-0,981	0,962			
X <sub>3</sub>	0,376	0,141			
X <sub>4</sub>	-0,306	0,094			
<b>Valor Teórico independiente</b>		1,769	0,442	0,954	0,422

Índice de redundancia, se calcula como la carga media elevada al cuadrado por R<sup>2</sup> canónico

### Anexo 5 Matriz de correlaciones para la submuestra No. 1

	Costos de prevención	Costos de evaluación	Costos Fallos internos	Costos Fallos externos	Índice Ocupacional	Honrado de estada	Indice de rotación	Intervalo de sustitución	
Corre	Costos de prevención	1,00	0,745	0,970	0,969	0,824	0,750	-0,272	0,137
	Costos de evaluación	0,745	1,00	0,753	0,753	0,609	0,971	-0,420	0,225
	Costos Fallos internos	0,970	0,753	1,00	0,997	0,809	0,739	-0,258	0,198
	Costos Fallos externos	0,969	0,753	0,997	1,00	0,817	0,738	-0,261	0,186
	Índice Ocupacional	0,824	0,609	0,809	0,817	1,00	0,570	-0,133	0,110
	Honrado de estada	0,750	0,971	0,739	0,738	0,570	1,00	-0,250	0,197
	Indice de rotación	-0,272	-0,420	-0,258	-0,261	-0,133	-0,250	1,00	-0,180
	Intervalo de sustitución	0,137	0,225	0,198	0,186	0,110	0,197	-0,180	1,00
	Sig. (U	Costos de prevención		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
Costos de evaluación		0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,022
Costos Fallos internos		0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,010	0,039
Costos Fallos externos		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,010	0,049
Índice Ocupacional		0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,120	0,165
Honrado de estada		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,013	0,040
Indice de rotación		0,007	0,016	0,010	0,010	0,120	0,013		0,055
Intervalo de sustitución		0,113	0,022	0,039	0,049	0,165	0,040	0,055	

(a) Determinante = 1,79E006



**Anexo 6 Análisis de la varianza Submuestra No.1**

**I - PARTE**

Multivariate Tests of Significance (S = 4, M = -1/2, N = 35)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F <sup>(1)</sup>	Canon Cor.	Sq. Cor
Pillais	1,53128	11,63015	16,00	300,00	,000	,977	,955 <sup>(1,4)</sup>
Hotellings	22,29762	98,24888	16,00	282,00	,000	,706	,498
Wilks	,02080	35,17261	16,00	220,60	,000	,279	,078
Roys	,95500					,022	,000

Variable	Sq. Mul. R <sup>(1,3)</sup>	Adj. R-sq.	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F <sup>(1,2)</sup>
y1	,78927	,77803	22911872,90	326256,811	70,226	,000
y2	,94887	,94614	691,03	1,985	347,972	,000
y3	,77776	,76590	39211071,10	597576,072	65,616	,000
y4	,78587	,77445	61763932,61	897548,318	68,814	,000

**II-Parte Ponderaciones canónicas para las cuatro funciones canónicas (var. dependientes)**

Variable <sup>(2,1)</sup>	Function No.		
	1	2	3
y1	,066	1,325	3,153
y2	,865	-1,197	,377
y3	,010	-3,077	-8,821
y4	,096	3,213	5,240

**Correlación entre las variables dependientes y sus valores teóricos canónicos (Cargas canónicas o correlación de estructura) para las variables dependientes**

Variable <sup>(2,2)</sup>	Function No.		
	1	2	3
y1	,813	,563	-,042
y2	,994	-,107	,030
y3	,821	,510	-,256
y4	,821	,528	-,216

**Varianza en las variables dependientes explicadas por las variables canónicas**

CAN. VAR.	Pct Var DE	Cum Pct DE	Pct Var CO	Cum Pct CO <sup>(2,3)</sup>
1	74,896	74,896	71,525	71,525
2	21,687	96,582	10,795	82,320
3	2,868	99,450	,224	82,544

**Ponderaciones canónicas para las cuatro funciones canónicas (Covariables)**

COVARIATE <sup>(2,4)</sup>	CAN. VAR.		
	1	2	3
x1	,177	1,165	-,203
x2	,878	-,834	,305
x3	-,010	-,244	-,259
x4	,034	-,150	-1,007

**Correlación entre las variables independientes y sus variables canónicas  
(Cargas canónicas o correlación de estructura) para las covariables**

Covariate <sup>(2.5)</sup>	CAN. VAR.		
	1	2	3
x1	,683	,706	-,106
x2	,989	-,139	,056
x3	-,259	-,164	-,128
x4	,229	-,142	-,922

-----  
Variance in covariates explained by canonical variables

CAN. VAR.	Pct Var DE	Cum Pct DE	Pct Var CO	Cum Pct CO <sup>(2.6)</sup>
1	37,325	37,325	39,084	39,084
2	7,028	44,353	14,118	53,203
3	1,719	46,072	22,034	75,236

-----

Anexo 7 Cálculo del índice de redundancia para la primera función canónica

Submuestra No.1 Variables	Carga				Índice de redundancia
	Carga canónica (CC)	CC <sup>2</sup>	Carga media elevada al cuadrado	R <sup>2</sup> Canónico	
<b>Variables dependientes</b>					
Y <sub>1</sub>	0.813	0.661			
Y <sub>2</sub>	0.994	0.988			
Y <sub>3</sub>	0.821	0.674			
Y <sub>4</sub>	0.821	0.674			
Valor Teórico dependiente		2.997	0.749	0.955 <sup>(1.4)</sup>	0.716
<b>Variables independientes</b>					
X <sub>1</sub>	0.683	0.466			
X <sub>2</sub>	0.989	0.978			
X <sub>3</sub>	0.259	0.067			
X <sub>4</sub>	0.229	0.052			
Valor Teórico independiente		1.564	0.391	0.955	0.373

Índice de redundancia, se calcula como la carga media elevada al cuadrado por R<sup>2</sup> canónico

## Anexo 8 Matriz de Correlaciones para la Submuestra No 2

	Costos de prevención	Costos de evaluación	Costos Fallos internos	Costos Fallos externos	Índice Ocupacional	Honrado de estada	Índice de rotación	Intervalo de sustitución	
Sig.	Costos de prevención	1,000	0,745	0,970	0,969	0,824	0,730	-0,212	0,137
	Costos de evaluación	0,745	1,000	0,753	0,753	0,669	0,971	-0,240	0,225
	Costos Fallos internos	0,970	0,753	1,000	0,997	0,809	0,739	-0,258	0,198
	Costos Fallos externos	0,969	0,753	0,997	1,000	0,817	0,738	-0,261	0,186
	Índice Ocupacional	0,824	0,669	0,809	0,817	1,000	0,570	-0,133	0,110
	Honrado de estada	0,730	0,971	0,739	0,738	0,570	1,000	-0,250	0,197
	Índice de rotación	-0,212	-0,240	-0,258	-0,261	-0,133	-0,250	1,000	-0,180
	Intervalo de sustitución	0,137	0,225	0,198	0,186	0,110	0,197	-0,180	1,000
	Costos de prevención		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,113
	Costos de evaluación	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,022
	Costos Fallos internos	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,010	0,039
	Costos Fallos externos	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,010	0,049
	Índice Ocupacional	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,120	0,165
	Honrado de estada	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,013	0,040
Índice de rotación	0,007	0,016	0,010	0,010	0,120	0,013		0,055	
Intervalo de sustitución	0,113	0,022	0,039	0,049	0,165	0,040	0,055		

(a) Determinante = 1,30E06

**Anexo 9 Submuestra No.2**

**I - PARTE Análisis de varianza**

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F <sup>(1)</sup>	Canon Cor.	Sq. Cor <sup>(1,4)</sup>
Pillais	1,565666	12,05920	16,00	300,00	,000	,977	,955
Hotellings	22,10276	97,39028	16,00	282,00	,000	,694	,482
Wilks	,02048	35,43929	16,00	220,60	,000	,359	,129
Roys	,95460					,011	,000

Variable	Sq. Mul. R <sup>(1.3)</sup>	Adj. R-sq.	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F <sup>(1.2)</sup>
y1	,79606	,78519	25956837,69	354649,123	73,190	,000
y2	,94499	,94205	786,51	2,442	322,072	,000
y3	,79382	,78282	49272234,57	682540,534	72,189	,000
y4	,80168	,79111	77101545,18	1017219,835	75,796	,000

**II-Parte Ponderaciones canónicas para las cuatros funciones canónicas (var. dependientes)**

Variable <sup>(2.1)</sup>	Function No.		
	1	2	3
y1	,091	1,294	2,699
y2	,826	-1,221	,517
y3	-,047	-4,078	-9,388
y4	,172	4,231	6,126

**Correlación entre las variables dependientes y sus valores teóricos canónicos  
(Cargas canónicas o correlación de estructura) para las variables dependientes**

Variable <sup>(2.2)</sup>	Function No.		
	1	2	3
y1	,832	,528	-,058
y2	,990	-,132	,040
y3	,847	,455	-,275
y4	,848	,475	-,235

**Varianza en las variables dependientes explicadas por sus variables canónicas**

CAN. VAR.	Pct Var DE	Cum Pct DE	Pct Var CO	Cum Pct CO <sup>(2.3)</sup>
1	77,728	77,728	74,198	74,198
2	18,211	95,939	8,777	82,976
3	3,396	99,334	,438	83,414

**Ponderaciones canónicas para las cuatro funciones canónicas (Covariables)**

COVARIATE <sup>(2.4)</sup>	CAN. VAR.		
	1	2	3
x1	,190	1,163	-,042
x2	,864	-,832	,446
x3	-,038	-,241	-,121
x4	,014	-,134	-1,103

**Correlaciones entre las variables independientes y sus variables canónicas  
(Cargas canónicas o correlación de estructura) para las covariables**

Covariate <sup>(2.5)</sup>	CAN. VAR.		
	1	2	3
x1	,681	,707	-,062
x2	,987	-,160	,032
x3	-,348	-,139	,096
x4	,411	-,076	-,902

-----  
**Varianza en las variables independientes explicadas por sus variables canónicas**

CAN. VAR.	Pct Var DE	Cum Pct DE	Pct Var CO	Cum Pct CO <sup>(2.6)</sup>
1	41,216	41,216	43,177	43,177
2	6,642	47,858	13,780	56,956
3	2,669	50,526	20,692	77,649

-----

Anexo 10 Cálculo del índice de redundancia para la primera función canónica

Submuestra No.2 Variables	Carga canónica (CC)	CC <sup>2</sup>	Carga media elevada al cuadrado	R <sup>2</sup> Canónico	Índice de redundancia
<b>Variables dependientes</b>					
Y <sub>1</sub>	0.832	0.692			
Y <sub>2</sub>	0.990	0.980			
Y <sub>3</sub>	0.847	0.717			
Y <sub>4</sub>	0.848	0.719			
Valor Teórico dependiente		3.109	0.777	0.955 <sup>(1.4)</sup>	0.742
<b>Variables independientes</b>					
X <sub>1</sub>	0.681	0.464			
X <sub>2</sub>	0.987	0.974			
X <sub>3</sub>	0.348	0.121			
X <sub>4</sub>	0.411	0.169			
Valor Teórico independiente		1.728	0.432	0.955	0.413

Índice de redundancia, se calcula como la carga media elevada al cuadrado por R<sup>2</sup> canónico

**Anexo 11 Estimación de los costos de calidad**

$U_1$	$V_1$	$U_1$	$V_1$	$U_1$	$V_1$
4026,28	15296,36	5195,55	20009,19	5520,14	22074,90
4649,23	17077,22	5230,62	20773,79	6127,63	24832,64
4959,19	18827,65	5505,41	23242,69	5510,42	25269,64
5207,15	20527,73	6113,96	26525,47	4649,32	18168,61
5242,19	21511,27	5555,95	22581,60	5032,77	18388,16
5517,08	24819,96	4753,61	22793,77	4653,29	16544,71
6137,14	28385,98	5032,91	22685,22	6198,87	26993,23
5579,09	28894,74	4827,28	22029,67	6592,27	26746,81
4649,24	28108,66	6198,98	25558,48	6064,02	24335,58
5021,18	20317,66	6579,65	26746,81	6878,25	24571,21
4711,22	16536,49	6074,59	25071,22	6486,84	26148,48
6198,98	29855,58	6888,99	24518,57	5097,65	20059,50
6580,66	31755,85	6419,01	27281,81	6463,52	26938,51
6087,11	27933,53	5088,49	19781,27	7228,25	29673,10
6901,67	27429,93	6496,13	26087,22	7110,05	28754,98
6498,40	31075,84	7331,52	29890,38	5868,08	30453,56
5100,02	20009,66	7146,05	28264,55	9000,15	36833,38
6498,29	30666,92	5896,79	30453,56	8951,40	36400,37
7321,06	33926,18	9014,63	35236,85	6016,47	26560,94
7156,46	31556,21	8987,21	35228,09	6654,30	28931,98
5856,38	32171,20	5906,06	25129,42	5734,08	25419,47
9130,69	36848,84	6712,09	26724,17	5670,43	25883,56
9130,65	36847,29	5614,73	23612,08	8605,76	36620,63
6004,86	25841,41	5701,87	25144,33	6654,10	27985,22
6642,65	30853,57	8652,35	33042,74	5463,37	23873,48
5614,62	23604,90	6654,22	27263,03	6945,88	31114,98
5693,70	25144,33	5445,18	22647,41	6334,09	26037,71
8698,72	36477,52	6949,07	28691,83	5219,52	20821,28
6642,65	30991,39	6268,30	26039,03	7026,55	30860,57
5456,47	22643,82	5242,57	19949,64	7524,12	34260,87
6958,98	31132,34	6991,73	29630,02	7263,94	32559,95
6326,35	27275,80	7524,13	31184,49		
5219,24	19660,29	7263,63	28698,21		
7038,06	31572,56	4014,69	15250,91		
7512,52	32530,95	4672,00	18597,86		
7275,28	34197,79	4970,79	19207,48		
4016,87	15345,40	5195,57	21526,85		
4648,60	15770,86	5242,30	22757,18		
4958,55	18373,75				

**Anexo 12 Coeficientes del análisis de Regresión Lineal ( $U_1, V_1$ )**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig
	B	Error tip.	Beta		
(Constante)	1080,757	238,888		4,524	,000
B1	,195	,009	,905!	21,861	,000