



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Propuesta de un índice de calidad institucional asociado con los riesgos en las prácticas en hemodiálisis**

**Claudia Cecilia Chacón Mendoza**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Bogotá D.C., Colombia

2013



# **Propuesta de un índice de calidad institucional asociado con los riesgos en las prácticas en hemodiálisis**

**Claudia Cecilia Chacón Mendoza**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Epidemiología Clínica**

Director:

Pedro Nel Pacheco

Línea de Investigación:

Gestión en salud

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de medicina

Bogotá D.C., Colombia

2013



## **Agradecimientos**

A la empresa Fresenius Medical Care por permitirme disponer de la información con la cual pude realizar este trabajo y por su apoyo para la realización del mismo, en especial para Claudia Birchenall por toda su colaboración.



## Resumen

En este trabajo se realizaron dos índices multidimensionales con los cuales se busca medir la calidad en centros de hemodiálisis basándose en las prácticas institucionales. Materiales y métodos: El primer índice se construyó siguiendo la metodología propuesta por Mendelssohn et al. [3], que utiliza como insumos para su construcción, los riesgos estimados a partir de un modelo de regresión de Cox, este índice incluyó dos prácticas institucionales por su significancia estadística, otra práctica, la hemoglobina a pesar de ser significativa fue excluida por incumplir el supuesto de riesgos proporcionales. Este fue el motivo que llevo a realizar otros tipos de modelos que omiten este supuesto, como son el modelo aditivo de Aalen, modelos con covariables dependientes del tiempo y el modelo paramétrico Gaussiano. Aún así los anteriores modelos no presentaron ganancia en cuanto adicionar prácticas institucionales para la construcción de índice. El segundo índice propuesto se desarrollo a partir de la metodología de componentes principales. La propuesta de construir un segundo indicador utilizando componentes principales, surgió como ya se mencionó, debido a que el modelo de Cox incluyó dos prácticas institucionales, nivel de fósforo y uso de catéter, además de su baja capacidad de discriminación debido a que sólo toma cuatro valores dificultando la comparación entre instituciones. El índice obtenido con componentes principales incluyó cinco prácticas, dosis de diálisis (Kt/V), hemoglobina (HGB), albúmina, calcio y uso de catéter. La información utilizada en los distintos análisis presentados, corresponde a la base de datos de pacientes que se encontraban recibiendo tratamiento de hemodiálisis en las instituciones de la empresa Fresenius Medical Care Colombia, entre Enero de 2009 y Marzo de 2011. Posterior a los procesos de filtrado de la información, se contó con la información de 2,864 pacientes para realizar los análisis. Las prácticas institucionales consideradas para el estudio, de acuerdo a la información disponible, fueron: Dosis de diálisis (Kt/V), hemoglobina (HGB), albúmina, calcio, fósforo y uso de catéter.

**Palabras clave:** Índice de calidad multidimensional, hemodiálisis, modelos de sobrevivencia, hazard ratio, componentes principales.

## Abstract

In this work we performed two multidimensional index which seeks to measure the quality in hemodialysis centers based on facility practices. Materials and methods: The first index is constructed following the methodology proposed by Mendelsohn et al. [3], which uses as inputs for its construction, the estimated risks from a Cox regression model, this index included two institutional practices for its statistical significance, a practical, hemoglobin despite being significant was excluded for failing The proportional hazards assumption. This was the reason that led to perform other types of models that omit this course, as are the Aalen additive model, models with time-dependent covariates and parametric Gaussian model. Yet previous models showed no gain in adding construction practices to index. The second index proposed development from the principal components methodology. The proposal to build a second indicator using principal components emerged as already mentioned, because the Cox model included two institutional practices, phosphorus levels and catheter use, in addition to their low capacity for discrimination because it only takes four difficult to compare values between institutions. The index obtained with major components included five practices, dialysis dose ( $Kt / V$ ), hemoglobin (HGB), albumin, calcium and catheter use. The information used in the various analyzes presented, corresponding to the database of patients who were receiving hemodialysis treatment in the institutions of the Fresenius Medical Care Colombia, between January 2009 and March 2011. Following filtering processes the information, the information had 2,864 patients for analysis. Institutional practices considered for the study, according to the information available, were: dialysis dose ( $Kt / V$ ), hemoglobin (HGB), albumin, calcium, phosphorus and catheter use.

**Keywords:** Multidimensional quality index, hemodialysis, survival models, hazard ratio, principal components.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XII</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
Búsqueda sistemática: .....	6
<b>1. Marco teórico</b> .....	<b>9</b>
1.1 La hemodiálisis .....	9
1.2 Insuficiencia renal en Colombia y el mundo .....	10
1.3 Indicadores de calidad institucional.....	11
1.4 Indicadores de calidad en hemodiálisis con base en los procedimientos o prácticas clínicas .....	12
1.5 Puntaje de riesgo relacionado con la práctica (PRS) .....	13
1.5.1 Forma de cálculo del PRS.....	15
1.6 Modelo de regresión de Cox .....	18
1.7 Función de riesgo (Hazard).....	19
1.8 Modelo aditivo de Aalen.....	20
1.9 Modelos paramétricos para la estimación de riesgos.....	20
1.10 Modelos de Cox con covariables dependientes del tiempo .....	22
1.11 Componentes principales .....	22
<b>2. Resultados</b> .....	<b>25</b>
2.1 Evaluación de sesgos .....	25
2.2 Descripción de la base.....	28
2.3 Selección de las prácticas institucionales a partir de modelos de mortalidad ..	28
2.4 Índice a partir de Modelos de Cox.....	30
2.4.1 Modelo de Cox con prácticas institucionales categorizadas .....	30
2.4.1.1 Evaluación del índice obtenido con el modelo de Cox .....	33
2.4.2 Modelo de Cox con prácticas institucionales continuas .....	35
2.5 Modelos alternativos al incumplimiento del supuesto de riesgos proporcionales.....	36
2.5.1 Modelo aditivo de Aalen .....	36
2.5.2 Modelos de Cox con variable dependiente del tiempo.....	37
2.5.3 Modelo paramétrico .....	38
2.6 Índice a partir de componentes principales: Propuesta definitiva .....	41
2.6.1 Evaluación del índice obtenido con componentes principales .....	45

<b>3. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>51</b>
3.1 Conclusiones.....	51
3.2 Recomendaciones.....	52
<b>A. Anexo: Resultado de los modelos de regresión logística correspondientes a cada práctica manejadas como variable continua .....</b>	<b>55</b>
<b>B. Anexo: Resultado de los modelos de regresión logística correspondientes a cada práctica manejadas como variables categóricas.....</b>	<b>57</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>59</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1-1: Función de riesgo estimada versus el tiempo para algunas distribuciones paramétricas. ....	21
Figura 2-1: Diagrama de flujo. ....	27
Figura 2-2: Box plot de las prácticas institucionales. ....	30
Figura 2-3: Función de riesgo versus el tiempo. ....	39
Figura 2-4: Ordenamiento de las instituciones según el valor del índice, resultados de las 100 simulaciones.....	47

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1-1: Estructura de la base incluyendo las variables institucionales asociadas a las prácticas. ....	15
Tabla 1-2: Categorización del porcentaje de pacientes en cada una de las prácticas clínicas. ....	16
Tabla 1-3: Resultados del PRS, estudio Mendelsohn et al. [3]. ....	17
Tabla 2-1: Estadísticas descriptivas de las mediciones clínicas. ....	28
Tabla 2-2: Resultados del modelo completo con las prácticas categorizadas. ....	31
Tabla 2-3: Resultados con las prácticas categorizadas del modelo con mejor ajuste por el criterio de AIC. ....	31
Tabla 2-4: Prueba de riesgos proporcionales. ....	31
Tabla 2-5: Prueba de riesgos proporcionales sin hemoglobina. ....	32
Tabla 2-6: Resultados del modelo de Cox final. ....	32
Tabla 2-7: Prueba de normalidad Shapiro-Francia. ....	34
Tabla 2-8: Correlación entre el índice de Cox y los indicadores unidimensionales. ....	35
Tabla 2-9: Resultados del modelo completo con las prácticas continuas. ....	35
Tabla 2-10: Resultados con las prácticas continuas del modelo con mejor ajuste por el criterio de AIC. ....	35
Tabla 2-11: Prueba de riesgos proporcionales. ....	36
Tabla 2-12: Resultados del modelo de Aalen con las prácticas continuas. ....	37
Tabla 2-13: Resultados del modelo de Aalen con las prácticas categorizadas. ....	37
Tabla 2-14: Modelo con prácticas continuas y el uso de hemoglobina como variable dependiente del tiempo. ....	38
Tabla 2-15: Modelo con prácticas categóricas y el uso de hemoglobina como variable dependiente del tiempo. ....	38
Tabla 2-16: Modelo Gaussiano con prácticas categóricas. ....	40
Tabla 2-17: Mejor Modelo por el criterio de AIC. ....	40
Tabla 2-18: Modelo Gaussiano con prácticas continuas. ....	41
Tabla 2-19: Mejor Gaussiano modelo por el criterio AIC. ....	41
Tabla 2-20: Matriz de correlaciones. ....	43
Tabla 2-21: Valores propios. ....	43
Tabla 2-22: Vectores propios. ....	44
Tabla 2-23: Prueba Alpha de Cronbach. ....	44
Tabla 2-24: Estadísticas de las ponderaciones en las 100 simulaciones. ....	46
Tabla 2-25: Intervalos de confianza del 95% para la media de las ponderaciones. ....	47
Tabla 2-26: OR asociados a los valores 50 y 55 de índice. ....	48

---

Tabla 2-27: Correlación entre el índice de Componentes y los indicadores unidimensionales.....	49
Tabla 2-28: Correlación entre el índice PRS y los indicadores unidimensionales. ....	49



# Introducción

Dos hechos han aumentado el interés por evaluar la calidad de los servicios brindados en el tratamiento de hemodiálisis, el primero, la hemodiálisis es una de las principales alternativas utilizadas para tratar la enfermedad renal crónica, y el segundo hecho, es que aunque actualmente existen dos grandes empresas encargadas de la prestación del servicio de diálisis, estas tienen a su cargo centro o instituciones de su propiedad o en convenio encargadas de esta labor que cuentan con cierta independencia en el manejo de los pacientes. El interés de este trabajo se centra en mejorar la calidad del servicio en pro de reducir la mortalidad asociada a la enfermedad y tratamiento, realizando una evaluación a las prácticas institucionales por medio de un índice multidimensional. En la actualidad existen indicadores unidimensionales como la dosis de diálisis ( $Kt/V$ ), la hemoglobina, el calcio, la hormona paratiroidea, la tensión arterial sistólica y el uso de catéter, pero sus resultados pueden generar discrepancias al momento de tomar una decisión, por ello surge la idea de generar un índice compuesto, que recopile la mayor cantidad de información que aporta cada uno de esos índices unidimensionales. Una propuesta en este sentido fue planteada por un grupo de nefrólogos canadienses con la colaboración de Arbor Research Collaborative for Health, quienes a partir de la información del estudio DOPPS presentaron un índice de calidad para unidades de diálisis, llamado puntaje de riesgo relacionado con la práctica (PRS) que se aplicó en Francia, Alemania, Italia, Japón, España, el Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Bélgica, Canadá, Nueva Zelanda y Suecia. En Colombia recientemente se están utilizando los ponderadores resultantes de este estudio, pero esto supone que el comportamiento de las poblaciones es similar en cuanto al riesgo de mortalidad asociado a las prácticas institucionales. Por lo tanto, en este trabajo se planteó con los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** Generar un índice de calidad multidimensional basado en las prácticas institucionales.

**Objetivos específicos:**

1. Construir un índice de calidad multidimensional con base en las prácticas institucionales siguiendo la metodología del PRS propuesta por Mendelsohn et al.[3].
2. Utilizar otra metodología como alternativa para la construcción del índice en caso de que no sea posible replicar la metodología.
3. Evaluar los índices obtenidos.

**Metodología:**

Este trabajo se desarrolló a partir de la técnica utilizada por Mendelsohn et al. [3], el cual se basa en la construcción de un modelo de Cox de tipo anidado, debido a que incluye variables del individuo y de la institución a la que pertenece, que son las llamadas prácticas institucionales. El índice de calidad es el producto de los Hazard Ratio estimados con el modelo de Cox para cada práctica. Se realizaron modificaciones como la exclusión de algunas comorbilidades y la raza por no contar con esa información, además se realizaron cambios en las categorías planteadas en Mendelsohn et al. [3] para el manejo de las prácticas institucionales debido a que las distribuciones de las variables observadas en la población de este estudio fueron distintas.

El primer paso siguiendo la metodología de Mendelsohn et al.[3], fue seleccionar las prácticas institucionales que debían ingresar al modelo de Cox, el criterio es que debían estar asociadas a mortalidad, dicha relación se evaluó a partir de modelos de regresión logística para cada una de las prácticas controlando por las variables demográficas del paciente, este ejercicio permitió de forma simultánea identificar las categorías que presentaban diferencias en el riesgo de mortalidad y que se ajustaban a la distribución de la población estudiada, el resultados de esta categorización fue muy distinto al planteado en el artículo original, eso dio lugar a plantear un segundo escenario en el que las prácticas fueron utilizadas como variables continuas. Las variables institucionales o prácticas institucionales están definidas como el porcentaje de pacientes en el nivel correcto de cada práctica en la institución.



Se procedió con la construcción de los modelos de Cox para los dos escenarios y a la verificación del supuesto de riesgos proporcionales. Ante el incumplimiento de este supuesto se tienen las siguientes alternativas:

1. Realizar el modelo estratificando por las variables que incumplan el supuesto, lo que permite corregir el sesgo en la estimación de parámetros, pero con el inconveniente de que no existiría el parámetro que permitiera estimar el efecto de la covariable de estratificación que es un elemento necesario para la construcción del índice.
2. Utilizar el modelo aditivo de Aalen que omite el supuesto de proporcionalidad.
3. Manejar las covariables como variables dependientes del tiempo.
4. Uso de modelos paramétricos que permitan el cálculo de riesgos asociados a las covariables.

La hemoglobina incumplió el supuesto de riesgos proporcionales así que se utilizó como alternativa el modelo aditivo de Aalen, este método incluyó una práctica institucional por el nivel de significancia lo que impedía la construcción del índice multidimensional. De igual forma, con el uso de modelos paramétricos y covariables dependientes del tiempo no se logró incluir más prácticas institucionales de la que se tenían con los modelos de Cox. En vista de este inconveniente se propuso el uso de componentes principales como método alternativo para la construcción del indicador.

El paso final fue la evaluación de la validez de contenido y la validez convergente de los indicadores resultantes con los modelos de Cox y el método de componentes principales. No fue posible evaluar la validez de criterio al no contar con un patrón de oro.

Diseño del estudio:

El estudio es de tipo longitudinal analítico y observacional, basado en la información de una cohorte dinámica retrospectiva de pacientes que han recibido tratamientos de hemodiálisis, cuya información clínica y demográfica se encontraba disponible para el periodo Enero 2009-Marzo 2011, es de tipo dinámico debido a que durante el periodo de estudio hubo ingreso nuevos pacientes y retiro de otros por circunstancias diferentes al fallecimiento. Las variables que contiene esta base son: Código de identificación de los

pacientes, código de la institución, municipio de residencia, régimen de afiliación a salud, fecha de nacimiento, fecha de inicio de tratamiento, fecha de retiro o fallecimiento, causa de muerte CIE 10, sexo, y los resultados de todas las mediciones realizadas durante el periodo de estudio para: Kt/V, hemoglobina, albumina, fósforo, calcio, hipertensión, diabetes y acceso vascular. La fecha Enero de 2009 se estableció debido a que a partir de ese momento la empresa inicio un nuevo proceso de recolección de información, a pesar de ello, hay una gran pérdida de información debido a que las muestras médicas de los pacientes no son recolectadas o sistematizadas mensualmente en cada institución debido a que es un proceso acordado recientemente, en el diagrama de flujo de la figura 2-1 se evidencia que esta pérdida es cercana al 40%. Las muestras tomadas en las instituciones son enviadas a los laboratorios proveedores y estos envían los resultados a la empresa en donde un grupo de analistas verifica la información y la consolida en bases mensuales. La empresa hizo entrega de las 27 bases de datos correspondientes a los meses del periodo de estudio para la realización de este trabajo, estas fueron vinculadas para reconstruir la secuencia temporal de cada paciente, y generar una base única con las últimas mediciones realizadas a cada paciente que son el insumo para este estudio.

Hipótesis operativas:

La hipótesis nula es la no asociación entre las prácticas institucionales modificables en hemodiálisis y la supervivencia del paciente. Entre esas prácticas se encuentran Kt/V mayor o igual a 1.2, hemoglobina mayor o igual a 11 g/dl, albúmina mayor o igual a 4.0 g/dl, fósforo de 3.5 a 5.5 mg/dl, calcio de 8.4 a 9.5 mg/dl y uso de fístula, esto en términos de porcentaje de pacientes de la institución en estos rangos.

Población de estudio:

La población a la que se quiere llegar, de acuerdo a los objetivos, son las instituciones que prestan los servicios de hemodiálisis en el país, a las que se les pretende evaluar con el índice de calidad.

Las unidades de observación, son los pacientes en hemodiálisis, a los cuales se les realizaron las mediciones clínicas y de mortalidad, y la recolección de variables socio

demográficas. Las mediciones clínicas son utilizadas para la construcción de las variables que se denominan "prácticas institucionales" construidas como el porcentaje de pacientes en el nivel correcto de cada práctica, estas variables son asignadas a cada paciente para ser incluidas en modelos de sobrevida. Los riesgos estimados con esos modelos, asociados a las variables de prácticas institucionales son el insumo para la construcción del índice de calidad para la instituciones que son las unidades de análisis de este estudio.

En cuanto a los pacientes incluidos, estos son aquellos con enfermedad renal crónica y tasa de filtración glomerular por debajo de 15, que se encontraban recibiendo tratamiento de hemodiálisis durante el periodo Enero 2009 a Marzo 2011 en las instituciones propiedad o en convenio de la empresa que brindo la información, esto porque a partir del 2009 se inicio el registro oficial de la información.

Criterios de inclusión:

- Ser mayor de edad (18 años ó más)
- Fecha de inicio de tratamiento dialítico a partir del primero de Enero de 2009. La fecha es establecida porque a partir de ese momento se conto con información más completa y manejable debida a regularizaciones en la empresa. Se toman los pacientes que iniciaron el tratamiento a partir de ese momento con el fin de evitar el sesgo de Neyman.

Criterio de exclusión:

- No contar con la información completa para el modelo (mediciones clínicas).
- Información inconsistente e incorregible con la fuente original.

Como consideración adicional para la construcción de modelos de sobrevida se definieron los siguientes criterios de censura:

- Fallecidos por causas totalmente independientes a la enfermedad renal crónica (categorías F,O,P,Q,S,T,V,W,X,Y ó causa sin reportar, de la CIE10, estas causas son fácilmente identificables como no relacionadas directamente a enfermedad

renal crónica (ERC) ya que son asociadas a embarazo, malformaciones o causa externa entre otras).

- Sujetos que se retiraron de las instituciones de hemodiálisis del estudio.
- No fallecidos durante el periodo de seguimiento.
- Fallecidos en los primeros tres meses de inicio del tratamiento. Este evento pudo presentarse por problemas ajenos al tratamiento, o quizá se inició el tratamiento una etapa muy avanzada de la enfermedad, podría pensarse también que hubo fallas en el manejo por parte de la institución, pero todas estas son suposiciones difíciles de verificar con la información con que se cuenta para el estudio, por ello se siguen las recomendaciones de la empresa y de otros estudios de omitir a estos pacientes del estudio. Los casos censurados por esta causa fueron 61, dos de ellos fallecieron por causas independientes de la enfermedad.

Búsqueda sistemática:

La siguiente búsqueda se realizó para verificar si se habían realizado otros estudios que hubiesen desarrollado indicadores como los propuestos en este documento.

Base de datos: MEDLINE

Sistema utilizado: OVID

Fecha de la búsqueda: Entre el 15 y el 19 de Enero de 2011

Años cubiertos por la búsqueda: Los artículos encontrados abarcan de 1990 a 2010.

Estrategia de Búsqueda:

("Renal Dialysis"[Mesh] OR "Hemodiafiltration"[Mesh] OR "Kidney Failure, Chronic/therapy "[Mesh] OR "Hemofiltration"[Mesh] OR "Renal Insufficiency, Chronic/therapy "[Mesh]) AND ("Quality Indicators, Health Care/statistics and numerical data "[Mesh] OR "Quality of Health Care/statistics and numerical data "[Mesh] OR "Quality Assurance, Health Care/statistics and numerical data"[Mesh])

La exploración se inicio en PUBMED con los términos MESH asociados al tema de interés, para ello se incluyeron las palabras: Index, indicator, quality, hemodialysis. Se seleccionaron los términos MESH mencionados en la estrategia de búsqueda y con ellos se obtuvieron 245 resultados. Sólo uno trataba de un índice de calidad en hemodiálisis y

era el mismo que se uso de base para este estudio. 12 artículos más se seleccionaron para complementar el marco teórico.

Base de datos: LILACS

Sistema utilizado: OVID

Fecha de la búsqueda: Entre el 24 y el 25 de Enero de 2011

Años cubiertos por la búsqueda: No se limito por fecha.

Con los términos “terapia falla crónica riñón” y “hemofiltración” no se obtuvo ningún resultado. Los resultados más cercanos al tema de interés se referían a calidad de vida, uno de ellos incluían variables de mediciones clínicas de los pacientes como albúmina, el calcio y el fósforo, todas ellas resultaron estar asociadas con la calidad de vida y son también consideradas en el presente estudio. Este fue: Santos, Paulo Roberto; Franco Sansigolo Kerr, Ligia Regina. Clinical and laboratory variables associated with quality of life in Brazilian haemodialysis patients: a single-centre study / Variables clínicas y de laboratorio asociadas a la calidad de vida de pacientes brasileños en hemodiálisis: estudio de un centro. Rev. méd. Chile;136(10):1264-1271, Oct. 2008.



# 1. Marco teórico

## 1.1 La hemodiálisis

La hemodiálisis es uno de los procesos utilizados para eliminar de la sangre excedentes de potasio, urea ó agua en exceso cuando los riñones dejan de funcionar normalmente hasta el punto de insuficiencia renal (tasa de filtración Glomerular por debajo de 15 [11]). Algunos de los causantes de este problema son: diabetes, presión sanguínea elevada, enfermedades obstructivas de las vías urinarias ( cálculos, tumores, etc.), inflamación de los riñones (glomérulonefritis), enfermedades hereditarias del riñón como la poliquística y el uso de medicamentos tóxicos para el riñón [15].

El proceso de la hemodiálisis consiste en conducir la sangre desde el cuerpo del paciente hasta una máquina conocida como riñón artificial, en la que se encuentra un filtro (o dializador), y una mezcla de sustancias (dialisato) que recogen las toxinas y corrigen los desequilibrios químicos. Este proceso se realiza en instituciones especializadas, hospitales, clínicas ó en la residencia de los pacientes realizado por enfermeras o técnicos especializados en hemodiálisis.

Para llevar a cabo la hemodiálisis es necesario realizar un acceso vascular para el cual se han desarrollado tres métodos:

- La *fístula* que es una unión artificial entre una arteria y una vena en el antebrazo realizada quirúrgicamente para que aumente la presión dentro de la vena fortaleciendo sus paredes dejándola en condiciones de recibir las agujas empleadas en la hemodiálisis. Este es el método con menores complicaciones médicas y con mayor duración, pero debe realizarse varios meses antes del comienzo de la diálisis para que tenga un proceso de cicatrización completo y esté lista para el tratamiento.

- El *injerto sintético* es la opción cuando los vasos sanguíneos son inadecuados para una fistula. En éste se une la arteria radial con una vena cercana al codo usando un tubo plástico que va por debajo de la piel. Con este método se corre un mayor riesgo de infección, ya que introduce un cuerpo extraño al organismo.
- El *catéter intravenoso* consiste en insertar un catéter plástico en una vena como la yugular interna del cuello, la subclavia, o la vena femoral en la región inguinal; en su interior hay dos vías que permiten el intercambio de fluidos. Con este método no son necesarias las agujas porque los catéteres se conectan a los tubos de diálisis pero además de aumentar el riesgo de infección por ser un cuerpo extraño, puede generar reacciones como el estrechamiento en las venas.

El método de acceso está determinado por el tiempo de falla renal y la condición vascular, aunque inicialmente siempre es necesario el uso de catéter [18].

En la mayoría de pacientes se realizan tres sesiones de hemodiálisis por semana y cada sesión dura de tres a cuatro horas, esta duración y frecuencia dependen del grado de funcionamiento de los riñones, el peso líquido que aumenta un paciente de un tratamiento a otro, el peso de la persona, la cantidad de producto de desecho en la sangre, y el tipo de riñón artificial que use [11].

## 1.2 Insuficiencia renal en Colombia y el mundo

El Ministerio de Protección Social reportó en el 2007 que cerca 11,239 personas padecen de Enfermedad Renal Crónica (ERC) [13]. En Colombia el mayor número de pacientes en diálisis se encuentra entre los 50 y los 59 años, el 68% de los pacientes son menores de 60 años.

La Asociación Colombiana de Nefrología, reportó el 8 de Marzo del 2007, que uno de cada diez adultos en el mundo tienen alguna enfermedad con daño renal, la tasa de crecimiento en el número de pacientes en terapia de sustitución fue de 15% en la última década, también estiman que debido a que la ERC aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular y accidente cerebro vascular, 36 millones de personas podrían morir de



forma prematura para el año 2015, y en la actualidad se estima que aproximadamente 1.5 millones de personas están vivas gracias a la diálisis.

La hemodiálisis y la diálisis peritoneal son las alternativas para los pacientes con insuficiencia renal, pero se considera que la hemodiálisis periódica es más segura para el mantenimiento de los pacientes con insuficiencia renal crónica (*IRCT*) [14]. En Colombia para el año 2005 se estimó una prevalencia de diálisis de 355 pacientes por millón, de estos el 60% estaban siendo tratados con hemodiálisis y el 40% con diálisis peritoneal [8].

### **1.3 Indicadores de calidad institucional**

La calidad según la ISO 9000, 2000 es el grado en el que un conjunto de características inherentes a un producto cumplen con los requisitos para los cuales se elabora. Para Avedis Donabedian la calidad de los servicios de salud se entiende como el logro de los mayores beneficios con los menores riesgos para el paciente. En el país actualmente se consideran ciertos parámetros para la evaluación de la calidad en las instituciones (DECRETO 2309 DE 2002 artículo 6), estos son:

1. **Accesibilidad:** Posibilidad del usuario de utilizar los servicios de salud que le garantiza el Sistema General de Seguridad Social en Salud.
2. **Oportunidad:** Posibilidad de obtener los servicios que requiere, sin retrasos que pongan en riesgo su vida o su salud.
3. **Seguridad:** Es el conjunto de elementos estructurales, procesos, instrumentos y metodologías, basadas en evidencia científicamente probada, que propenden minimizar el riesgo de sufrir un evento adverso en el proceso de atención de salud o de mitigar sus consecuencias.
4. **Pertinencia:** Grado en el que los usuarios obtienen los servicios que requieren, de acuerdo con la evidencia científica, y los efectos secundarios son menores que los beneficios potenciales.

5. Continuidad: Grado en que los usuarios reciben las intervenciones requeridas, mediante una secuencia lógica y racional de actividades, basada en el conocimiento científico.

Adicional a los anteriores, la satisfacción de los pacientes es otro punto que se está incluyendo en la evaluación de la calidad de muchos servicios.

Existen dos herramientas para la evaluación de la calidad, los diagnósticos técnicos narrativos que describen y analizan las situaciones, y los indicadores cuantitativos que buscan calificarlas mediante valores. En teoría deben existir grupos de indicadores que permitan la evaluación de cada uno de los parámetros mencionados, el indicador que se busca en este trabajo se enfoca en el parámetro de la seguridad de los pacientes.

## **1.4 Indicadores de calidad en hemodiálisis con base en los procedimientos o prácticas clínicas**

La dosis de diálisis o  $Kt/V$ , es utilizado actualmente como un marcador de diálisis adecuada por género o superficie corporal. El  $Kt/V$  es un valor adimensional utilizado para cuantificar la hemodiálisis, se compone de: el tiempo de diálisis ( $t$ ), el volumen de agua total del cuerpo del paciente ( $V$ ) y la cantidad separada de urea por el dializador. Este indicador se puede entender como el volumen de sangre limpio sobre el volumen de distribución de urea que es aproximadamente el volumen de agua del cuerpo. Para evaluar la calidad de una instalación, se consideraría el porcentaje de pacientes con un  $Kt/V$  superior a 1.2 (1.3) que es el valor mínimo adecuado.

Otros indicadores son el porcentaje de pacientes con: hemoglobina  $\geq 11$  g/dl, calcio ( $>8.4$  y  $<9.5$  mg/dl), hormona paratiroidea (PTH ( $>150$  y  $<300$  pg/ml)), tensión arterial sistólica (TAS  $<140$  mmHg), y uso de catéter. Todos estos indicadores son unidimensionales, y sus valores pueden generar discrepancias en el momento de decidir si la institución cumple con los estándares de calidad. Por ello surge la necesidad de un índice compuesto que utilice la máxima información disponible en estos indicadores. En esta vía, una propuesta es la realizada por Mendelssohn et al. [3], en su artículo "A practice-

related risk score (PRS): a DOPPS-derived aggregate quality index for haemodialysis facilities” con base en la información del estudio DOPPS. La propuesta es un índice de calidad para las instituciones que prestan los servicios de diálisis, llamado puntaje de riesgo relacionada con la práctica (PRS), construido a partir de los riesgos asociados a las prácticas modificables en hemodiálisis.

## **1.5 Puntaje de riesgo relacionado con la práctica (PRS)**

La organización Arbor Research Collaborative for Health en el año 1996 comenzó el estudio prospectivo longitudinal y observacional DOPPS, recolectando información de pacientes con hemodiálisis, resultados de los procesos de diálisis y pautas en la práctica de la intervención.

El estudio DOPPS fue propuesto por los resultados vistos en varios trabajos, como por ejemplo la variabilidad en tasas de mortalidad crudas y ajustadas por edad, sexo, condición diabética, dosis de diálisis, y la utilización de diferentes tipos de membranas, así como las diferencias entre centros de diálisis y países [1,2,4,8].

La primera fase del estudio DOPPS se inicio en 1996 recolectando datos de 308 instalaciones en Francia, Alemania, Italia, Japón, España, el Reino Unido y los Estados Unidos. La segunda fase iniciada en el 2002 agrego 320 instalaciones añadiendo otros cinco países a los siete originales: Australia, Bélgica, Canadá, Nueva Zelanda y Suecia.

El objetivo principal en dicho estudio fue determinar qué prácticas institucionales y características demográficas se asociaban con mejores resultados en los pacientes. Los resultados primarios de interés fueron la mortalidad, tasas hospitalización, calidad de vida medida con algunos módulos de la encuesta KDQOL y los eventos de acceso vascular, estos resultados se utilizaron también para realizar comparaciones entre países. En los siete países, se completó una muestra de 327 centros de hemodiálisis con 24,392 pacientes. Los criterios de inclusión para el estudio DOPPS eran; pacientes mayores de 17 años, y que por criterio médico requirieran de manera crónica el mantenimiento de alta definición (normalmente al menos dos o tres tratamientos por semana de hemodiálisis), admitiendo las terapias de hemodiafiltración y hemofiltración.

Para recolectar datos longitudinales se llevó a cabo una muestra aleatoria estratificada de centros de diálisis en cada país (la estratificación se hizo por tipo de centro y las categorías corresponden al tipo de desagregación manejada en cada país), seleccionando al azar entre 20 y 40 pacientes en cada institución obtenidos a partir de un censo de pacientes prevalentes con hemodiálisis, el tamaño de la muestra fue 10,332 pacientes. Un coordinador del estudio en cada centro de diálisis recogía los datos iniciales y longitudinales del paciente. Los pacientes completaban un cuestionario anual que capturaba información sobre calidad de vida. El director médico y jefe de enfermería en cada institución completaba el formulario de prácticas patentadas [3].

Mediciones como la hemoglobina de los pacientes, la albúmina sérica, pre-y post- diálisis y urea en sangre, utilizados en estos análisis se basaron en el valor más reciente del paciente medido antes del comienzo del estudio ó en los 30 días siguientes a la fecha de inicio, estas medidas se recolectaron de forma rutinaria. El uso del catéter se calculó con base en el tipo de acceso vascular que el paciente estaba utilizando en la fecha de entrada en el estudio.

Los centros de diálisis en términos de tamaño y tipo de institución, presentaron una alta variación entre los países. La variación se observó también en la edad de los pacientes, las distribuciones por sexos y diabetes mellitus.

6,665 observaciones de la muestra de datos longitudinales de la base de datos generada en el estudio DOPPS fueron utilizadas para crear y validar un índice de calidad para instituciones que realizan hemodiálisis basado en algunas prácticas modificables, el PRS, Puntaje de Riesgo Relacionado con la Práctica ó Practice-related Risk Score, presentado en "A practice-related risk score (PRS): a DOPPS-derived aggregate quality index for haemodialysis facilities" [3]. Este índice usa los Hazard Ratio (HR) asociados a dichas prácticas, calculados a partir de un modelo de mortalidad de Cox, y construido como el producto de estos. Las cuatro prácticas evaluadas y que resultaron significativas en los modelos de Cox fueron: dosis de diálisis, hemoglobina, albúmina y uso de catéter; estas prácticas se consideran modificables porque son controlables por medio del manejo y control de los instrumentos, medicamentos y dieta. Los datos de la segunda fase de

DOPPS se usaron para validar el índice midiendo la asociación entre el puntaje y la mortalidad.

### 1.5.1 Forma de cálculo del PRS

Los pasos que realizan los autores del PRS para su construcción son los siguientes:

1. Para cada institución se calculó el porcentaje de pacientes en el nivel adecuado de cada una de las prácticas, considerando como niveles adecuados para los pacientes: dosis de diálisis (Kt/V) >1.2, albúmina >4.0 g/dl, fósforo de 3.5 a 5.5 mg/dl, calcio de 8.4 a 9.5 mg/dl, hemoglobina >11 g/dl, y en el caso de acceso vascular, el uso de fístula por ser considerado de menor riesgo para el paciente. Estos porcentajes de pacientes de cada práctica son asignados como variables a cada paciente, esto quiere decir que todos los pacientes que pertenezcan a una misma institución tendrán constantes dichas variables como se presenta en el ejemplo de la Tabla 1-1 para dos instituciones con el Kt/V y la albúmina, se debe tener en cuenta que para todo el trabajo presentado en este documento cuando se hace referencia a las prácticas institucionales, se trata de las construidas como los porcentajes de pacientes en el nivel correcto de cada práctica, las mediciones clínicas de cada paciente son utilizadas exclusivamente para la construcción de estas variables, y no son incluidas en los modelos.

**Tabla 1-1: Estructura de la base incluyendo las variables institucionales asociadas a las prácticas.**

Institución	Paciente	Kt/V	Albúmina	Porcentaje de pacientes con Kt/V > 1.2	Porcentaje de pacientes con Albúmina > 4.0
1	1	0.5	5.2	50%	75%
1	2	1	3.5	50%	75%
1	3	1.4	4.1	50%	75%
1	4	1.3	4.3	50%	75%
2	5	1.4	4.1	66.6%	100%
2	6	1.5	4.6	66.6%	100%
2	7	0.7	4.5	66.6%	100%

2. El siguiente paso fue verificar si cada una de las variables de prácticas institucionales construidas en el paso anterior, se relaciona con la mortalidad, esto se realizó a partir de la construcción de modelos de regresión logística para cada una de las prácticas controlando por variables como edad, género, raza, comorbilidades y régimen de afiliación a salud. Estas variables que son de naturaleza continua por ser porcentajes, fueron categorizadas al ser incluidas a los modelos, los rangos se presentan en la Tabla 1-2. Este paso permitió seleccionar las prácticas que serían incluidas en la construcción del indicador, el criterio para su selección fue que su p-valor quedara por debajo de 0.05.

**Tabla 1-2: Categorización del porcentaje de pacientes en cada una de las prácticas clínicas.**

Práctica	Porcentaje de pacientes en el nivel correcto de la práctica en la institución
KT/V>1.2	0–40%
	40–60%
	60–80%
	80–100%
Hemoglobina>11	0–20%
	20–60%
	60–100%
Catéter	20–100%
	10–20%
	0–10%
Albúmina>4.0	0–20%
	20–40%
	40–100%

3. Después de seleccionar las prácticas que resultaron estar asociadas con mortalidad con un nivel de significancia del 5%, se incluyeron simultáneamente a un modelo de regresión de Cox, controlando nuevamente por edad, género, raza, comorbilidades y régimen de afiliación a salud. Las prácticas que resultaron significativas al 5% en este modelo, que fueron: dosis de diálisis (Kt/V), albúmina>4.0 g/dl, hemoglobina>11 g/dl, y acceso vascular. Este grupo de variables se utilizaron para la construcción del índice.

4. El último paso es construir el índice, esto se realiza a partir de los Hazard Ratio (HR) obtenidos con el modelo de Cox, asociados a las categorías de cada práctica, siendo el indicador para una institución el producto de los HR asociados a las categorías a las que pertenece ésta, en cada práctica.

**Tabla 1-3: Resultados del PRS, estudio Mendelssohn et al. [3].**

Facility factor	N facilities	RR* death	Example facility
Kt/V > 1.2, 0-40%	15	1.46	
Kt/V > 1.2, 40-60%	49	1.33	a
Kt/V > 1.2, 60-80%	99	1.06	
Kt/V > 1.2, 80-100%	113	1.00	
Hgb > 11 g/dl, 0-20%	67	1.26	
Hgb > 11 g/dl, 20-60%	191	1.18	
Hgb > 11 g/dl, 60-100%	47	1.00	a
Catheter use, 20-100%	61	1.13	
Catheter use, 10-20%	63	1.12	a
Catheter use, 0-10%	182	1.00	
Albumin >4.0 g/dl, 0-20%	68	1.18	
Albumin >4.0 g/dl, 20-40%	87	1.06	
Albumin >4.0 g/dl, 40-100%	127	1.00	a

**Example facility: PRS score = 1.33 \* 1.00 \* 1.12 \* 1.00 = 1.49**

\*RRs based on the Cox model adjusting simultaneously for all four facility factors and patient age, gender, black race, years with ESRD, 13 summary comorbid conditions and unit type; analysis was stratified by country, and accounted for facility clustering effects. The example in the bottom row shows how the PRS score is calculated for a hypothetical facility having the categories of HD practice noted with an 'a' in the table, and for which the RRs of death pertaining to these categories are then multiplied by one another to yield the PRS score.

Tomado de Mendelssohn et al. [3], Tabla 2, página 3230.

Los resultados de los riesgos del estudio de Mendelssohn et al. [3] junto con el ejemplo expuesto en el mismo se presentan en la Tabla 1-3, en ella se puede observar en la primera columna las prácticas institucionales junto con las categorías construidas para cada una, que corresponden a los rangos creados para el porcentaje de pacientes en el nivel correcto de cada práctica. La segunda columna contiene el número de instituciones en cada uno de los rangos. En la

tercera columna se presentan los HR obtenidos con el modelo de Cox y la cuarta columna marca los rangos utilizados para el ejemplo del cálculo del índice PRS. El ejemplo consiste en que para una institución que tiene entre el 40 y el 60% de sus pacientes con un nivel de Kt/V mayor a 1.2, entre el 60 y el 100% de sus pacientes con hemoglobina (Hgb) mayor a 11, entre el 10 y el 20% de sus pacientes con catéter, y entre el 40 y el 100% de sus pacientes con albumina mayor a 4, el índice se obtendría como el producto de los HR que corresponden a estos rangos, para el Kt/V su HR es 1.33, para la hemoglobina en 1.00, el uso de catéter para ese rango de pacientes tiene un HR de 1.12, y para el rango de la albúmina su HR es de 1.00, así, es índice de esta institución sería:  $1.33 \cdot 1.00 \cdot 1.12 \cdot 1.00 = 1.49$ . Considerando que este valor se puede interpretar como un riesgo, lo ideal es que la institución tenga un valor de 1.00, el incremento en su valor se entiende con un aumento en el riesgo de muerte.

## 1.6 Modelo de regresión de Cox

La herramienta central utilizada en este trabajo es el modelo de Cox, razón por la cual esta sección presenta algunos desarrollos de la teoría que lo soporta con el fin de mejorar la comprensión de los resultados.

El modelo de regresión de Cox hace parte de la familia de modelos de sobrevivencia, los cuales se utilizan para analizar el tiempo transcurrido hasta que ocurre un evento, esta herramienta es utilizada cuando el interés particular es conocer la magnitud y la dirección de las covariables, teniendo controlada la dirección temporal. Este modelo es conocido también como modelo de riesgos proporcionales debido a que el cociente entre el riesgo para dos individuos con el mismo vector de covariables es constante en el tiempo. La ecuación a ajustar es de la forma:

$$\mathbf{h}(\mathbf{t}, \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_p) = \mathbf{h}_0(\mathbf{t}) \mathbf{e}^{\mathbf{b}_1 \mathbf{x}_1 + \mathbf{b}_2 \mathbf{x}_2 + \dots + \mathbf{b}_p \mathbf{x}_p} \quad (1.1)$$

donde  $h_0(t)$  es la tasa de mortalidad inicial o riesgo basal, función que deja de interesar en el modelo de Cox, dado que este se centra en estimar la influencia de las covariables.



Su uso también es común cuando se presentan datos censurados, estos son aquellos casos en que:

- Los sujetos no pueden ser observados todo el tiempo del estudio.
- No presentan el desenlace durante el periodo de estudio.
- El evento se presenta por una razón distinta a la evaluada en el estudio.
- Se presenta el evento en un tiempo muy inferior al establecido para evaluar el efecto de un tratamiento.

Al utilizar esta herramienta se considera que el análisis propuesto es semiparamétrico ya que no especifica la forma de la distribución de los tiempos de supervivencia, pero tiene una función específica. Por esta condición Cox propuso un método para la estimación de parámetros llamado verosimilitud parcial que tiene la forma:

$$L(\hat{\beta}) = \prod_{j=1}^k \frac{\exp(x'_{ij}, \beta)}{\sum_{i=1}^{n_j} \exp(x'_{ij}, \beta)} \quad (1.2)$$

La interpretación de los coeficientes es similar a la de los modelos de regresión logística, su exponencial ( $e^{b_i}$ ) es el Hazard Ratio asociado a la variable  $X_i$  cuando se mantienen constantes las otras variables, relaciona los perfiles de dos individuos que varían en una unidad si  $X$  es continua, o pertenecen a la categoría de control si  $X$  es discreta.

## 1.7 Función de riesgo (Hazard)

La función de riesgo se define para cada individuo como la probabilidad de que presente un evento en un instante  $t$ , dado que sobrevivió hasta el momento  $s$  ( $s < t$ ). El riesgo en un instante, se define como el límite del número de eventos por unidad de tiempo sobre el número de individuos en riesgo al inicio del intervalo:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\frac{\text{eventos en el intervalo}[t, t+\Delta t]}{\text{individuos en riesgo en el tiempo } t}}{\Delta t} \quad (1.3)$$

La razón de riesgos (Hazard Ratio) es la comparación de riesgos entre grupos y es una estimación del Riesgo Relativo, este valor es estimado mediante modelos de regresión.

## 1.8 Modelo aditivo de Aalen

El modelo planteado por Aalen es un modelo no paramétrico en el que las covariables actúan de forma aditiva. Se considera como alternativo al modelo de Cox porque omite el supuesto de proporcionalidad, éste considera que el efecto de las covariables puede variar a través del tiempo. Su forma funcional es:

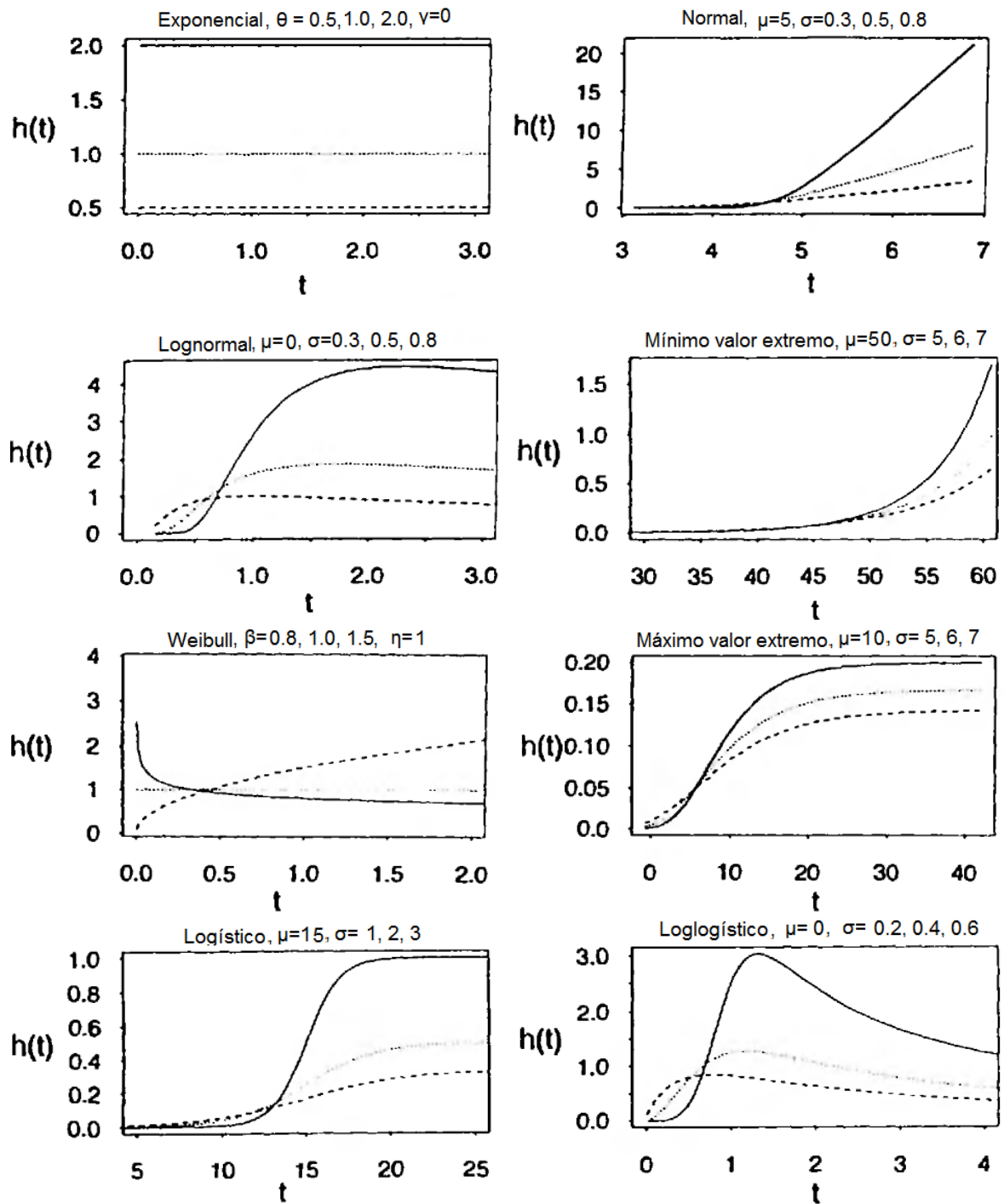
$$\mathbf{h}_i(\mathbf{t}, \mathbf{x}) = \boldsymbol{\beta}_0(\mathbf{t}) + \sum_{j=1}^P \boldsymbol{\beta}_j(\mathbf{t})\mathbf{x}_{ij}(\mathbf{t}) \quad (1.4)$$

Donde  $h_i(t,x)$  es la función de riesgo para el tiempo de supervivencia de un individuo. Los  $\beta_j(t)$ , son el efecto de las covariables en el exceso de mortalidad.

## 1.9 Modelos paramétricos para la estimación de riesgos

Algunos modelos paramétricos permiten modelar la función de riesgo y a la vez estimar el riesgo asociado a las covariables del modelo. La forma de la función es igual a la del modelo de Cox (1.1), pero estos asumen que la función  $h_0(t)$  proviene de una de las diversas familias de distribuciones conocidas. Para determinar la distribución de la que proviene  $h_0(t)$ , Meeker y Escobar [19] plantearon un método visual que relaciona la función de riesgo estimada versus el tiempo conjuntamente con la curva suavizada, en su libro presentan los gráficos asociados a algunas distribuciones variando los parámetros, estos se presentan en la Figura 1-1. La interpretación de los coeficientes es así, si el coeficiente es positivo el riesgo aumenta, si es negativo, disminuye. Para obtener el HR en caso de que el software no lo calcule, se obtiene como el exponencial del cociente entre el coeficiente y el valor 'Scale'.

Figura 1-1: Función de riesgo estimada versus el tiempo para algunas distribuciones paramétricas.



Tomado de Meeker y Escobar, [19].

## 1.10 Modelos de Cox con covariables dependientes del tiempo

En muchos estudios la información de las covariables es recolectada en varios momentos durante el periodo de estudio. Si el comportamiento en el tiempo de estas variables se relaciona con el evento de interés, al incluir todas las mediciones realizadas en el tiempo se podría obtener un modelo de mejor ajuste para estimar el riesgo de muerte.

Para incluir este tipo de variables en el modelo, lo que se hace es generar una nueva base de entrada en la que cada individuo aparece tantas veces como mediciones se le hayan realizado en la covariable dependiente del tiempo. Un ejemplo de uso de este método se puede encontrar en la página web: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Fox-Companion/cox-regression.txt>

## 1.11 Componentes principales

Dados los resultados obtenidos en la construcción de índice siguiendo la metodología Mendelsohn et al.[3], se optó por proponer como técnica alternativa para la construcción del indicador el método de componentes principales.

Esté método permite, dado un problema en k-dimensiones, reducir el número de ellas. Es decir, si se han observado inicialmente k variables  $(X_1, X_2, \dots, X_k)$  el método de componentes principales permite construir nuevas variables no correlacionadas  $(W_1, W_2, \dots, W_k)$  donde:

$$W_k = \sum_{j=1}^k \alpha_{jk} \frac{X_j - \mu_j}{\sigma_j}, \quad (1.5)$$

$\mu_j$  y  $\sigma_j$  son la media y la desviación estándar de la variable  $X_j$ .

Si se denota la cantidad de información en  $X_1, X_2, \dots, X_k$  como  $info(X_1, X_2, \dots, X_k)$ , se tiene que las nuevas variables  $W_k$ , se construyen de tal forma que la primera  $W_1$  contiene la mayor cantidad de información de las  $X_k$ , luego de forma ortogonal (correlación cero), la

componente  $W_2$  contiene la mayor cantidad de información contenida en  $(info(X_1, X_2, \dots, X_k) - info(W_1))$ , y así sucesivamente. Es deseable que las variables iniciales estén correlacionadas y pueden provenir de cualquier distribución de probabilidad, conocida o desconocida.

La generación de las componentes principales se realiza a partir de la matriz de varianzas y covarianzas o de la matriz de correlaciones. De estas matrices se obtienen los valores y vectores propios, las componentes de estos son las constantes  $\alpha_{jk}$ .

Este tipo de método es una alternativa en los modelos de regresión cuando hay multicolinealidad en las covariables, utilizando las componentes principales como variables regresoras artificiales. Otro beneficio, es utilizar el método para generar indicadores sintéticos, estos son variables que no se pueden observar directamente, pero parte de su información se encuentra contenida en variables observables que por lo general tienden a covariar ya que están midiendo dicho aspecto pero de diferente forma. Esta variable o variables no medibles son cada una de las componentes principales. La nueva variable o indicador toma su interpretación de la forma en que se presenta el conjunto de covariables en el componente principal (signo y magnitud) [7], así que si se busca construir un índice que se sabe se relaciona de forma positiva con cada una de las variables medidas, todos los pesos en el componente principal deben ser positivos.



## **2.Resultados**

Para cumplir con los objetivos de este trabajo se contó con la información de 11,255 pacientes que se encontraban recibiendo el tratamiento de hemodiálisis entre Enero de 2009 y Marzo de 2011, distribuidos en 42 unidades renales. De ellos, 10,280 mayores de edad, 1,690 (16%) fallecieron durante el tiempo de estudio. Esta información fue suministrada en 27 bases de datos correspondientes a cada mes del estudio, las cuales fueron ligadas en este proyecto para reconstruir la secuencia temporal de cada paciente. El estudio se limita a este periodo de tiempo debido a que a partir de esta fecha comenzó a generarse un registro oficial y sistemático de la información. Además de la identificación y datos de ubicación (unidad renal a la que pertenece), se cuenta con la información socio-demográfica de edad, sexo, régimen, EPS o ARS, información de mortalidad (causa y fecha) y municipio de residencia. Las comorbilidades que registra la empresa son diabetes mellitus e hipertensión. En cuanto a las mediciones clínicas, se cuenta con los valores de dosis de diálisis (Kt/V), hemoglobina (g/dl), albúmina sérica (g/dl), tipo de acceso vascular (catéter o fístula), concentración de calcio sérico en la sangre (mg/dl) y concentración de fósforo sérico en la sangre (mg/dl). Cabe mencionar que esta es la única información que se recolecta habitualmente en los pacientes, es decir, no se poseen los insumos para construir otros indicadores existentes como los de calidad de vida.

### **2.1 Evaluación de sesgos**

Inicialmente se tenía una base de 10,280 registros compuesta por los pacientes mayores de edad en tratamiento que habían sobrevivido a Enero 2009, dentro de los cuales se encontraban individuos que iniciaron su tratamiento desde 1974, y que a Enero de 2009 aún continuaban vivos, característica que genera el sesgo de sobrevivencia planteado por Neyman (Falacia de Neyman), que consiste en la subestimación del riesgo producida al considerar sólo los resultados obtenidos de los individuos que han superado un

periodo, e ignorar a aquellos que no lo superaron, porque los casos prevalentes tienen una mayor probabilidad de supervivencia promedio que los incidentes. Para evitarlo, se decidió trabajar con las personas que iniciaron el tratamiento desde Enero de 2009, estos fueron 4,787. Al realizar los análisis exploratorios, se excluyeron algunas instituciones con sus correspondientes pacientes por contar un una cantidad inferior a 10, se decidió omitirlas porque las variables de prácticas institucionales se construyen como porcentajes de pacientes, y construirlos con tan pocas observaciones podría generar inconsistencias en los resultados, en este paso se excluyeron 13 pacientes. 2,864 pertenecientes a 33 instituciones poseían la información completa para ajustar los modelos (los excluidos no contaban con la medición de alguna de estas variables: KTV, albúmina, hemoglobina, calcio, fósforo), esto genera un sesgo de selección que no es posible corregir. Entre los 2,864, la mortalidad absoluta del período fue de 298 casos ocurridos en el periodo de estudio, de ellos 8 fallecieron por causas distintas a la enfermedad renal, por lo que se consideraron como casos censurados para el modelo del Cox y fueron excluidos en los modelos de mortalidad. Adicionalmente fueron censurados en el modelo de Cox los 2,566 que continuaron vivos al finalizar el tiempo de seguimiento, y los 59 fallecidos que no cumplieron con el tiempo mínimo de seguimiento (90 días, dos más ya habían sido censurados por fallecer por otras causas), para un total de 232 no censurados. Esto se resume en el diagrama de flujo presentado en la Figura 2-1. La cantidad de observaciones y de casos disponibles fue suficiente para realizar los modelos de mortalidad con las 14 variables que se plantean para el análisis. (Eventos de interés requeridos= $10*(k+1)=150$ , Perduzzi, 1995 [12]).

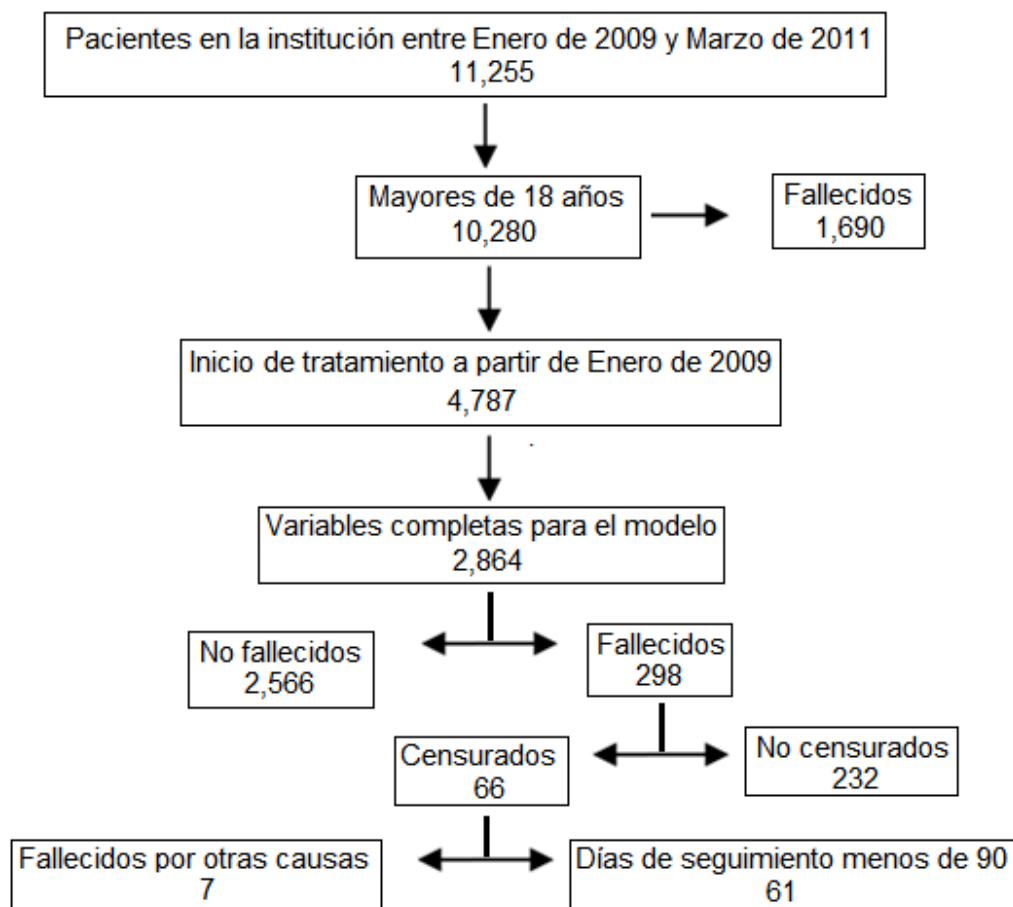
Un problema que se observó en este trabajo fue el no poder controlar otras comorbilidades ya que sólo se reportan las más comunes que son diabetes e hipertensión, esto puede generar distorsión en la estimación de los riesgos, dado que existen al menos 14 morbilidades asociadas a la enfermedad renal mencionadas y controladas en el estudio de Mendelssohn et al.[3], aún así, el intentar controlarlas generaría problemas por el número de observaciones con que se cuenta.

Otro tipo de sesgo detectado en el estudio fue el de información, para evaluarlo se tuvo en cuenta los rangos de valores validos para cada una de las mediciones, estos fueron:  $0 < \text{albúmina} < 15$  g/dl,  $0 < \text{hemoglobina} < 50$  g/dl,  $0 < \text{Kt/V} < 3.5$ ,  $0 < \text{calcio} < 25$  mg/dl y



0<fósforo<15 mg/dl. Se detectaron algunas inconsistencias producto de la digitación, estos fueron 92 casos con un valor de Kt/V negativo producto de incluir un guion antes del valor, y aproximadamente 350 casos con valores muy superiores a los normales, todos estos por la ausencia de la separación decimal, esto se produjo por el cambio de software al copiar la información, en el caso de la hemoglobina, se registro en una unidad distinta que triplicaba su valor. Todos estos valores fueron fácilmente corregidos al recurrir a las fuentes de información originales lo que evitó la pérdida de los registros, cabe resaltar que en el proceso de recolección de información que realiza la empresa, se cuenta con un grupo de analistas que lleva a cabo un proceso para verificar la calidad de la información.

**Figura 2-1: Diagrama de flujo.**



## 2.2 Descripción de la base

La base final contó con 2,864 individuos, 298 fallecidos, su edad oscilaba entre los 18 y los 98 años con un promedio de 60 y una desviación estándar de 15.8 años. El 35% eran mujeres. En cuanto a la afiliación al sistema salud, la entidad presta atención a todo tipo de población, los particulares eran el 2.3%(268 de los 11,255) muy pocos para ser incluidos en el análisis así que no se consideraron (no están incluidos en los 2,864). Los vinculados (101 de los 11,255) fueron integrados al régimen subsidiado. La distribución fue: 58.66% contributivo (1,680) y 41.34% subsidiado (1,184). De las comorbilidades con las que se contaba, 382 individuos de los 2,864 tenían diagnóstico de diabetes y 774 de hipertensión. Las estadísticas descriptivas de las variables clínicas se presentan en la Tabla 2-1, el uso de catéter como acceso vascular se utilizó en el 45.91% de los pacientes.

**Tabla 2-1: Estadísticas descriptivas de las mediciones clínicas.**

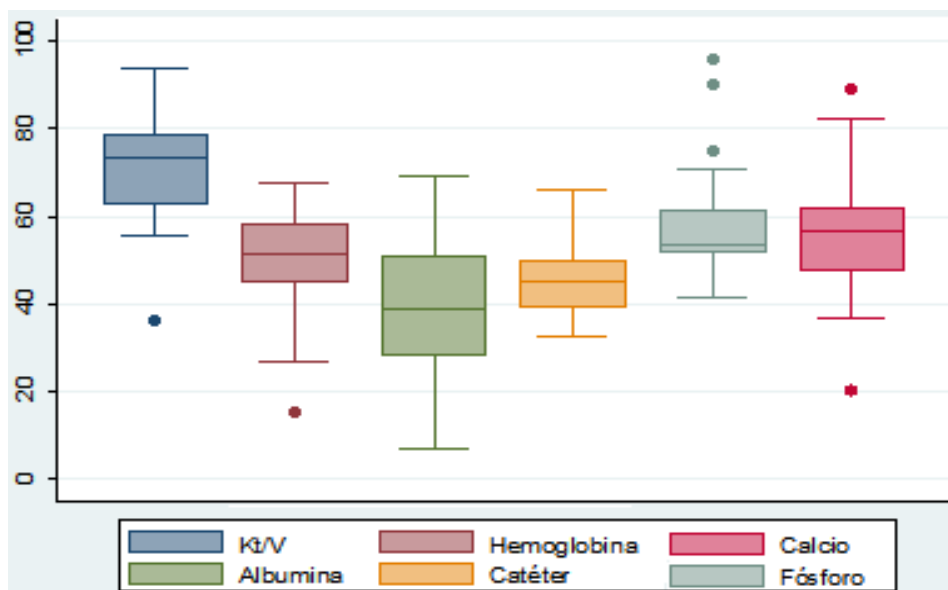
Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Albúmina sérica	2,864	3.79	0.64	0.00	6.38
Hemoglobina (HGB)	2,864	10.89	2.17	3.90	17.10
Dosis de diálisis (KT/V)	2,864	1.42	0.34	0.00	3.50
Calcio (CA)	2,864	8.81	0.88	4.53	13.84
Fósforo (P)	2,864	4.28	1.40	0.80	12.63

## 2.3 Selección de las prácticas institucionales a partir de modelos de mortalidad

La construcción del PRS se inició seleccionando las prácticas institucionales que ingresarían al modelo de Cox, recordando que estas variables corresponden a el porcentaje de pacientes en la institución en el nivel correcto de cada práctica, este proceso se realizó evaluando si existía una relación estadísticamente significativa entre la mortalidad y cada una de ellas, utilizando modelos de regresión logística controlados por edad, sexo, régimen, diabetes e hipertensión. Inicialmente se quiso manejar las prácticas institucionales con las mismas categorías utilizadas por Mendelssohn et al.[3] (ver Tabla 1-2), pero la información mostró un comportamiento diferente, con menor variabilidad

(Figura 2-2) generando que algunas de las categorías propuestas por ellos quedaran vacías o con muy pocos casos, así que se propuso generar nuevas categorías para cada variable, tomando como punto de partida las propuestas por Mendelssohn et al.[3] y acotándolas hasta encontrar los puntos que generaban diferencias significativas entre ellos, pero la baja dispersión de los datos sólo permitió identificar dos grupos para cada práctica, así se encontró que los grupos de riesgo para cada una eran: Instituciones con el 40% de pacientes o menos con  $Kt/V > 1.2$ , 10% de pacientes o menos con albúmina  $> 4.0$ , 20% de pacientes o menos con hemoglobina  $> 11$ , 50% de pacientes o menos con fósforo entre 3.5 y 5.5, 40% de pacientes o menos con calcio entre 8.4 y 9.5 y uso de catéter como acceso vascular en más del 50% de los pacientes. El tener como resultado sólo dos categorías en cada práctica que es un resultado bastante diferente al planteado por los autores originales dio pie a generar un escenario alternativo en el que se propuso utilizarlas en su forma natural, es decir, como variables continuas, este ejercicio daría lugar no a uno, sino a dos indicadores, en las secciones 2.4.1 y 2.4.2 se presentan los resultados de estos dos escenarios.

Retomando la selección de las prácticas a incluir en los modelos de Cox, a los modelos de regresión logística de mortalidad de cada práctica se les aplicó el criterio de AIC para seleccionar el modelo con el mejor ajuste, las variables seleccionadas fueron aquellas que quedaron incluidas en esos modelos (Anexos A y B). Bajo este criterio, el calcio fue excluido en los dos escenarios planteados, como variable categórica y como variable continua. El fósforo fue excluido en el modelo de prácticas continuas. Con base en esos resultados, las variables que se incluyeron en el modelo de Cox para el modelo utilizando las prácticas de forma categórica son: porcentaje de pacientes con hemoglobina  $> 11$ , uso de catéter, albúmina  $> 4.0$ ,  $Kt/V > 1.2$ , y fósforo de 3.5 a 5.5. El modelo que incluye las prácticas de forma continua considera las anteriores excluyendo el fósforo.

**Figura 2-2: Box plot de las prácticas institucionales.**

## 2.4 Índice a partir de Modelos de Cox

A continuación se presentan los resultados de los ajustes de los modelos de supervivencia de Cox para las dos estructuras planteadas, en la primera, todas las variables correspondientes a las prácticas institucionales, están como variables categóricas y en el segundo están en su forma continua como fueron observados.

### 2.4.1 Modelo de Cox con prácticas institucionales categorizadas

Al ajustar este modelo con las cinco prácticas controlando por edad, sexo, régimen, diabetes e hipertensión, la albúmina presenta colinealidad, al retirarla, el uso de catéter es significativa al 5% junto con la edad y la hipertensión (Tabla 2-2). En la selección del mejor modelo con el criterio AIC (Tabla 2-3), el Kt/V fue excluido y el fósforo resultó significativo. Se mantuvo la hemoglobina con un p valor de 0.081.

**Tabla 2-2: Resultados del modelo completo con las prácticas categorizadas.**

Variable	Coef	exp(coef)	se(coef)	Z	P-valor
KT/V>1.2 0-40%	0.143	1.154	0.286	0.500	0.617
Hemoglobina>11 0-20%	0.523	1.688	0.307	1.706	0.088
Catéter 50-100%	0.495	1.640	0.156	3.160	0.002
3.5≤Fósforo≤5.5 0-50%	0.350	1.419	0.186	1.877	0.061
Hipertensión	-0.360	0.697	0.143	-2.517	0.012
Edad	0.028	1.028	0.005	5.979	0.000

**Tabla 2-3: Resultados con las prácticas categorizadas del modelo con mejor ajuste por el criterio de AIC.**

Variable	Coef	exp(coef)	se(coef)	Z	P-valor
Hemoglobina>11 0-20%	0.534	1.705	0.306	1.743	0.081
Catéter 50-100%	0.489	1.630	0.142	3.445	0.001
3.5≤Fósforo≤5.5 0-50%	0.475	1.607	0.159	2.985	0.003
Edad	0.028	1.028	0.005	5.985	0.000
Hipertensión	-0.362	0.696	0.143	-2.528	0.011

La hemoglobina incumplió el supuesto de riesgos proporcionales (Tabla 2-4), por ello se retiró del modelo, nuevamente se aplicó la prueba de riesgos proporcionales y la hipertensión lo incumplió (Tabla 2-5).

**Tabla 2-4: Prueba de riesgos proporcionales.**

Variable	rho	chisq	P-valor
Hemoglobina>11 0-20%	0.136	4.148	0.042
Catéter 50-100%	0.062	0.846	0.358
3.5≤Fósforo≤5.5 0-50%	-0.004	0.003	0.954
Edad	0.082	1.610	0.204
Hipertensión	0.132	3.826	0.051
GLOBAL	NA	10.680	0.058

**Tabla 2-5: Prueba de riesgos proporcionales sin hemoglobina.**

Variable	rho	chisq	P-valor
Catéter 50-100%	0.038	0.325	0.569
3.5≤Fósforo≤5.5 0-50%	0.081	1.530	0.216
Edad	0.080	1.535	0.215
Hipertensión	0.133	3.888	0.049
GLOBAL	NA	6.897	0.142

El modelo con el mejor ajuste (sin hemoglobina e hipertensión) (Tabla 2-6), incluyó el fósforo, el acceso vascular y la edad.

**Tabla 2-6: Resultados del modelo de Cox final.**

Variable	Coef	exp(coef)	se(coef)	Z	P-valor
Catéter 50-100%	0.516	1.676	0.142	3.647	0.000
3.5≤Fósforo≤5.5 0-50%	0.482	1.619	0.159	3.027	0.002
Edad	0.028	1.028	0.005	6.010	0.000

Para la construcción del índice siguiendo la metodología de Mendelsohn et al. [3], se considerarían entonces el fósforo y el acceso vascular. El índice se obtiene como el producto de los riesgos asociados a las categorías a las que pertenezca la institución, así que el tener dos prácticas con dos categorías cada una, hace que el indicador ( $I_{Cox}$ ) tome cuatro posibles valores: 1, 1.676, 1.619 y 2.71, que corresponden respectivamente a los Hazard Ratio (HR) de, no estar en ninguna de las categorías de riesgo (2.1), pertenecer a la categoría de riesgo de acceso vascular (2.2), estar en la categoría de riesgo de fósforo (2.3), o pertenecer a las dos categorías de riesgo simultáneamente (2.4).

$$I_{Cox1} = HR(Catéter 0 - 50\%) * (HR(Fósforo 50 - 100\%)) = 1 * 1 = 1 \quad (2.1)$$

$$I_{Cox2} = HR(Catéter 50 - 100\%) * (HR(Fósforo 50 - 100\%)) = 1.676 * 1 = 1.676 \quad (2.2)$$

$$I_{Cox3} = HR(Catéter 0 - 50\%) * (HR(Fósforo 0 - 50\%)) = 1 * 1.619 = 1.619 \quad (2.3)$$

$$I_{Cox4} = HR(Catéter 50 - 100\%) * (HR(Fósforo 0 - 50\%)) = 1.676 * 1.619 = 2.71 \quad (2.4)$$

### 2.4.1.1 Evaluación del índice obtenido con el modelo de Cox

En cuanto a las características de un buen indicador se puede decir que éste es:

- Simple por su fácil elaboración ya que es un producto de los riesgos que se obtiene con el modelo.
- La información está totalmente disponible para la institución que va a usar el indicador ya que es recopilada por ellos, de igual forma la fuente es confiable, de fácil verificación y corrección en caso de encontrar inconsistencias.
- Es robusto porque difícilmente se afectaría por valores atípicos al estar constituido sólo por variables de clasificación dicotómicas.
- Su interpretación es sencilla debido a que es la estimación de un riesgo relativo.
- El indicador es útil en cuanto a permitir clasificar las instituciones por riesgo de mortalidad, pero se limita a cuatro posibles grupos de riesgo lo que no permite comparar cualquier par de instituciones, que podrían, a pesar ser clasificadas en el mismo grupo, presentar claras diferencias en sus porcentajes de pacientes en cada práctica. Otro problema es su baja sensibilidad al cambio, debido a que no detecta todos los cambios de caída o mejora que pueda tener la institución, por ejemplo, el porcentaje de pacientes con catéter pudo pasar de 4% a 20%, pero va a seguir en la categoría de 0-50% y por ello no va a cambiar su valor en el indicador.

Validez: En este ítem se evalúan la validez de contenido y la validez de criterio, aunque para este no se cuenta con un patrón de oro que mida la calidad, se cuenta con la mortalidad en las instituciones que se considera un aproximación de la misma, que a pesar de estar influenciada por variables no controlables como son las características propias de los individuos u otras que no dependen de la institución, se espera que estén significativamente correlacionadas. y con los indicadores unidimensionales de calidad utilizados actualmente. Adicionalmente, como se planteó en la sección 1.3 actualmente se usan otros indicadores unidimensionales como son el porcentaje de pacientes en el

rango correcto de Kt/V, hemoglobina, calcio, y el porcentaje con catéter como acceso vascular, por ello, se planteó que también debería existir una relación entre dichos indicadores y el propuesto.

- Validez de contenido: Para determinar qué tan adecuada es la selección de las componentes del índice hay que retomar la teoría clínica, en la que el fósforo tiene establecidos unos valores adecuados para el paciente, y el uso de fístula es el más recomendado por su seguridad, además, se puede ver que existe una relación significativa entre las prácticas institucionales y la mortalidad de los pacientes (Anexo B). De igual forma, los dos componentes son indicadores unidimensionales de calidad utilizados en las instituciones prestadoras del servicio de hemodiálisis.
- Validez de criterio: Al evaluar la relación del índice con la mortalidad en las instituciones, el coeficiente de correlación de Spearman tomó el valor de 0.4021, con un p-valor de 0.02., se utiliza ese coeficiente debido a que las dos variables no presentan distribución normal (Tabla 2-7). Para conocer la relación entre los índices unidimensionales y el propuesto, se usa la nuevamente la correlación de Spearman por la no normalidad de del índice, la relación debe ser negativa con el Kt/V, la hemoglobina y el calcio, y positiva con el uso de catéter por ser el indicador un valor que se incrementa con el de riesgo de mortalidad; en la Tabla 2-8 se puede ver que estas relaciones se cumplen, pero su asociación con el Kt/V, la hemoglobina y el calcio es muy baja y no significativa, con el uso de catéter su relación es relativamente alta (0.61) y significativa al 5%.

**Tabla 2-7: Prueba de normalidad Shapiro-Francia.**

Variable	Obs	W'	V'	Z	P-valor
Índice Cox	33	0.932	2.547	1.72	0.043
Mortalidad	33	0.935	2.463	1.659	0.048
Kt/V	33	0.946	2.041	1.318	0.094
Hemoglobina	33	0.95	1.881	1.169	0.121
Calcio	33	0.962	1.428	0.663	0.254
Catéter	33	0.977	0.882	-0.236	0.593



**Tabla 2-8: Correlación entre el índice de Cox y los indicadores unidimensionales.**

Índice Cox	Kt/V	Hemoglobina	Calcio	Catéter
Pearson	-0.0822	-0.1215	-0.1643	0.6100
p-valor	0.6495	0.5005	0.3608	0.0002

### 2.4.2 Modelo de Cox con prácticas institucionales continuas

En el modelo presentado en esta sección, se realizó el ajuste considerando las cuatro prácticas seleccionadas como variables continuas, controlando por edad, sexo, régimen, diabetes e hipertensión. Los resultados presentados en la Tabla 2-9 muestran que sólo el acceso vascular fue significativo al 5%, pero al utilizar el criterio de información AIC para la selección del modelo con el mejor ajuste, además del tipo de acceso vascular, se mantuvo la hemoglobina (Tabla 2-10). El sexo, el régimen y la diabetes no resultaron significativas.

**Tabla 2-9: Resultados del modelo completo con las prácticas continuas.**

Variable	Coef	exp(coef)	se(coef)	Z	P-valor
%Kt/V>1.2	0.000	1.000	0.006	-0.009	0.993
%Hemoglobina>11	-0.007	0.993	0.006	-1.130	0.259
%Albumina>4	-0.005	0.995	0.005	-1.016	0.309
%Catéter	0.021	1.020	0.009	2.270	0.023
Edad	0.028	1.030	0.005	5.994	0.000
Hipertensión	-0.381	0.684	0.143	-2.663	0.008

**Tabla 2-10: Resultados con las prácticas continuas del modelo con mejor ajuste por el criterio de AIC.**

Variable	Coef	exp(coef)	se(coef)	Z	P-valor
%Hemoglobina>11	-0.009	0.991	0.006	-1.585	0.113
%Catéter	0.021	1.021	0.009	2.339	0.019
Edad	0.028	1.028	0.005	5.953	0.000

El paso a seguir fue evaluar el supuesto de riesgos proporcionales a partir de los residuos Schoenfeld. De la dos prácticas seleccionadas en el modelo anterior. El contraste para la variable hemoglobina rechazó la hipótesis de riesgos proporcionales

(Tabla 2-11), al incumplir este supuesto el índice quedaría constituido por una sola de las prácticas que sería el acceso vascular y con ello se incumpliría el objetivo de este trabajo que es generar un indicador multidimensional.

**Tabla 2-11: Prueba de riesgos proporcionales.**

Variable	Rho	Chisq	P-valor
%Hemoglobina>11	-0.138	5.123	0.024
%Catéter	0.016	0.067	0.796
Edad	0.078	1.482	0.223
Hipertensión	0.135	4.004	0.045
GLOBAL	NA	11.869	0.018

Con las prácticas continuas únicamente el acceso vascular cumplió el supuesto de proporcionalidad, cuando algo así ocurre, existen varias alternativas, la primera es construir modelos estratificando por las variables que no cumplen el supuesto, así se corregiría el sesgo en la estimación de los parámetros que puede presentarse cuando se viola el supuesto, pero no sería posible estimar los efectos de las covariables de estratificación que son necesarios para la construcción del indicador. La segunda opción es trabajar con el modelo aditivo de Aalen que omite este supuesto. Otras alternativas son el manejo de covariables dependientes del tiempo y el uso de modelos paramétricos. Estas tres alternativas fueron exploradas y sus resultados se presentan en las siguientes secciones.

## **2.5 Modelos alternativos al incumplimiento del supuesto de riesgos proporcionales**

### **2.5.1 Modelo aditivo de Aalen**

La primera alternativa utilizada para intentar recuperar la hemoglobina, fue el modelo aditivo de Aalen. Nuevamente se realizan dos modelos, en el primero se incluyen las prácticas institucionales como variables continuas, y en el segundo, como variables categóricas.

En el ajuste del modelo de Aalen que utiliza las prácticas institucionales como variables continuas, el acceso vascular fue la única práctica que resulto significativa al 5%, resultado que no hizo posible la construcción del índice multivariado (Tabla 2-12). Para el modelo que utiliza las prácticas como variables categóricas, el uso de catéter y la hemoglobina resultaron significativos al 5%, al ser dos variables dicotómicas presentan los mismos inconvenientes que el índice de Cox en cuanto a su baja variabilidad y poca sensibilidad a cambios en las prácticas, por esta razón no se continua con la construcción de un índice con los resultados de este modelo.

**Tabla 2-12: Resultados del modelo de Aalen con las prácticas continuas.**

Variable	slope	coef	se(coef)	z	P-valor
Intercepto	-0.00029	-0.00053	0.001	-0.956	0.339
%Kt/V>1.2	0.00000	0.00000	0.000	0.072	0.942
%Albumina>4	0.00000	0.00000	0.000	-0.848	0.397
% Catéter	0.00001	0.00001	0.000	2.103	0.036
%Hemoglobina>11	0.00000	0.00000	0.000	-1.022	0.307
Edad	0.00001	0.00001	0.000	5.963	0.000
Hipertensión	-0.00018	-0.00024	0.000	-2.956	0.003

**Tabla 2-13: Resultados del modelo de Aalen con las prácticas categorizadas.**

Variable	slope	coef	se(coef)	z	P-valor
Intercepto	-0.0001	-0.0003	0.0001	-2.0174	0.0437
Kt/V>1.2 0-40%	0.0002	0.0001	0.0003	0.4923	0.6225
Hemoglobina>11 0-20%	0.0002	0.0005	0.0003	2.0339	0.0420
Catéter 50-100%	0.0002	0.0003	0.0001	2.7775	0.0055
Edad	0.0000	0.0000	0.0000	6.0227	0.0000
Hipertensión	-0.0002	-0.0002	0.0001	-2.9640	0.0030

## 2.5.2 Modelos de Cox con variable dependiente del tiempo

Una de las alternativas a las que se puede recurrir en caso de no cumplir el supuesto de riesgos proporcionales es utilizar todas las observaciones realizadas durante el tiempo de estudio de las variables que no lo cumplan.

Al realizar los modelos con la hemoglobina dependiente del tiempo, en el que utiliza las prácticas continuas, la hemoglobina no resultó significativa al 5% ( $p$ -valor = 0.319), lo fue solo el uso de catéter (Tabla 2-14). Este escenario es descartado para la construcción del índice multidimensional. En el caso del modelo que utiliza las prácticas categorizadas, nuevamente la hemoglobina no resulta significativa al 5%. El uso de catéter y el fósforo quedan incluidas ( $p$ -valor $<$ 0.05) (Tabla 2-15), pero al ser el mismo resultado que el obtenido con la metodología original no se continuó con la construcción del índice.

**Tabla 2-14: Modelo con prácticas continuas y el uso de hemoglobina como variable dependiente del tiempo.**

Variable	coef	exp(coef)	se(coef)	z	P-valor
%Kt/V>1.2	-0.001	0.999	0.006	-0.227	0.820
%Albumina>4	-0.008	0.993	0.005	-1.669	0.095
% Catéter	0.027	1.028	0.009	3.018	0.003
%Hemoglobina>11	0.005	1.005	0.005	0.996	0.319
Edad	0.028	1.028	0.005	5.982	0.000

**Tabla 2-15: Modelo con prácticas categóricas y el uso de hemoglobina como variable dependiente del tiempo.**

Variable	coef	exp(coef)	se(coef)	z	P-valor
Kt/V>1.2 0-40%	0.150	1.162	0.286	0.525	0.600
Catéter 50-100%	0.465	1.593	0.154	3.018	0.003
3.5≤Fósforo≤5.5 0-50%	0.495	1.640	0.161	3.072	0.002
Hemoglobina>11 0-20%	-0.158	0.854	0.458	-0.344	0.731
Edad	0.028	1.028	0.005	5.940	0.000
Hipertensión	-0.331	0.718	0.144	-2.301	0.021

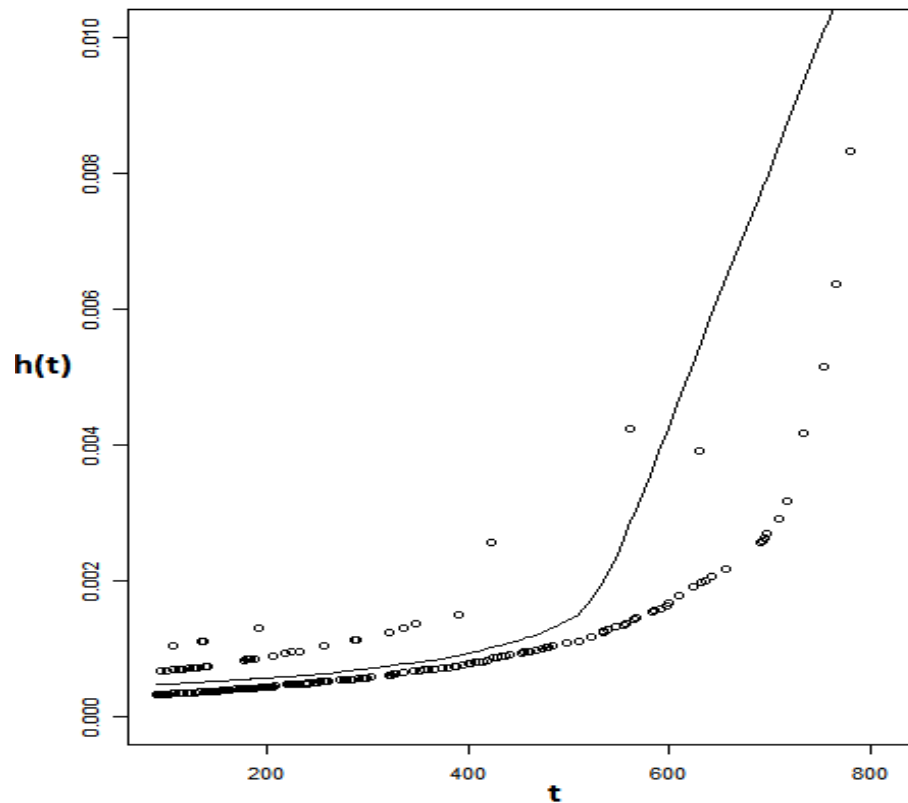
### 2.5.3 Modelo paramétrico

La última alternativa para sobrellevar el problema del incumplimiento del supuesto de riesgos proporcionales es el uso de un modelo paramétrico, también buscando que al índice fueran incluidas más prácticas institucionales de las que se lograron con los modelos semiparamétricos.

Para seleccionar el modelo paramétrico que podría ser el más adecuado para este análisis se realizó el gráfico que relaciona la función de riesgo estimada versus el tiempo, y se compara con la Figura 1.1 de la sección 1.9 para definir a cuál de las familias de distribución pertenece dicha función.

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico (Figura 2-3), la línea a la que más se asimila el gráfico es a la curva Gaussiana, por ello se optó por realizar el ajuste para este modelo.

**Figura 2-3: Función de riesgo versus el tiempo.**



Nuevamente se trabajó con dos modelos, el primero utilizando las prácticas institucionales como variables categóricas, y el segundo utilizándolas como variables continuas. En el primer modelo la albúmina es excluida por problemas de colinealidad.

**Tabla 2-16: Modelo Gaussiano con prácticas categóricas.**

Variable	Value	Std. Error	Z	P-valor
(Intercept)	1489.350	89.541	16.633	0.000
Kt/V>1.2 0-40%	-45.250	74.500	-0.607	0.544
Hemoglobina>11 0-20%	-87.960	83.379	-1.055	0.291
Catéter 50-100%	-107.060	39.754	-2.693	0.007
3.5<Fósforo<5.5 0-50%	-97.460	46.753	-2.085	0.037
Edad	-6.160	1.114	-5.524	0.000
Hipertensión	123.770	34.465	3.591	0.000
Log(scale)	6.110	0.050	123.117	0.000

Por nivel de significancia inferior al 5% se mantendrían en el modelo las prácticas de acceso vascular (catéter) y fósforo (Tabla 2-16), pero continuando con el criterio que se ha mantenido con los anteriores modelos en este documento, se seleccionan aquellas que queden incluidas en el modelo con el mejor ajuste bajo el criterio de AIC, de igual forma quedan esas dos prácticas (Tabla 2-17).

**Tabla 2-17: Mejor Modelo por el criterio de AIC.**

Variable	Value	Std. Error	Z	P-valor
(Intercept)	1487.180	89.101	16.690	0.000
Catéter 50-100%	-111.150	36.095	-3.080	0.002
3.5<Fósforo<5.5 0-50%	-117.190	40.925	-2.860	0.004
Edad	-6.160	1.110	-5.560	0.000
Hipertensión	124.820	34.407	3.630	0.000
Log(scale)	6.110	0.050	123.200	0.000

En el segundo escenario, modelando las prácticas como variables continuas, el acceso vascular resultó significativo al 5% (Tabla 2-18), siendo también la única práctica incluida al aplicar el criterio AIC (Tabla 2-19).

**Tabla 2-18: Modelo Gaussiano con prácticas continuas.**

Variable	Value	Std. Error	z	P-valor
(Intercept)	1567.572	202.937	7.724	0.000
%Kt/V>1.2	0.157	1.373	0.115	0.909
%Hemoglobina>11	1.070	1.523	0.703	0.482
%Albumina>4	1.201	1.139	1.055	0.291
% Catéter	-5.008	2.300	-2.178	0.029
Edad	-6.260	1.117	-5.604	0.000
Hipertensión	130.202	34.480	3.776	0.000
Log(scale)	6.117	0.050	123.386	0.000

**Tabla 2-19: Mejor Gaussiano modelo por el criterio AIC.**

Variable	Value	Std. Error	z	P-valor
(Intercept)	1715.180	131.799	13.010	0.000
% Catéter	-6.080	2.042	-2.980	0.003
Edad	-6.100	1.107	-5.510	0.000
Hipertensión	127.870	34.357	3.720	0.000

Los resultados de los modelos paramétricos indican que no hay una ganancia adicional con respecto a los modelos ajustados usando el modelo de sobrevida de Cox en cuanto a la inclusión de prácticas institucionales que pudieran ser incluidas al indicador, y con sólo una práctica institucional no sería posible la construcción del índice multidimensional.

## **2.6 Índice a partir de componentes principales: Propuesta definitiva**

Los resultados obtenidos a partir de los modelos de regresión conllevaron a considerar otros procedimientos para alcanzar los objetivos formulados. La propuesta a seguir es usar el método de componentes principales. Esta técnica dejaría atrás la sobrevida como herramienta para su construcción, pero permitiría de igual forma la construcción de un índice con base en las prácticas institucionales manejándolas de la misma forma que en los anteriores modelos, como el porcentaje de pacientes en el nivel correcto de cada una de ellas.

En algunos de los procesos de modelamiento en las secciones 2.4.1 y 2.4.2 se halló evidencia para pensar que se tiene colinealidad entre las covariables, este tipo de problemas son superados con el uso de componentes principales.

El objetivo de esta sección es construir un indicador de calidad institucional a partir de las variables asociadas a las prácticas institucionales, es decir, si se denota el indicador final con  $I$ , la ecuación general del mismo está dada por:

$$I_j = \sum_{i=1}^k \alpha_i * p_i \quad (2.5)$$

donde  $k$  es el número de prácticas institucionales,  $p_i$ , es el valor de la práctica en cada institución, y los  $\alpha_i$  son las ponderaciones asociadas a cada una, que son obtenidas a partir de los datos observado utilizando componentes principales.

El tamaño mínimo de observaciones requerido para la aplicación del método es 4 o 5 veces el número de variables, en este caso se cuenta con 6 variables lo que indicaría un tamaño mínimo de 24 observaciones, el estudio contó con 33 observaciones que corresponden a las instituciones a las que pertenecen los pacientes, es una muestra pequeña pero válida para el método. Un supuesto inicial es que las variables estén correlacionadas, por ello se busca que la matriz de correlaciones no sea cercana a la matriz identidad, el contraste de Bartlett permite verificar si lo anterior se cumple, en este contraste la hipótesis nula es de no correlación (la matriz de correlación es una matriz diagonal), pero esta prueba tiende a no rechazar la hipótesis en muestras pequeñas y a rechazarla en muestras grandes. Por lo anterior se complementó la decisión del uso del método de componentes principales con la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que indica la proporción de la varianza que tienen en común las variables analizadas, este valor debe ser superior a 0.5.

La variable acceso vascular se venía utilizando como el porcentaje de pacientes con catéter, para facilitar la interpretación de los resultados, en este ejercicio se usó el porcentaje de pacientes con fístula, para que al aumentar todas las variables asociadas a las prácticas institucionales, aumenta el valor del indicador, indicando una mejora en la calidad de la institución en relación a dichas prácticas.



La aplicación del método de componentes principales inicia con la construcción y análisis de la matriz de correlación (Tabla 2-20).

**Tabla 2-20: Matriz de correlaciones.**

$\rho$	Kt/V	Hemoglobina	Albumina	Fósforo	Calcio	Fístula
Kt/V	1					
Hemoglobina	0.142	1				
Albumina	0.141	0.279	1			
Fósforo	-0.170	-0.404	0.281	1		
Calcio	0.020	0.308	0.346	0.052	1	
Fístula	0.265	0.380	0.262	-0.047	0.260	1

El Fósforo se correlacionó de forma negativa con tres de las variables (Tabla 2-20), esto generaría una contradicción con la teoría clínica, así que se optó por retirarla del análisis. Unido a lo anterior, la prueba de esfericidad de Bartlett rechaza la hipótesis nula de matriz diagonal con un p-valor de 0.0105. La prueba KMO presentó un valor de 0.517.

Al retirar el fósforo del análisis la prueba de esfericidad de Bartlett rechaza la hipótesis al 5% de significancia con un p-valor de 0.041, la prueba KMO aumenta a 0.691. Se presentan correlaciones relativamente bajas, pero dados los resultados de las pruebas de hipótesis de Bartlett y KMO se opta por continuar con el método.

A continuación se presentan los valores y vectores propios resultado del análisis de componentes principales.

**Tabla 2-21: Valores propios.**

<b>Eigenvalues of the Correlation Matrix</b>				
	<b>Eigenvalue</b>	<b>Difference</b>	<b>Proportion</b>	<b>Cumulative</b>
<b>1</b>	2.000	0.977	0.400	0.400
<b>2</b>	1.023	0.262	0.205	0.605
<b>3</b>	0.761	0.138	0.152	0.757
<b>4</b>	0.623	0.031	0.125	0.882
<b>5</b>	0.592	.	0.118	1.000

**Tabla 2-22: Vectores propios.**

<b>Eigenvectors</b>					
	<b>Prin1</b>	<b>Prin2</b>	<b>Prin3</b>	<b>Prin4</b>	<b>Prin5</b>
<b>Kt/V</b>	0.278	0.803	0.340	0.214	0.342
<b>Hemoglobina</b>	0.499	-0.057	-0.545	-0.413	0.529
<b>Albúmina</b>	0.466	-0.220	0.657	-0.517	-0.191
<b>Calcio</b>	0.451	-0.488	0.132	0.705	0.208
<b>Fístula</b>	0.503	0.255	-0.374	0.138	-0.724

Se selecciono el primer vector propio para la construcción del indicador por su interpretación en cuanto a los signos de los pesos asociados a cada variables, el valor propio asociado al componente explica el 40% de la variabilidad total, usualmente se buscarían valores muy superiores, pero en contextos en los que las correlaciones no son tan fuertes, como en el social, esta cantidad es aceptable.

En cuanto a la consistencia interna de los componentes, la prueba Alpha de Cronbach (Tabla 2-23) muestra que el fósforo es el único que no aporta a la varianza común.

**Tabla 2-23: Prueba Alpha de Cronbach.**

	<b>Alpha</b>
Incluyendo Kt/V, albúmina, hemoglobina, calcio, fósforo y acceso vascular	0.544
Sin fósforo	0.595
Sin Kt/V	0.524
Sin Hemoglobina	0.462
Sin Albúmina	0.529
Sin Calcio	0.482
Sin fístula	0.461

En conclusión, el índice tendría cinco componentes: Kt/V, hemoglobina, albúmina, calcio y el acceso vascular, y se obtiene así:

$$Y_j = 0.278EKt/V_j + 0.499EHGB_j + 0.466EALB_j + 0.451ECA_j + 0.503EAC_j$$

Donde:

$j$  = Indicadora de institución ( $j=1, \dots, 33$ ).

$EKt/V_j$  = Variable estandarizada del porcentaje de pacientes con  $Kt/V > 1.2$  en la institución  $j$ .

$EHGB_j$  = Variable estandarizada del porcentaje de pacientes con hemoglobina  $> 11$  g/dl en la institución  $j$ .

$EALB_j$  = Variable estandarizada del porcentaje de pacientes con albúmina  $> 4.0$  g/dl en la institución  $j$ .

$ECA_j$  = Variable estandarizada del porcentaje de pacientes con  $8.4 \leq \text{calcio} \leq 9.5$  en la institución  $j$ .

$EAC_j$  = Variable estandarizada del porcentaje de pacientes con Fístula en la institución  $j$ .

Después  $Y_j$  se resécala entre 0 y 100 para su mejor comprensión.

$$\text{Índice de calidad} = \frac{Y_j - (-9.99)}{8.64 - (-9.99)} * 100$$

Los valores -9.99 y 8.64 son el mínimo y el máximo valor que toma  $Y$ , cuando el porcentaje en todas las prácticas es 0 ó 100 respectivamente.

### 2.6.1 Evaluación del índice obtenido con componentes principales

- Es simple construir el índice ya que se obtiene multiplicando la ponderación por el valor estandarizado de cada práctica.
- El indicador es útil en cuanto a que permite organizar y comparar cualquier par de instituciones y es sensible para detectar cambios en las prácticas institucionales, es decir, aumentos o disminuciones en el porcentaje de pacientes en una de ellas puede generar un cambio claro en el indicador.

- La información está totalmente disponible para la institución que va a usar el indicador ya que es recopilada por ellos mismos, de igual forma la fuente es confiable, de fácil verificación y corrección en caso de encontrar inconsistencias.
- Para verificar la robustez del indicador se decidió evaluar la sensibilidad del indicador ante cambios en la composición de la muestra. El algoritmo para este ejercicio es como sigue,
  - i.* Seleccionar aleatoriamente 30 observaciones – instituciones –, es decir se tiene una muestra de tamaño 30,  $s_j(x_1, \dots, x_{30})$ , donde  $x_i$  es el vector de las variables observadas de la  $i$ -ésima institución seleccionada.
  - ii.* Utilizando la muestra obtenida en el paso anterior,  $s_j(x_1, \dots, x_{30})$ , construir el indicador nuevamente. Es decir que para la muestra  $s_j(x_1, \dots, x_{30})$  se hizo el análisis de componentes principales para obtener un conjunto de ponderaciones del indicador.
  - iii.* Los pasos *i.* y *ii.* se repitieron 100 veces. Así se obtuvieron 100 muestras –  $s_1, \dots, s_{100}$  –, y 100 conjuntos de ponderaciones diferentes para cada variable. A partir de estas ponderaciones obtenidas en cada iteración, se calculó el índice para todas las instituciones. De lo anterior se tienen 100 valores del índice para cada institución.

Los resultados indican que la salida de tres observaciones, de forma aleatoria, no produce grandes cambios en las ponderaciones. -Ver Tablas 2.24 y 2.25 -.

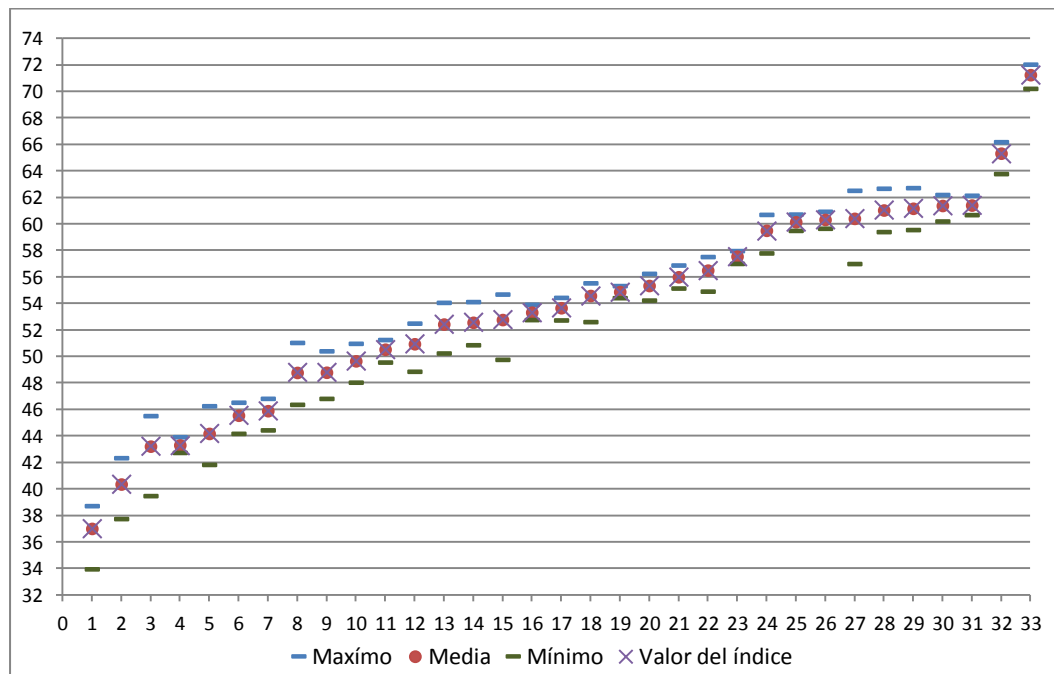
**Tabla 2-24: Estadísticas de las ponderaciones en las 100 simulaciones.**

	Kt/V	HEMOGLOBINA	ALBUMINA	FÍSTULA	CALCIO
Media	0.276	0.496	0.466	0.501	0.451
Desviación Estándar	0.052	0.033	0.028	0.023	0.030

**Tabla 2-25: Intervalos de confianza del 95% para la media de las ponderaciones.**

Variable	Media	Límite inferior	Límite superior
Kt/V	0.276	0.266	0.287
HEMOGLOBINA	0.496	0.489	0.503
ALBUMINA	0.466	0.461	0.472
FÍSTULA	0.501	0.497	0.506

En la Figura 2-4 se presentan los resultados de las 100 simulaciones para las 33 instituciones. En el eje X se tienen las 33 instituciones ordenadas por el valor que tomaron en el índice obtenido con componentes principales incluyendo todas las observaciones ( $n=33$ ). Así en el eje Y se presentan el valor del índice, el valor medio del índice en las 100 simulaciones, y sus valores máximo y mínimo observados en las mismas. Como se puede observar el cambio en la muestra excluyendo aleatoriamente 3 instituciones y recalculando los ponderadores tendría un efecto leve en el ordenamiento de las instituciones como se muestra en la Figura 2-4.

**Figura 2-4: Ordenamiento de las instituciones según el valor del índice, resultados de las 100 simulaciones.**

- Es fácil de interpretar por ser una escala entre 0 y 100, valores cercanos a 0 indicarían que la institución está fallando en las prácticas y, valores cercanos a 100 mostrarían que está muy bien. Como es usual en escalas de 0 a 100 se generan rangos para clasificar las instituciones, para ello en este trabajo se evaluaron varios puntos de corte que mostrarán diferencias significativas al 5% en términos de Odds Ratio (OR). Inicialmente se probaron quintiles del puntaje, éstos se acotaron hasta hallar dos puntos que presentaron diferencias significativas, estos valores fueron 50 y 55. El primero indica que el riesgo de morir en instituciones con un índice menor a 50, es 88% más alto que en las instituciones con un índice superior, en el segundo el riesgo es 41% más alto (Tabla 2-26). Con los dos puntos se propondría que las instituciones deberían lograr estar por encima de 55 y nunca por debajo de 50.

**Tabla 2-26: OR asociados a los valores 50 y 55 de índice.**

	Muertos	Vivos	Total	OR=	1.887
índice<50	116	667	783	LI=	1.469
índice>=50	175	1899	2074	LS=	2.425
total	291	2566	2857		

	Muertos	Vivos	Total	OR=	1.415
índice<55	206	1620	1826	LI=	1.086
índice>=55	85	946	1031	LS=	1.845
total	291	2566	2857		

- En cuanto a validez de contenido, como ya se había mencionado en el índice obtenido con Cox, por la teoría clínica, el Kt/V, la hemoglobina, la albúmina y el calcio tienen establecidos valores adecuados para el paciente, y el uso de fístula es el más recomendado por su seguridad. Adicionalmente, en los modelos utilizados para la selección de las prácticas como variables continuas que debían ser incluidas al modelo de Cox, se vio que existe una relación significativa entre las prácticas institucionales y la mortalidad (Anexo A).
- Referente a la validez criterio, la mortalidad y el índice obtenido con componentes principales tienen una correlación de -0.5020 con un p-valor de 0.0029. El Valor negativo tiene todo el sentido ya que la mortalidad y la calidad son condiciones opuestas. Al

evaluarlo con los indicadores unidimensionales: porcentaje de pacientes en el rango correcto de Kt/V, hemoglobina, calcio, y el porcentaje de uso de fístula, la asociación es significativa -Ver Tabla 2.27 -.

**Tabla 2-27: Correlación entre el índice de Componentes y los indicadores unidimensionales.**

	Kt/V	Hemoglobina	Calcio	Fístula
Pearson	0.39	0.71	0.71	0.64
p-valor	0.0200	0.0000	0.0000	0.0001

Para finalizar este trabajo, se realizaron algunas consideraciones acerca del uso de los ponderadores obtenidos en el estudio de Mendelsohn et al.[3] para el cálculo del índice nacional, como se menciona en la sección 1.4 del marco teórico, con ello se está asumiendo que los riesgos de mortalidad asociados a las prácticas institucionales en la población colombiana son iguales a los encontrados en el estudio y que las poblaciones se comportan de forma similar, pero al replicar el ejercicio realizado en el artículo, se vio que esto no era cierto. Adicionalmente se evaluó la validez de criterio del indicador obtenido usando esas ponderaciones, con los siguientes resultados:

**Tabla 2-28: Correlación entre el índice PRS y los indicadores unidimensionales.**

	Mortalidad	Kt/V	Hemoglobina	Calcio	Fístula
Correlación	0.195	-0.660	-0.500	-0.157	-0.395
p-valor	0.277	0.000	0.003	0.383	0.023

Como se puede observar en la tabla 2-28, no existe una asociación significativa estadísticamente entre la mortalidad y el índice PRS, de igual forma con el calcio. Su relación con la dosis de diálisis (Kt/V), la hemoglobina y con el uso de fístula si fue significativa.

De lo anterior se colige que el indicador vía componentes principales, es mejor que el construido utilizando los ponderadores del estudio Mendelsohn et al.[3].





## 3. Conclusiones y recomendaciones

### 3.1 Conclusiones

- Se construyó el indicador siguiendo la metodología del PRS. Los resultados obtenidos en este estudio fueron bastante distintos a los presentados en Mendelssohn et al.[3] en cuanto a la distribución de la población en las categorías de las distintas prácticas, y a las variables que quedaron incluidas para la construcción del índice. Por lo anterior el índice construido no es comparable con el PRS original.
- El índice obtenido con el modelo de Cox, permite clasificar las variables en términos de riesgo de mortalidad, pero sólo resultaron significativas dos prácticas que al ser variables dicotómicas, hacen que tome únicamente cuatro valores, resultando poco informativo por su baja capacidad de diferenciar entre cualquier par de instituciones, además, presenta una baja sensibilidad a cambios en las prácticas en las instituciones.
- Los resultados mencionados en el ítem anterior llevaron a proponer una metodología distinta para la construcción del índice, ésta fue la de componentes principales.
- El índice construido con componentes principales presentó mejores resultados que los obtenidos con modelo de Cox, en cuanto a que permitió incluir más prácticas institucionales, mostró una mejor correlación con la mortalidad y se relacionó significativamente con los indicadores unidimensionales de Kt/V, hemoglobina, calcio y uso fístula. Esto se puede ver al comparar la tablas 2-8 y 2-27 , en las que se presentan estas correlaciones.

- El índice resultado de componentes principales, permite ordenar las instituciones de acuerdo a su desempeño medido en forma multivariada. Así que, una institución con un puntaje cercano 100, tiene las prácticas institucionales en valores asociados a probabilidades bajas de morir, de forma análoga una institución con puntaje cercano a 0, presenta prácticas institucionales asociadas a probabilidades altas de muerte. Lo anterior se planteó en términos relativos usando OR para referencia al momento de evaluar la institución de forma individual. Una institución con un puntaje inferior a 50, es una institución cuyas prácticas institucionales aumentan el riesgo de muerte en un 88%, con respecto a las instituciones con valores superiores a 50. Un segundo punto de corte es 55, una institución con un puntaje inferior a este valor tiene prácticas institucionales que aumentan el riesgo de muerte en un 41% con respecto a las instituciones con valores por encima de este valor. Resultado que permite pensar que el índice construido puede ser un instrumento de clasificación en términos de riesgo de mortalidad.
- A pesar de que el índice con componentes principales presento mejor validez de criterio y sensibilidad al cambio, las bajas correlaciones entre los componentes del índice, y el que el valor propio utilizado solo explique el 40% de la variabilidad total, genera algo de desconfianza ante los resultados. Por lo anterior, y para poder obtener un índice más potente se sugerirá repetir estos ejercicios, pero teniendo en cuenta las recomendaciones sobre mejorar la calidad en la recolección de la información que se presentan en la siguiente sección, y considerar recolectar otro tipo de variables que podrían relacionarse más con el concepto de calidad que se pretende medir.

## 3.2 Recomendaciones

- Realizar la medición de todas las variables planteadas en este estudio, para todos los individuos, para evitar la pérdida de información que por este motivo fue cercana al 40% para el desarrollo de este trabajo.

- Estandarizar los tiempos de recolección de información para todos los pacientes. Lo ideal es realizar las mediciones de todas las prácticas cada mes, pero en caso de restricciones presupuestales podría ser cada tres meses contados a partir de la fecha de inicio de tratamiento para cada paciente, esto con el fin de tener evaluaciones de calidad más precisas y oportunas.



**A. Anexo: Resultado de los modelos de regresión logística correspondientes a cada práctica manejadas como variable continua**

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-3.694	0.456	-8.094	0.000
%KT/V>1.2	-0.007	0.005	-1.547	0.122
Edad	0.031	0.004	7.1	0.000
HTA	0.295	0.133	2.212	0.027

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-3.644	0.379	-9.61	0.000
%HGB>11	-0.013	0.005	-2.468	0.014
Edad	0.032	0.004	7.25	0.000
HTA	0.302	0.133	2.265	0.023

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-3.964	0.331	-11.974	0.000
%ALBÚMINA>4	-0.008	0.004	-1.853	0.064
Edad	0.04	0.004	7.226	4.96E-13
HTA	0.279	0.134	2.09	0.037

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-5.482	0.483	-11.35	< 2e-16
%CATÉTER	0.027	0.008	3.389	0.0007
Edad	0.031	0.004	7.086	1.38E-12
HTA	0.316	0.134	2.366	0.018



## B. Anexo: Resultado de los modelos de regresión logística correspondientes a cada práctica manejadas como variables categóricas

	Grupo	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)		-3.8422	0.322	142.573	<.0001
HTA		-0.1524	0.067	5.203	0.022
Edad		0.031	0.004	49.203	<.0001
KT/V>1.2	0-40%	0.2357	0.12	3.832	0.05

	Grupo	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)		-3.822	0.316	146.368	<.0001
HTA		-0.146	0.0667	4.805	0.028
Edad		0.032	0.004	52.243	<.0001
HGB>11	0-20%	0.317	0.139	5.241	0.022

	Grupo	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)		-3.822	0.316	146.368	<.0001
HTA		-0.146	0.067	4.805	0.028
Edad		0.032	0.004	52.243	<.0001
ALBÚMINA>4	0-10%	0.317	0.139	5.241	0.022

	Grupo	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)		-3.959	0.3	173.806	<.0001
HTA		-0.163	0.067	5.905	0.015
Edad		0.031	0.004	49.946	<.0001
CATÉTER	50-100%	0.231	0.067	11.762	0.0006

	Grupo	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)		-4.33	0.305	-14.21	2.00E-16
HTA		0.291	0.133	2.177	0.03
Edad		0.032	0.004	7.207	5.71E-13
3.5≤FOSFORO≤5.5	0-50%	0.439	0.156	2.811	0.005





## Bibliografía

- [1] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE NEFROLOGÍA E HIPERTENSIÓN ARTERIAL. Sea un aliado contra la enfermedad renal, en el día mundial del riñón. Disponible en:  
<http://www.asocolnef.org/userfiles/file/sa%20un%20aliado%20contra%20la%20enfermedad%20renal.doc>
- [2] CUENTA DE ALTO COSTO. Consenso basado en evidencias para la elección de indicadores mínimos para el análisis de resultados clínicos en diálisis peritoneal y hemodiálisis, en Colombia. Disponible en:  
<http://www.cuentadealtocosto.org/Links/revision/IndicadoresMinimosDialisis.pdf>
- [3] DAVID C. MENDELSSOHN, RONALD L. PISONI, CHARLOTTE J. ARRINGTON *et al.* A practice-related risk score (PRS): a DOPPS-derived aggregate quality index for haemodialysis facilities, *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 3227–3233.
- [4] D.R. COX, DAVID OAKES. *Analysis of Survival Data* (Chapman & Hall/CRC Monographs on Statistics & Applied Probability). 1ª ed. London, UK: Chapman & Hall; 1984.
- [5] ERIC W. YOUNG, DAVID A. GOODKIN, DONNA L. MAPES *et al.* The Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS): An international hemodialysis study, *Kidney International* 2000; 57, 74 (Suppl): S-74–S-81.
- [6] HELD PJ, PORT FK, WOLFE RA, STANNARD DC, CARROLL CE, DAUGIRIDAS JT, GREER JW, HAKIM RM. ABSTRAC. The dose of hemodialysis and patient mortality. *Kidney Int* 50:550–556, 1996.

- [7] LUIS G. DÍAZ. Estadística Multivariada: Inferencia y Métodos. 1a ed. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [8] M. SANABRIA, J. MUÑOZ, C. TRILLOS, G. HERNÁNDEZ, C. LATORRE, C. DÍAZ, S. MURAD, K. RODRÍGUEZ, A. RIVERA, A. AMADOR, F. ARDILA, A. CAICEDO, D. CAMARGO, A. DÍAZ, J. GONZÁLEZ, H. LEGUIZAMÓN, P. LOPERA, L. MARIÍN, I. NIETO, E. VARGAS. Dialysis outcomes in Colombia (DOC) study: A comparison of patient survival on peritoneal dialysis vs hemodialysis in Colombia. *Kidney Int* 2008; 73: S165–S172.
- [9] M. SZKLO, J. NIETO. Epidemiología Intermedia Conceptos y Aplicaciones. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España; 2003.
- [10] MCCLELLAN WM, FLANDERS WD, GUTMAN RA. ABSTRAC. Variable mortality rates among dialysis treatment centers. *Ann Intern Med* 117:332– 336, 1992.
- [11] NATIONAL KIDNEY FOUNDATION: Hemodiálisis: Lo que necesita saber, 2006. Disponible en: [http://www.kidney.org/atoz/pdf/hemodialysis\\_sp.pdf](http://www.kidney.org/atoz/pdf/hemodialysis_sp.pdf)
- [12] PEDUZZI P, CONCATO J, FEINSTEIN AR, HOLFORD TR. Importance of events per independent variable in proportional hazards regression analysis. II. Accuracy and precision of regression estimates. *Clin Epidemiol.* 1995 Dec;48(12):1503-10.
- [13] PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, GOBIERNO EN LÍNEA. Pos garantiza atención integral a pacientes con enfermedad renal crónica, 2007. Disponible en: [http://www.presidencia.gov.co/prensa\\_new/sne/2007/marzo/08/18082007.htm](http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2007/marzo/08/18082007.htm)
- [14] RAÚL F. PÉREZ, RAMÓN R. SÁNCHEZ, ALEJANDRO F. PADRÓN. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis.: Estudio de un año. *AMC* [revista en la Internet]. 2008 Oct [citado 2012 Nov 17] ; 12(5). Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552008000500011&lng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552008000500011&lng=es)

- [15] SORIANO CABRERA. Definición y clasificación de los estadios de la enfermedad renal crónica. Prevalencia. Claves para el diagnóstico precoz. Factores de riesgo de enfermedad renal crónica. Revista Nefrología, Volumen 24 Suplemento No. 6. pp 27 a 29. 2004.
- [16] TORBEN MARTINUSSEN, THOMAS H. SCHEIKE. Statistics for Biology and Health: Dynamic Regression Models for Survival Data. United States of America: Springer, 2006.
- [17] TARCIANA L. PEREIRA, ENRICO A. COLOSIMO, MARIA C. RAPOSO. Modelo aditivo de Aalen: uma aplicação para dados de sinusite em pacientes com Aids. Revista Colombiana de Estadística, Volumen 30 No. 1. pp. 129 a 141. Junio 2007.
- [18] TEXAS HEART INSTITUTE, CENTRO DE INFORMACIÓN CARDIOVASCULAR. Acceso vascular para hemodiálisis, 2012. Disponible en: [http://www.texasheartinstitute.org/HIC/Topics\\_Esp/Proced/vascular\\_access\\_surge\\_ry\\_span.cfm](http://www.texasheartinstitute.org/HIC/Topics_Esp/Proced/vascular_access_surge_ry_span.cfm)
- [19] WILLIAM Q. MEEKER, LUIS A. ESCOBAR. Statistical Methods for Reliability Data, New York, EEUU: John Wiley & Sons, INC; 1998.