Anuario Jurídico y Económico Escurialense, **XLVII (2014) 389-406 / ISSN: 1133-3677**

Modelos Internos en Solvencia II

Internal Models in Solvency II

Dra. Mª Isabel MARTÍNEZ TORRE-ENCISO
Universidad Autónoma de Madrid

Dr. Rafael HERNÁNDEZ BARROS
Universidad Complutense de Madrid

Resumen: Se presenta la regulación de la solvencia (Solvencia II) como un sistema que va a promover la mejora de la gestión de los riesgos operacionales y la optimización de la carga de capital a través de los modelos internos. Partiendo de una serie de datos externos de pérdidas aseguradas de riesgos operacionales, se desarrolla un análisis financiero actuarial del riesgo operacional de las entidades aseguradoras del sector salud. Se presenta la base de datos externa de pérdidas de riesgos operacionales asegurados, así como su tratamiento estadístico y la identificación de sus distribuciones de severidad y frecuencia. Se profundiza en la investigación a través de un análisis OpVaR de los datos.

Abstract: Solvency regulation (Solvency II) is presented as a system that will encourage improvements in operational risk management and well as optimizing the capital charge through internal models. Based on a number of external data of operational risk insured losses, this paper develop an actuarial financial analysis of operational risk on insurance companies in the health sector. The paper presents the external database of operational risks insured losses and their statistical processing and identify their severity and frequency distributions to develop an OpVaR data analysis.

Palabras clave: Pérdidas aseguradas, riesgo operacional, Solvencia II, OpVar

Keyword: insured losses, operational risk, Solvency II, OpVar

Sumario:

I. Introducción.

II. Modelos Internos de Gestión del Riesgo Operacional: análisis de la base de datos.

III. Análisis Financiero Actuarial del Modelo Interno: proceso metodológico.

IV. Conclusiones.

V. Bibliografía.

Recibido: octubre de 2013.
Aceptado: diciembre de 2013.

I. INTRODUCCIÓN

La implantación de la gestión de riesgos operacionales en España presenta para las aseguradoras, especialmente del sector salud, un reto muy importante, facilitando que los nuevos sistemas de cuantificación del riesgo estén alineados con los objetivos de rentabilidad y crecimiento de las empresas, acercando la gestión de riesgos operacionales a las estrategias más punteras de gestión. En este sentido, el problema más importante que existe a la hora de implantar o conseguir un sistema robusto y verificable para estimar y gestionar el capital económico del riesgo operacional, que cumpla con las nuevas exigencias de Solvencia II, es la falta de datos históricos de pérdidas, y que preocupa por igual a gerentes de riesgos y a reguladores.

Los modelos internos exigidos en Solvencia II y su origen, la gestión del riesgo operacional y su cuantificación, han sido estudiados en la literatura económica y financiera con anterioridad. Sobre el análisis estadístico del riesgo operacional, Valerie Chavez-Demoulin, Paul Embrechts y Johanna Neslehová[1] han profundizado en los enfoques cualitativos y cuantitativos para el riesgo operacional y en las técnicas estadísticas para mejorar el entorno de modelización aplicable a la gestión del riesgo; o Marcelo Cruz[2], que ha investigado sobre diversos modelos matemáticos que pueden usarse para medir y modelizar el riesgo operacional.

La visión general del análisis utilizando datos internos, datos externos y valoraciones experimentadas ha sido tratada por Dominik Lambrigger, Volodymyr Shevchenko y Mario Wüthrich[3], que han analizado la cuantificación de la

[1] CHAVEZ-DEMOULIN, V., EMBRECHTS, P., y NESLEHOVA, J., *Quantitative Models for Operational Risk: Extremes, Dependence and Aggregation*, Department of Mathematics, ETH-Zürich, 2005. Valerie Chavez-Demoulin, Paul Embrechts y Johanna Nešlehová centran actualmente sus investigaciones en las matemáticas actuariales y en la gestión cuantitativa del riesgo, en particular del riego operacional.

[2] CRUZ, M.G., *Modeling, Measuring and Hedging Operational Risk*, John Wiley & Sons, New York, 2002. Marcelo Cruz está especializado en el desarrollo y validación de modelos matemáticos complejos para la gestión de riesgos.

[3] LAMBRIGGER, D.D., SHEVCHENKO, P.V., y WÜTHRICH, M.V., "The quantification of operational risk using internal data, relevant external data and expert opinions", in *The Journal of Operational Risk*, 2 (3) (2007) 3-27.

frecuencia y la severidad de las distribuciones del riesgo operacional utilizando datos internos, opiniones de expertos y datos externos relevantes, sugiriendo un nuevo enfoque en la combinación de estas tres fuentes de datos. Sobre el análisis VaR, técnica financiera conocida, ver por ejemplo Stuart Klugman, Harry Panjer y Gordon Willmot[4], que centraron sus investigaciones desde el inicio de la toma de datos hasta el análisis de decisiones, describiendo las distribuciones de frecuencia y severidad para el uso de modelos de pérdidas agregadas. Otros autores que han trabajado en la modelización financiera actuarial para el riesgo operacional son Carol Alexander[5], Santiago Carrillo[6], Dimitris N. Chorafas[7] o Marcus Larneback[8].

Los modelos más utilizados en la literatura financiera para el análisis financiero actuarial del riesgo operacional, modelos a su vez utilizados como modelos internos de gestión del riesgo operacional, son los probabilísticos. Estos modelos están muy ligados a cálculos actuariales y financieros y tradicionalmente se vinculan al sector financiero y asegurador. De entre ellos, destacan el VaR, la teoría del valor extremo y los modelos de "stress testing" y análisis de escenarios, como los más comunes, y más sencillos de aplicar en la práctica. En cuanto a los modelos deterministas, menos utilizados como modelos internos requeridos por Solvencia II para la gestión del riesgo operacional, las redes bayesianas sobresalen por su novedad y complejidad de cálculo. Respecto a los modelos econométricos, están mostrando un incipiente desarrollo para el fin propuesto por lo que la literatura sobre su aplicación a los riesgos operacionales es aún muy escasa.

Conociendo la situación actual sobre el análisis y cuantificación del riesgo operacional, y la clara posición de Solvencia II con respecto a los modelos

---

Dominik Lambrigger, Pavel Shevchenko y Mario Wüthrich están especializados en los métodos estadísticos y en la combinación de fuentes de datos para la cuantificación del riesgo operacional.

[4] KLUGMAN, S.A., PANJER, H.R., y WILLMOT, G.E., *Loss Models: From data to decisions,* John Wiley and sons, New York, 2004.

El interés investigador de Stuart Klugman, Harry Panjer y Gordon Willmot está centrado fundamentalmente en el análisis de las perdidas aseguradoras, en particular en la teoría y aplicación de modelos de siniestros agregados.

[5] ALEXANDER, C., "Statistical models of operational loss", *Handbook of Finance*, Volumen 1, Fabozzi (ed.), Wiley, New York, 2008.

[6] CARRILLO MENENDEZ, S., *Operational Risk: Actuarial Methods in Risk Management*, RiskLab-Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2006.

[7] CHORAFAS, D.N., "Operational risk control business opportunity and challenges for the insurance industry", in *Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and practice*, V 29, nº 1 (January 2004) 87-101.

[8] LARNEBACK, M., "*Modelling operational risk using actuarial methods*", Working Paper, Institutionen för Matematik och Matematisk Statistic, Umea universitet, 2006.

internos de control del riesgo operacional[9], este trabajo se enfoca en el análisis estadístico de los riesgos operacionales de las entidades de seguros de salud partiendo de una serie de datos externos de pérdidas aseguradas, profundizándose en el examen a través de un análisis VaR de los datos (distribuciones de frecuencia y severidad)[10]. Este análisis va a definir una medida común susceptible de aplicación universal a una gran variedad de categorías de riesgo y líneas de negocio de forma que su resultado se expresará en una cifra en unidades monetarias, facilitando así el establecimiento de comparaciones internas y externas y la posibilidad de obtener una serie de conclusiones sobre su aplicabilidad a las compañías aseguradoras de Salud en España.

El presente trabajo aúna tres aspectos hasta hoy no considerados de forma conjunta: la literatura financiera sobre seguros del sector salud, las bases de datos externas y la cuantificación del riesgo operacional. Estos aspectos considerados conjuntamente permiten obtener una información sobre el riesgo operacional muy valiosa que se ajusta a la cantidad y calidad de los datos existentes y disponibles para esta investigación, y que para el regulador es una medida esencial para la determinación de los requisitos de capital para la solvencia.

II. MODELOS INTERNOS DE GESTIÓN DEL RIESGO OPERACIONAL: ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS

El primer paso seguido para el desarrollo del trabajo tras el análisis de la bibliografía existente, ha sido el análisis de las bases de datos y su tratamiento en cuatro diferentes apartados: análisis de la base de datos, tratamiento de la base de datos, ajuste de la base de datos y resultados de la base de datos.

2.1. *Análisis de la base de datos*

Se ha utilizado una base de datos externa de pérdidas de riesgos operacionales asegurados, referentes a siniestros e incidencias notificadas por 21 compañías aseguradoras españolas de salud desde 1991 a 2008, recogidos por un mediador de seguros[11]. Esta base de datos la componen unos 1.200 siniestros de pérdidas

[9] MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., y HERNÁNDEZ BARROS, R., "Cuestiones básicas para la cuantificación del riesgo operacional de las entidades aseguradoras", en *Anuario Jurídico y Económico Escurialense* (San Lorenzo del Escorial), XLV (2012) 389-408.

[10] Las opiniones y conclusiones expresadas y obtenidas en esta investigación son propias de los autores, y no reflejan necesariamente el punto de vista de ninguna empresa o entidad en particular en relación a los temas analizados.

[11] Confidencialidad de la información. En la presente investigación, la información disponible se ha tratado de manera confidencial, y se mantiene el compromiso de no revelar, por cuenta

aseguradas, con un valor agregado de 10,7 millones de euros. Hay que tener en cuenta que la mayoría de estos siniestros se refieren no solo a incidentes comunicados por compañías aseguradoras exclusivas de salud, sino que también incluyen incidentes ocurridos a aseguradoras que también gestionan otros tipos de ramos. La base de datos contiene todas las pérdidas reportadas, y los atributos registrados para cada pérdida de la base de datos incluyen tanto datos generales (referencia del cliente, tipo de ramo de seguro, causa y lugar del siniestro, etc.), como fechas de referencia y el valor o estimación de las pérdidas.

Un análisis inicial de la base de datos, nos indica que los datos de la muestra encajan con el comportamiento previsible de las pérdidas de riesgos operacionales, que el mayor número de siniestros corresponde a pérdidas de baja cuantía, y que el mayor importe de los siniestros corresponde tan solo a unos pocos eventos. Además, este comportamiento sucede para todas las categorías de riesgo[12], salvo para los de Daños a Activos Físicos, en donde el mayor impacto en volumen la representan los siniestros de mediano coste por siniestro, lo que entra dentro de lo razonable teniendo en cuenta los bienes y equipos en los que invierten las compañías aseguradoras para el ejercicio de su actividad[13] como edificios y equipos informáticos, y de las medidas de riesgo que existen para su mitigación y control; y también el comportamiento de las pérdidas de Ejecución y Gestión de los Procesos se sale de lo esperado para los riesgo operacionales, ya que incluye las reclamaciones de responsabilidad civil por praxis médica, la actividad principal de su negocio.

2.2. *Tratamiento de la base de datos*

Una vez obtenida y analizada la base de datos, se procedió realizar una depuración y tratamiento exhaustivo de la misma. Una de las preocupaciones más importantes ha sido la consistencia de los datos, por lo que cada pérdida individual tuvo que ser categorizada inicialmente de acuerdo con el estándar para seguros de la clasificación de eventos tipo para el riesgo operacional en base a la siguiente tabla (TABLA 1):

---

propia o ajena directa o indirectamente, datos o informaciones a terceros. Dicha información será tratada exclusivamente para la elaboración del presente trabajo.

[12] Según la clasificación ORIC eventos tipo para el riesgo operacional.

[13] HERNÁNDEZ BARROS, R., "Políticas de inversión del sector seguros en la Unión Europea", en *Revista Universitaria Europea*, nº 6 (2007) 97-128.

TABLA 1: Clasificación de eventos tipo para el riesgo operacional

Tipos de evento (Nivel 1)	Definición	Categoría (Nivel 2)
Fraude Interno	Actuaciones realizadas con ánimo de dolo o lucro por parte del personal interno de la organización, así como por acciones no autorizadas por el uso incorrecto de los poderes o atribuciones otorgados al personal.	Actividades no autorizadas
		Fraude y robo
Fraude Externo	Ejecución de hechos de carácter delictivo por personal no interno de la compañía, clientes, proveedores, etc.	Fraude y robo
		Sistemas de seguridad
Relaciones laborales y seguridad en el puesto de trabajo	Es el riesgo en la gestión de los recursos humanos, e incluye los incumplimientos de la normativa laboral.	Relaciones con empleados
		Riesgo Laboral
		Diversidad y discriminación
Prácticas con clientes, productos o negocios	Expectativas de clientes no satisfechas por malas prácticas o por deficiencias en la venta de servicios; y de las multas, sanciones o indemnizaciones por incorrectas prácticas comerciales.	Adecuación a la normativa interna
		Negocios o prácticas de mercado no autorizados
		Deficiencias en los productos
		Suscripción de riesgos o programas de reaseguro inapropiados
		Actividades de asesoramiento
Daños a los activos físicos	Acontecimientos externos, ya sean naturales, accidentales o provocados, que dañen los activos físicos o interrumpan las actividades de la empresa.	Desastres y otros eventos

Tipos de evento (Nivel 1)	**Definición**	**Categoría (Nivel 2)**
Fallos de sistemas	Deficiencias en el diseño e implantación de sistemas de información, y por el deficiente funcionamiento de los sistemas de comunicación	Sistemas
Ejecución y gestión de los procesos	Deficiencias de los procesos de la compañía, tanto por el diseño como por la gestión de los mismos, y por los errores en la ejecución de procedimientos y operaciones.	Ejecución y mantenimiento
		Control y reporting
		Documentación
		Gestión de cuentas del cliente
		Terceras partes
		Proveedores

Fuente: Consorcio de base de datos ORIC, obtenido de la página web de la "*Association of British Insurers*", www.abi.org.uk, enero 2012.

En segundo lugar, los expedientes se han clasificado en los siguientes grupos, dada la necesidad de modelizar cada uno separadamente debido a la distinta naturaleza y a su comportamiento siniestral y estadístico de cada uno de ellos: Daños, incluidos los multi-riesgos; Responsabilidad Civil Sanitaria; Responsabilidad Civil.

2.3. *Ajustes de la base de datos*

Asimismo, y adicionalmente a la revisión inicial de cada entrada de la base de datos (importes, conceptos, causa, etc.) y de su clasificación en tipos de eventos, se han realizado los siguientes ajustes:

a. Se han reasignado algunos expedientes que, siendo reclamaciones por mala praxis médica, no están considerados en la base de datos en el grupo de Responsabilidad Civil Sanitaria.

b. Filtrado de datos. Eliminación de expedientes abiertos de forma incorrecta, incluidos en la categoría "Anulados" del campo "Situación". Sólo han

sido considerados los siniestros con fechas entre 2002 y 2006, ambos inclusive.

c. Se han identificado siniestros no cubiertos por la póliza de seguros, utilizando para ello los campos "Situación" del expediente y "Comentarios".

d. A partir de los campos disponibles ("Indemnización", "Estimación de la Indemnización", "Total Siniestro" y "Franquicia"), y en función de la situación del expediente ("Liquidado", "En peritación", "Tramitando indemnizaciones", etc.), se ha obtenido el coste total de los siniestros ya que faltaba esta información.

e. Cálculo del coste total utilizando, bajo un criterio conservador, los datos históricos del Índice de Precios Industriales en España[14].

f. Aunque se dispone de un gran número de años con datos de siniestralidad, se ha utilizado sólo el periodo 2002-2006, dado que no se conocen las condiciones específicas de cobertura y de exposición al riesgo, como los capitales y límites asegurados de cada contrato de seguros, condiciones que suelen cambiar en las renovaciones anuales de las pólizas al incluirse nuevos bienes por crecimiento de la empresa, fusiones o adquisiciones. Por ello se ha utilizado un periodo más ajustado en el que se asume que no ha habido cambios significativos en dichas coberturas y exposiciones al riesgo.

Para terminar de ajustar y filtrar la base de datos que permitiera una mejor clasificación de los siniestros, se realizaron las siguientes hipótesis adicionales sobre los datos:

a. Siniestros bajo franquicia:

   i. En aquellos expedientes con situación "Daños bajo franquicia", dada la falta del dato del coste en todos los casos, se ha asumido que dicho coste es igual a la franquicia.

   ii. Se asume que 1 de cada 4 siniestros con coste inferior a la franquicia es reportado al asegurador.

   iii. Dada la falta de datos de costes bajo franquicia se ha utilizado para estos un modelo del tipo Pert con parámetros 0 (coste mínimo), franquicia del 50% (coste más probable) y franquicia al 100% (coste máximo).

[14] Instituto Nacional de Estadística.

b. Siniestros no cubiertos:

i. Todos los expedientes con estado "Sin consecuencias" se han considerado como casos no amparados por la respectiva póliza.

ii. Los expedientes anulados con causa distinta a un error se han considerado como no cubiertos.

iii. Se asume que 1 de cada 2 siniestros no amparados por el seguro son declarados al asegurador.

iv. Ante la falta de datos sobre siniestros no cubiertos por una póliza, se han utilizado los datos de siniestros cubiertos para ajustar un modelo teórico, pero tomando sólo aquellos costes dentro de un intervalo igual a 1 de desviación estándar alrededor de la media. Con esto se asume que los riesgos cubiertos y no cubiertos son similares alrededor de sus costes medios.

2.4. *Resultados de la base de datos*

Finalmente, la muestra que queda después del filtrado está compuesta por 373 siniestros de pérdidas aseguradas, con un valor agregado de 5,6 millones de euros.

III. ANÁLISIS FINANCIERO ACTUARIAL DEL MODELO INTERNO: PROCESO METODOLÓGICO

Del estudio de los modelos utilizados en la literatura financiera para el análisis financiero actuarial del riesgo operacional, se puede extraer que los modelos más utilizados han sido los probabilísticos, que están más ligados a cálculos actuariales y financieros tradicionalmente vinculados al sector financiero y asegurador[15]. De entre ellos, destacan el VaR, la teoría del valor extremo y los modelos de "stress testing" y análisis de escenarios, como los más comunes, y más sencillos de aplicar en la práctica. En cuanto a los modelos deterministas, las redes bayesianas sobresalen por su novedad y complejidad de cálculo, y de los modelos econométricos, no se ha encontrado literatura sobre su aplicación a los riesgos operacionales.

[15] MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., y HERNÁNDEZ BARROS, R., "Capital assessment of operational risk for the solvency of hearth insurance companies", in *Journal of Operational Risk,* Risk Journals, Volume 7, number 2, summer 2012 (2012) 46-65.

Por tanto, dada la situación actual de la investigación sobre el tema y la clara posición respecto a los modelos internos para la gestión del riesgo operacional según Solvencia II, se plantea aplicar el modelo clásico VaR, ya que define una medida común susceptible de aplicación universal a una gran variedad de categorías de riesgo y líneas de negocio, y porque su resultado se expresa en una cifra en unidades monetarias, lo cual facilita el establecimiento de comparaciones internas y externas, y la posibilidad de obtener una serie de conclusiones sobre su aplicación real a las compañías aseguradoras de salud en España.

Para la creación de este modelo probabilístico, VaR, procedemos al análisis de la distribución de severidad y la distribución de frecuencia de siniestros con el objetivo de calcular posteriormente el *operational VaR*, (OpVaR).

3.1. *Distribuciones de severidad*

Esta primera fase en el proceso metodológico, se ajustan distintos modelos de distribución probabilística a la serie histórica de pérdidas operacionales desglosadas por su tipología. Es decir, se ha tratado de encontrar los parámetros de la distribución de probabilidad que mejor se ajusten a la base de datos utilizada. Aunque pudieran establecerse a priori, en función de la experiencia, algunos modelos de distribuciones como las más recomendables a la hora de modelizar la severidad, en la práctica ninguna distribución simple se suele ajustar a los datos satisfactoriamente, de ahí la necesidad de recurrir a la combinación de varias distribuciones.

TABLA 2: Modelos de probabilidad ajustados a los datos de coste de las pérdidas

Grupo	Rango de coste	Distribución	p-valor
Daños	Hasta 350 €	Normal	92%
	Mayor de 350 €	Lognormal	91%
Responsabilidad civil sanitaria	Hasta 1.700 €	Extreme value	74%
	Mayor de 2.000 € (1)	Inversa de Gauss	92%
Responsabilidad civil	Hasta 1.700 €	Exponencial	66%
	Mayor de 2.800 € (2)	Lognormal	73%

(1) Ante la imposibilidad de un ajuste aceptable entre 1.700€ y 2.000€, se asume el modelo de rango inferior
(2) Se asume el modelo de rango inferior hasta los 2.800€

En la tabla 2 se resumen los modelos de probabilidad ajustados a los datos históricos de costes de las pérdidas. Se incluye el p-valor obtenido de la prueba $\chi 2$-Cuadrado para medir la bondad del ajuste a los datos. Dado que el comportamiento siniestral es diferente para los siniestros de mayor importe, en todos los ramos se han separado los siniestros en dos rangos de datos para ajustar mejor las distribuciones. En dicho cuadro se observa que la bondad de los ajustes es alta para cada rango de coste y tipo de modelo seleccionado.

A continuación se presentan las distribuciones de probabilidad de cada uno de los ajustes realizados, para cada intervalo de coste estimado:

- Los modelos que más se ajustan a los datos históricos del ramo de Daños, para los intervalos de coste de menos de 350 € y de más de 350 € de coste por siniestro, son las distribuciones Normal y Lognormal, que superan en ambos casos el 90%.

- Los modelos que más se ajustan a los datos históricos del ramo de Responsabilidad Civil Sanitaria (RCS), para los intervalos de coste de menos de 1.700 € y de más de 2.000 € de coste por siniestro, son el Extreme Value y la Inversa de Gauss, cuyo p-valor obtenido de la prueba $\chi 2$-Cuadrado es el 74% y 92% respectivamente. Ante la imposibilidad de un ajuste aceptable entre los 1.700 € y 2.000 €, se asume el modelo de rango inferior hasta los 2.000 €, lo que resulta en una menor bondad del ajuste.

- Para los intervalos de coste de menos de 1.700 € y de más de 2.800 € de coste por siniestro del ramo de Responsabilidad Civil (RC), los modelos que más se ajustan a los datos históricos son el Lognormal, con un p-valor obtenido de la prueba $\chi 2$-Cuadrado del 73% para los siniestros de más de 2.800 €, y el Exponencial, cuya bondad del ajuste es menor, el 66%, debido a que ante la imposibilidad de un ajuste aceptable entre los 1.700 € y 2.800 €, se asume este modelo Exponencial hasta 2.800 €.

- Para los riesgos que no están cubiertos mediante una póliza de seguros, se han utilizado modelos ajustados a los datos de costes indemnizados. Para realizar este análisis, se ha escogido la muestra de un asegurador de la base de datos, como más representativo y que tuviera una serie lo más completa posible, pero considerando sólo aquellos incluidos en un intervalo de 1 desviación estándar alrededor del coste medio. El modelo que más se ajusta a los datos para las pérdidas sin cobertura de los distintos ramos de la muestra, es la Inversa de Gauss.

3.2. *Distribuciones de frecuencia*[16] *de siniestros*

Para la modelización del número de siniestros que podría presentar una aseguradora en particular, se propone una distribución Poisson, cuyo parámetro será estimado a partir de los datos de siniestralidad histórica de dicha compañía, o en caso de no tener experiencia o base suficiente, se podría utilizar la frecuencia promedio registrada en la base de datos, ponderada por algún factor de exposición como podría ser la prima.

Para estimar la frecuencia de los riesgos de Responsabilidad Civil y Responsabilidad Civil sanitaria se ha utilizado el método estadístico "Chain Ladder"[17], aplicando los parámetros de proporcionalidad (factores de desarrollo) de las estadísticas de mercado de Responsabilidad Civil con el objeto de considerar la naturaleza de estos riesgos en cuanto a la aparición de las reclamaciones.

Con el objetivo de realizar los cálculos, se ha considerado una aseguradora con datos de siniestralidad que se consideraban suficientes para las estimaciones. Para estimar la frecuencia de siniestros en cada intervalo de coste se ha ponderado el promedio de siniestros de la compañía con la proporción de expedientes de toda la base de datos en ese rango de coste. Los parámetros utilizados en los modelos Poisson son las medias de frecuencia en el periodo 2002-2006.

3.3. *Cálculo del OpVaR (valor en riesgo del riesgo operacional)*

Dentro del contexto general de la regulación de la solvencia de las entidades aseguradoras, Solvencia II[18], y como se indicaba en la introducción de este trabajo, el objetivo es analizar, desde un punto de vista práctico, los modelos internos para la gestión de los riesgos de las entidades aseguradoras del sector salud, con especial atención al riesgo operacional y con una clara orientación a su aplicación práctica en el entorno empresarial, profundizando en el análisis estadístico de los riesgos operacionales de las entidades de seguros

[16] La frecuencia es una variable aleatoria discreta que representa el número de eventos observados durante un periodo de tiempo establecido, con una determinada probabilidad de ocurrencia.

[17] Método estadístico clásico que, según la normativa (Artículo 43 del Reglamento de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados, Real Decreto 2486/1998 de 20 de noviembre), se permite para el cálculo de la provisión de siniestros pendientes por parte de las entidades aseguradoras.

[18] HERNÁNDEZ BARROS, R., y MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., "La nueva regulación europea de seguros privados: Solvencia II", *Boletín de Estudios Económicos*, nº 199 (2010), pp. 75-91.

de salud partiendo de una serie de datos externa de pérdidas aseguradas, de baja y mediana severidad y frecuencia, profundizando en el análisis a través de la metodología OpVaR de los datos.

Llegados a este punto, y una vez analizado el proceso de recopilación de datos, realizado el tratamiento y descripción estadística de la base de datos de pérdidas de riesgo operacional y, finalmente, identificadas las distribuciones de severidad y frecuencia[19], se procede a obtener la distribución de pérdidas agregada combinando ambas distribuciones. Para ello se ha utilizado el enfoque de simulación de la siniestralidad por Monte Carlo, elaborando un modelo de cálculo que incluye los siniestros reportados por las entidades aseguradoras de salud a sus compañías aseguradoras de este tipo de pérdidas de riesgo operacional y bajo la cobertura de las pólizas o contratos de seguro; los siniestros con coste bajo franquicia[20] no reportados a los aseguradores; y los siniestros no amparados o excluidos de las coberturas contratadas[21].

El método de Monte Carlo se basa en generar una serie de escenarios aleatorios partiendo de las hipótesis y distribuciones de probabilidad, desarrolladas en los apartados anteriores, determinándose los resultados para cada distribución. Una vez obtenidos los resultados para cada escenario, se completa el histograma de frecuencias y se determina cuál es el OpVaR a partir de la distribución de pérdidas agregada. La simulación por Monte Carlo es especialmente válida para nuestra base de datos externa de pérdidas de riesgo operacional de entidades aseguradoras de salud, ya que nos ha permitido modelizar el comportamiento de variables que siguen distribuciones diferentes de la normal, como la Lognormal o la del Extreme Value.

El concepto de valor en riesgo del riesgo operacional (OpVaR) estudia un percentil[22] de una distribución de pérdidas originadas por pérdidas o fallos operacionales. Se puede definir el OpVaR como un importe, expresado en unidades monetarias, que proporciona información sobre la mínima pérdida potencial en la que podría incurrir una determinada área de negocio o empresa

[19] En esta fase en el proceso metodológico, tratada en el punto anterior, se trataba de encontrar los parámetros de la distribución de probabilidad que mejor se ajustaran a la base de datos utilizada.

[20] Franquicia: parte de la indemnización asumida por el asegurado en caso de siniestro cubierto.

[21] MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., y HERNÁNDEZ BARROS, R., "Operational losses for the capital charge of health insurers: Lessons from Spain ", *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*, The International Association for the Study of Insurance Economics, Volume Nº 37, Issue 4, October 2012 (2012) 763-779.

[22] Un percentil es el valor que divide un conjunto ordenado de datos estadísticos de forma que un porcentaje de tales datos sea inferior a dicho valor.

por riesgo operacional dentro de un plazo determinado y con un cierto nivel de confianza estadístico. Una de las principales especificaciones para determinar una correcta definición del OpVaR es el nivel de confianza estadístico, que en general depende del grado de aversión al riesgo de cada entidad. Pero en el presente análisis, se ha utilizado como referencia para el cálculo del OpVaR un nivel de confianza estadístico del 99,9%.

De esta forma, para obtener el VaR del riesgo operacional se ha estimado el coste total a cargo de la compañía como el sumatorio de los costes bajo franquicia de los siniestros cubiertos por el seguro y los costes asumidos por la compañía por no estar cubiertos mediante póliza. Finalmente, el cálculo del OpVaR es inmediato, pues basta calcular el percentil correspondiente a la distribución de pérdidas agregada combinando las distribuciones de severidad y frecuencia y en función del nivel de confianza seleccionado, en nuestro caso al 99,9% ya mencionado, y que asciende aproximadamente a 765.456,80 €.

El significado de esta cifra, en sí misma, no es muy esclarecedor de la situación de la gestión del riesgo operacional si no la comparamos con otras medidas de riesgo, la descomponemos para cada área de negocio o si no analizamos rigurosamente si dicha cuantía resulta adecuada para la organización que se esté observando. Pero, en cambio, nos puede ofrecer una medida del riesgo que estamos asumiendo, en este caso, 765.456,80 €, utilizando datos externos del sector de seguros de salud en España, lo que puede facilitar las comparaciones con otros departamentos y empresas del sector y así poder establecer medidas para su control y gestión.

IV. CONCLUSIONES

La gestión del conjunto de riesgos a través de modelos internos, y en concreto el riesgo operacional, tiene cada vez más importancia en la gestión y en el gobierno corporativo de las entidades aseguradoras, y por extensión de las de salud. Las diferentes operaciones y los procesos de estas organizaciones cada vez tienen mayores implicaciones e interacciones con el resto de riesgos a los que se enfrentan, como los de mercado o los de crédito. La gestión y el análisis financiero del riesgo operacional es una actividad necesaria para las entidades aseguradoras, que presenta amplias posibilidades de desarrollo y un gran campo de estudio sobre temas conceptuales y prácticos debido a la particularidad y complejidad que conlleva implícita este tipo de riesgos. La nueva regulación de Solvencia II y las necesidades que ésta impone, va a aumentar de forma inexorable la necesidad de una gestión eficaz de los riesgos operacionales y del desarrollo e implantación de metodologías y modelos internos diversos para su análisis, siendo sin lugar a dudas, el enfoque de la técnica

clásica de modelización VaR el que más se acerca a sus objetivos y más posibilidades tiene con respecto a otras metodologías, ya que es una herramienta sencilla, fiable, conocida y fácilmente aplicable, contando además con la referencia de Solvencia II y de Basilea II y su clara disposición hacia al modelo VaR para el análisis financiero actuarial del riesgo operacional.

Es muy conocida la problemática de la falta de datos internos para el análisis financiero del riesgo operacional, es por ello que el tipo de datos que se ha utilizado, con incidentes con suficiente trayectoria histórica, de baja y mediana frecuencia y severidad (evitando los posibles resultados de las bases de datos externas que suelen estar muy sesgadas hacia eventos de alta severidad y baja frecuencia), puede ayudar a suplir esta carencia de las aseguradoras, con su aportación de datos de riesgos operacionales combinado de varias aseguradoras del sector salud, clasificadas según la tipología de riesgos más probable de Solvencia II y depuradas de acuerdo a las necesidades de los objetivos finales. Y aquí es donde el OpVaR aporta mayor valor, ya que define una medida común susceptible de aplicación universal a una gran variedad de categorías de riesgo y líneas de negocio, y porque su resultado se expresa en una cifra en unidades monetarias, lo cual facilita el establecimiento de comparaciones internas y externas y la posibilidad de establecer límites para el control de los mismos.

En cuanto a los resultados del análisis financiero actuarial desarrollado sobre el riesgo operacional de las entidades aseguradoras del sector salud en España, muestran que, por un lado, el tipo y estructura de los datos disponibles (pérdidas o siniestros de baja y mediana severidad y frecuencia) son coherentes con el comportamiento general de los riesgos operacionales; y, por el otro, con respecto a los modelos de distribuciones probabilísticas de pérdidas para la serie histórica de datos, las distribuciones seleccionadas (Normal, Lognormal, Inversa de Gauss, Extreme Value y Exponencial para la frecuencia, y Poisson para la severidad), son conocidas y comúnmente aplicadas en este tipo de exploración estadística, y que se han ajustado bien a los datos e intervalos utilizados en la investigación.

V. BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDER, C., "Statistical models of operational loss", *Handbook of Finance*, Volumen 1, Fabozzi (ed.), Wiley, 2008.

- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION, *Working Paper on the Regulatory Treatment of Operational Risk*, Bassel, 2001.

- CARRILLO MENÉNDEZ, S., *Operational Risk: Actuarial Methods in Risk Management*, RiskLab-Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2006.

- CHAVEZ-DEMOULIN, V.; EMBRECHTS, P., y NESLEHOVA, J., *Quantitative Models for Operational Risk: Extremes, Dependence and Aggregation*, Department of Mathematics, ETH-Zürich, Zurich, 2005.

- CHORAFAS, D.N., "Operational risk control business opportunity and challenges for the insurance industry", in *Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and practice*, V 29, nº 1 (January 2004) 87-101.

- CRUZ, M.G., *Modeling, Measuring and Hedging Operational Risk*, John Wiley & Sons, New York, 2002.

- DIRECTIVA 2009/138/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 25 de noviembre de 2009, sobre el seguro de vida, el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio *(Solvencia II*).

- EMBRECHTS, P.; FURRER, H., y KAUFMANN, R., "*Quantifying Regulatory Capital for Operational Risk*", ETH Zürich and London School of Economics, Working Paper, 2004.

- EMBRECHTS, P., y NESLEHOVA, J., "*Quantitative Models for Operational Risk*" Risklab, ETH Zürich Working Paper, 2006.

- HERNÁNDEZ BARROS, R., "Políticas de inversión del sector seguros en la Unión Europea", en *Revista Universitaria Europea*, nº 6 (2007) 97-128.

- HERNÁNDEZ BARROS, R. y MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., "La nueva regulación europea de seguros privados: Solvencia II", en *Boletín de Estudios Económicos*, nº 199 (2010) 75-91.

- JORDAN, J. de; FONTNOUVELLE, P.; DEJESUS-RUEFF, V., y ROSENGREN, E., "*Using loss data to quantify operational risk*", Working paper, Bank of Boston, 2003.

- KPMG, *Study into the methodologies to assess the overall financial position of an insurance undertaking from the perspective of prudential supervision*, European Commission, Brussels, 2002.

- KLUGMAN, S.A.; PANJER, H.R., y WILLMOT, G.E., *Loss Models: From data to decisions,* John Wiley and sons, New York, 2004.

- LAMBRIGGER, D.D.; SHEVCHENKO, P.V., y WÜTHRICH, M.V., "The quantification of operational risk using internal data, relevant external data and expert opinions", in *The Journal of Operational Risk*, 2 (3) (2007) 3-27.

- LARNEBACK, M., "*Modelling operational risk using actuarial methods*", Working Paper, Institutionen för Matematik och Matematisk Statistic, Umea universitet, 2006.

- LEY 34/2003, de 4 de Noviembre, de modificación y adaptación a la normativa comunitaria de la legislación de seguros privados.

- MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., y HERNÁNDEZ BARROS, R., "Cuestiones básicas para la cuantificación del riesgo operacional de las entidades aseguradoras", en *Anuario Jurídico y Económico Escurialense* (San Lorenzo del Escorial), XLV (2012), 389-408.

- MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I.. y HERNÁNDEZ BARROS, R., "Capital assessment of operational risk for the solvency of hearth insurance companies"**,** *Journal of Operational Risk,* Risk Journals, Volume 7, number 2, summer 2012 (2012), pp. 46-65.

- MARTÍNEZ TORRE-ENCISO, M.I., y HERNÁNDEZ BARROS, R., "Operational losses for the capital charge of health insurers: Lessons from Spain", in *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice***,** The International Association for the Study of Insurance Economics, Volume Nº 37, Issue 4, October 2012 (2012) 763-779.

- METROPOLIS, N., y ULAM, S., "The Monte Carlo method", in *Journal of the American Statistical Association*, nº 44 (247) (1949) 335-341.

- REAL DECRETO 297/2004, de 20 de febrero, por el que se modifica el Reglamento de ordenación y supervisión de los seguros privados, aprobado por el Real Decreto 2486/1998, de 20 de noviembre.

- TRIPP, M.H., "Quantifying operational risk in general insurance companies", *British Actuarial Journal*, nº 49 (2005).