



Cálculo del Valor en Riesgo Operacional de una Empresa Aseguradora Mediante Redes Bayesianas

DÁVILA ARAGÓN, GRISELDA

Escuela de Ciencias Económicas y Empresariales

Universidad Panamericana (México)

Correo electrónico: gdavila@up.edu.mx

ORTIZ ARANGO, FRANCISCO

Centro de Regulación Energética y Economía del Desarrollo

Universidad Panamericana (México)

Correo electrónico: fortizar62@gmail.com

RESUMEN

Fue en los noventa cuando se definió el concepto de Riesgo Operacional, desde entonces las instituciones, sobre todo del sector financiero, están preocupadas en este tipo de riesgo dado que su exposición podría tener consecuencias fatales. En el caso del sector asegurador su estudio se origina debido al nuevo marco regulatorio Europeo de Solvencia II. El propósito de esta investigación es el desarrollo de una metodología basada en redes bayesianas que permita identificar y medir el riesgo operacional para poder determinar el requerimiento de capital de solvencia en el proceso de cotización de pólizas en línea de una aseguradora que incursionó recientemente en esta forma de operar. Para lo cual se diseñó un modelo de red bayesiana con distribuciones a priori y a posteriori que permitieran estimar la frecuencia y la severidad de las pérdidas, con las distribuciones a posteriori se realizó una estimación de la pérdida esperada para un periodo de un año, utilizando simulación Montecarlo.

Palabras claves: Riesgo operacional; Redes Bayesianas; Solvencia II OpVar.

Clasificación JEL: C11; C15; C51.

MSC2010: 62C10.

Calculation of Operational Value at Risk of an Insurance Company through Bayesian Networks

ABSTRACT

It was in the 1990's when the concept of Operational Risk was defined, since then the institutions, especially those in the financial sector, are worried about this type of risk since their exposure could have fatal consequences. In case of the insurance sector its study originates due to the new European regulatory framework of Solvency II. The purpose of this research is the development of a methodology based on Bayesian networks to identify and measure operational risk in order to determine the solvency capital requirement in the online policy quotation process of an insurance company that recently entered into this way of operating. For this, a Bayesian network model was designed with a priori and a posteriori distributions that allowed estimating the frequency and severity of the losses, with the posteriori distributions, an estimate of the expected loss for a period of one year was made using Monte Carlo simulation.

Keywords: Operational risk; Bayesian networks; Solvency II OpVar.

JEL classification: C11; C15; C51.

MSC2010: 62C10.



1. Introducción

El Riesgo Operacional (RO) ha existido en todo tipo de actividades de las empresas aún antes de que el hombre lo identificara y definiera formalmente, lo cual ocurrió hasta los noventa del siglo pasado cuando se dio la quiebra del banco más fuerte y representativo de Londres, el Barings Bank, debida fundamentalmente a la falta de control sobre las operaciones especulativas de uno de sus operadores, Nick Leeson.

Antes de la definición actual del RO existieron muchas definiciones de riesgo operativo u operacional, en su mayoría anónimas como, por ejemplo:

- Todo aquello que no es ni riesgo de crédito, ni riesgo de mercado. Hoffman (1998).
- El riesgo de pérdida debido a errores humanos o deficiencias en sistemas o controles.
- El riesgo de que las prácticas, políticas y sistemas internos de una empresa no sean lo suficientemente rigurosos o sofisticados como para hacer frente a condiciones inesperadas del mercado o a errores humanos o tecnológicos.
- El riesgo de pérdida resultante de errores en el procesamiento de transacciones, desglose de controles y errores o fallas en el soporte del sistema.

Otros riesgos financieros asociados con la estrategia de desarrollo, posicionamiento y ambiente en el que se encuentra la entidad o gestión de competencias. López, et al. (2014)

En realidad el RO es el primero y más antiguo de todos los riesgos que enfrentan las instituciones, pues es inherente a toda actividad en que intervengan personas, procesos y plataformas tecnológicas.

El RO no es una categoría de riesgo sencilla de identificar y mucho menos de medir; es una perspectiva para una variada gama de prácticas de operación en las organizaciones y su administración adecuada se está convirtiendo en un imperativo para gestionar una nueva gama de problemas en toda organización.

En el caso de las instituciones financieras el Comité de Basilea definió formalmente el RO como el riesgo de sufrir pérdidas debido a la inadecuación o a fallos en los procesos, personal y sistemas internos o bien por causa de eventos externos (BCBS, 2001). Dicho comité indica que esta definición incluye el riesgo legal, pero no se limita a, la exposición a multas, sanciones o daños punitivos derivados de acciones de supervisión, así como de acuerdos privados (BCBC 2006)

En condiciones “normales” el RO constituye una pequeña parte de las pérdidas totales anuales de las instituciones financieras, sin embargo, en el momento en que ocurre un evento extremo puede causar pérdidas considerables e incluso la quiebra de las instituciones. Es por ello que la gestión proactiva y la prevención del RO es un proceso mucho más valioso que cualquier intento por medir los efectos de eventos de pérdida después de que hayan ocurrido.

Dentro de los diferentes tipos de riesgo a los que una compañía de seguros está expuesta, el tratamiento y control del RO representa hoy uno de sus grandes desafíos. La gestión del RO tiene como objetivo principal asegurar la actividad de la institución mediante la generación de medidas preventivas a partir de la evaluación del riesgo detectado.

El nacimiento de *Solvencia II* presenta al sector asegurador la oportunidad de alcanzar una homologación de operación del sector asegurador conforme a los acuerdos alcanzados en Basilea II de aplicación a la banca, implementados a partir de 2006. La Comisión Europea redactó este documento englobando todas las actuaciones ya iniciadas o que se pueden poner

en marcha para la revisión normativa existente, la valoración y supervisión de la situación financiera global de las entidades aseguradoras europeas y de los modos de actuación interna de las mismas.

Solvencia II toma en consideración el riesgo operacional en las empresas aseguradoras y reaseguradoras, en el cual se establece la necesidad de un sistema que permita determinar los recursos propios mínimos requeridos por concepto de RO a cada aseguradora, acorde a sus características de operación. En dicho sistema los métodos de cálculo serán adaptables a la evolución de los perfiles de riesgo de las entidades.

La limitante de encontrar bases de datos completas que contemplen los diferentes aspectos del RO y una compleja interacción entre las variables del riesgo que lo caracterizan hace que la medición de este riesgo requiera de técnicas dinámicas de medición.

El enfoque basado en redes bayesianas (RB) es una alternativa viable para el análisis de riesgos en condiciones de información insuficiente. Los modelos basados en RB son modelos *causa – efecto* dinámicos que incorporan información inicial a través de una distribución de probabilidad a priori, mediante la cual es posible incluir información subjetiva en la toma de decisiones como: la opinión de expertos (practicantes) o el juicio de analistas (teóricos). Esta información acerca a los factores de RO permitirá a través de su interacción la actualización del modelo incorporando la información observada día con día en la operación. Sanford y Moosa (2012) establecen que “Las redes bayesianas se pueden usar para modelar los entornos “conceptuales” y “subjetivos” dentro del contexto comercial más flexible”, esta es sin duda una de las grandes virtudes del uso de las RB para modelar el RO, el cual contiene elementos no tan claramente definidos (subjetivos) ni medibles de manera precisa (cuantitativamente).

El objetivo de este documento es desarrollar una metodología con Redes Bayesianas (RB) para cuantificar el RO de una institución de seguros en México, para un proceso en el que recientemente incursionó y sobre el que basa su estrategia de expansión: la cotización de pólizas en línea.

El modelo de RB propuesto se alimenta con datos reales de eventos e información que se obtuvo de expertos¹ de la empresa. Por razones de confidencialidad el nombre de la empresa objeto del caso de estudio no se menciona y los resultados mostrados son aproximaciones apegadas a la realidad que no afectan la metodología desarrollada.

En la bibliografía disponible existen trabajos como los de Reimer y Neu (2003), Neil, et al. (2004) y Alexander (2002) que abordan de manera general la aplicación de las redes bayesiana a la administración del RO, sin embargo, no se especifica cómo clasificar los eventos de riesgo, cómo identificarlos, cómo cuantificarlos y cómo calcular el capital económico de manera consistente.

Por otro lado, Cruz (2002), Mc Neil, et al. (2005) y Shevchenki (2010) enfatizan el uso de la teoría de valores extremos para calcular las pérdidas agregadas usando una aproximación de la distribución de pérdidas. Sin embargo, la mayoría de estos estudios examinan sólo datos empíricos del sector bancario Dutta y Perry (2006) y en algunos casos del sector asegurador. Hess, (2011) examina el impacto de la crisis financiera en el riesgo operacional mientras que Cummins, et al. (2006) se enfocan en los efectos sobre los valores del mercado en los eventos

¹ Funcionarios de la empresa que tienen la experiencia e información sobre la operación y administración de las líneas de negocio vinculadas con la cotización en línea.

de pérdida por riesgo operacional en el sector bancario y asegurador. Diferentes formas de contratos de seguros para el riesgo operacional son analizadas por Peters, et al. (2011).

La organización del presente trabajo es la siguiente: En la sección 2 se presenta el marco regulatorio vigente para la operación de compañías de seguros en México. En la sección 3 se hace una breve introducción a la Estadística Bayesiana, la cual da sustento a la presentación que se hace sobre el origen de las Redes Bayesianas (RB). Posteriormente en la sección 4 se construyen los modelos de RB para la frecuencia y severidad empleados en el problema descrito, con los cuales a través de una convolución entre ellas mediante simulación Monte Carlo se obtiene el valor del cálculo de capital de RO mediante el Valor en Riesgo Operativo OpVar, para lo cual se utiliza una versión libre del software GeNle. Finalmente se plantean las conclusiones de este trabajo, así como las referencias bibliográficas.

2. Regulación vigente para la operación de instituciones aseguradoras en México.

En México, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) es la autoridad encargada de regular todos los aspectos referentes a servicios financieros. Por su parte, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) es un organismo desconcentrado de la SHCP y es la autoridad supervisora de la operación de las instituciones de seguros y fianzas, cuyos objetivos primordiales son:

1. Garantizar a los asegurados que las actividades y servicios ofrecidos por las instituciones de seguros y fianzas, así como otras entidades autorizadas, cumplan con lo establecido por las leyes respectivas.
2. Contribuir al desarrollo del mercado asegurador y afianzador

En México las compañías de seguros pueden estar autorizadas para realizar actividades en tres tipos de operaciones:

- vida,
- accidentes y enfermedades
- daños;

y las fianzas sólo pueden ser ofrecidas por instituciones especializadas.

Las leyes que regulan al mercado asegurador mexicano son:

1. Ley sobre el contrato de seguro (LCS), que establece los derechos y obligaciones de las partes involucradas en los contratos de seguros
2. Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros (LGISMS), que provee el marco regulatorio para las compañías de seguros en lo que respecta a su organización, desempeño, contabilidad, inspección y vigilancia.
3. Ley Federal de Instituciones de Fianzas, que provee el marco legal para las compañías de fianzas.
4. Reglamento de Agentes de Seguros, que establece el alcance de acción de los agentes de seguros y fianzas.

La LGISMS establece los principios generales concernientes a las operaciones de seguros. La SHCP y la CNSF regulan ciertos requerimientos específicos como procedimientos de autorización y capacitación de agentes de seguros, metodología para calcular el capital mínimo pagado y el margen de solvencia, contratos de reaseguro permitidos, forma de presentación de los estados financieros y reglas de inversión.

En la LGISMS se establece la obligación de constituir un Capital Mínimo Pagado para cada operación, con el objetivo de garantizar la solvencia de las compañías. Este capital es determinado por la SHCP en el primer trimestre de cada año.

Las compañías de seguros establecen libremente las tarifas y condiciones que rigen sus servicios. Cada producto debe registrarse ante la CNSF, acompañado de una nota técnica en donde se especifique la determinación técnica de las tarifas, la base para la constitución de las reservas, deducibles, coaseguros y cualquier condición establecida en el contrato y gastos de adquisición y administrativos.

Los recursos con los que cuentan las aseguradoras para responder a sus obligaciones son las reservas técnicas que, dependiendo de la naturaleza de su objetivo, se subdividen en tres categorías como se muestra en la figura 1.

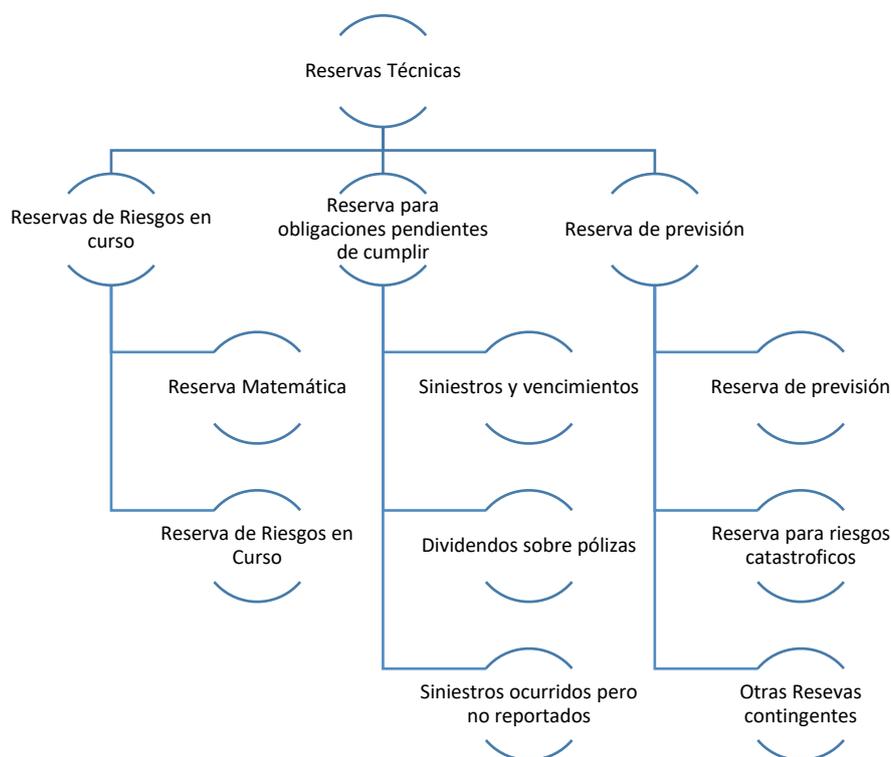


Figura 1. División de las Reservas Técnicas. Elaboración propia

La Reserva Matemática debe constituirse para aquellos productos del seguro de vida que se caracterizan por primas constantes y probabilidad de siniestros creciente en el tiempo. El monto que debe representar dicha reserva corresponde a las primas de las pólizas vigentes al día de valuación, considerando las tablas de mortalidad publicadas por la SHCP y una tasa de interés técnica². A este tipo de reserva puede deducirse el valor presente de los gastos de adquisición anuales establecidos en la tarifa.

Para contratos de seguros con término de un año, la reserva matemática se determina con la prima no devengada al día de su valuación, mientras que para aquellos con póliza dotal, cuyo periodo de maduración sea menor o igual a un año, esta reserva debe constituirse con las primas netas más sus intereses.

² Se establece un valor máximo de tasa de interés correspondiente al promedio sobre inversiones a largo plazo

La Reserva de Riesgos en Curso debe constituirse para accidentes, enfermedades y daños, excepto para el ramo de terremoto y determinarse deduciendo el costo de adquisición de las primas.

La Reserva para Obligaciones Pendientes de Cumplir debe constituirse para siniestros y vencimientos, dividendos sobre pólizas y para siniestros ocurridos no reportados. Existe otra reserva para obligaciones pendientes de cumplir que debe ser constituida cuando se presente una reclamación ante la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF). En este caso, dicha autoridad determina la cantidad que deba reservarse. La Reserva de Previsión se establece para cubrir desviaciones en la siniestralidad de retención y debe constituirse para todas las operaciones y ramos, exceptuando terremoto. Es acumulativa y libre de impuestos hasta 50% del excedente del margen de solvencia requerido. Esta reserva puede ser utilizada por las aseguradoras únicamente en caso de pérdidas extraordinarias y previa autorización de la CNSF.

La Reserva de Riesgos Catastróficos debe constituirse para el caso de seguro de terremoto. Se puede constituir una reserva especial de contingencia para ciertos ramos de la operación de daños, donde fluctuaciones en el costo medio de siniestralidad sean frecuentes, como el caso de los seguros agrícolas, de ganado o de viajero. El objetivo de esta reserva es mantener la estabilidad financiera de las compañías que experimentan pérdidas extraordinarias.

Desde el punto de vista normativo, la preocupación por garantizar la protección del asegurado implica establecer requisitos de solvencia.

Solvencia II describe cómo deberá estructurarse el sistema de valoración de la solvencia del asegurador a partir del análisis de sus riesgos. Su principal objetivo es la armonización de las actuaciones de las entidades aseguradoras al mismo nivel que en Europa, estableciendo formas de actuación comunes y adecuadas a economías cambiantes que necesitan cada vez más de mayor cobertura para sus riesgos.

La Primera Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas (CEE) **73/239/CEE** del 24 de julio de 1973 sobre coordinación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas relativas al acceso a la actividad del seguro directo distinto del seguro de vida y a su ejercicio estableció que las empresas de seguros dispusieran, además de las reservas técnicas suficientes para hacer frente a los compromisos contraídos, de una reserva complementaria denominada margen de solvencia para hacer frente a los riesgos de explotación.

La Directiva 2002/83/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo de las Comunidades Europeas del 5 de noviembre de 2002 sobre el seguro de vida asigna al margen de solvencia la función de actuar como amortiguador frente a fluctuaciones adversas de la actividad.

El margen de solvencia representó en los años 70's el reconocimiento de la necesidad de que las entidades aseguradoras contaran con un margen de seguridad por encima de sus activos que pudiera hacer frente a la realidad del negocio asegurador, caracterizado por una serie de elementos de carácter imprevisible que constituyen los riesgos.

Con la apertura de mercados en la década de los 90's, estas normas aumentan su importancia a partir de la tercera generación de Directivas Comunitarias en 1994 sobre seguros con las cuales se abolieron los controles de precios y productos de toda la Unión Europea. (Directiva 92/96/CEE)

Estas Directivas encomendaron a la Comisión Europea a liderar un proceso de revisión de los requerimientos de solvencia que culminaría con la puesta en marcha de Solvencia I. Han pasado más de cuarenta años desde que se estableció la necesidad de disponer de esta reserva complementaria, pero la esencia del mismo sobre la actividad aseguradora como un negocio con riesgos de carácter múltiple y su necesidad de establecer requisitos comunes permanece.

De Solvencia I a la actualidad el sector asegurador ha sufrido cambios importantes. Las compañías se han expandido más allá de las fronteras nacionales y se ha acelerado la integración en los servicios financieros con bancos que ofrecen productos de seguro; se han desarrollado nuevos productos, con la aparición de la medida de riesgo Value at Risk (VaR) se han modernizado la evaluación del riesgo, la comercialización de los productos y se han desarrollado nuevos canales de venta como es el caso de internet.

A partir de estos cambios, la Comisión Europea ha trabajado en la reforma del sistema de fijación del nivel de capital en las entidades aseguradoras con los objetivos de proteger a los asegurados, establecer exigencias de capital acordes a los riesgos asumidos y establecer principios para la gestión de los riesgos.

Se trata de llevar al sector asegurador los acuerdos alcanzados por Basilea II. *Solvencia II* contempla articular dos cifras de capital: capital económico (cantidad asociada al riesgo que soporta) y capital legal (importe mínimo que la compañía debe mantener), homogenizar los métodos cuantitativos y cualitativos de supervisión e incorporar desarrollos internacionales para promover una mayor convergencia con las Normas Internacionales de Contabilidad (IASB) en relación al establecimiento de normas relativas al nivel de capital adecuado.

La Comisión Europea ha propuesto en Solvencia II que las aseguradoras sigan un esquema similar al desarrollado por Basilea basado en tres pilares.

Pilar 1. Requisitos mínimos de capital.

Se analizan todos los aspectos cuantitativos del capital basado en el riesgo. Para asegurarse de que están adecuadamente capitalizados con respecto a su estrategia de riesgo y su apetito por el riesgo, las aseguradoras pueden utilizar una fórmula estándar o un modelo interno para calcular el capital regulatorio. Si una empresa utiliza un modelo interno, estará sujeto a estricta supervisión reguladora para asegurarse de que el modelo proporcione una capitalización adecuada KPMG (2011), Deloitte (2013).

Pilar 2. Procesos de Supervisión.

Introduce una norma relativamente más alta para la gestión y supervisión del riesgo. Cada asegurador está obligado a realizar una autoevaluación prospectiva. Para llevar a cabo esta tarea, las organizaciones utilizarán una herramienta de evaluación denominada "Evaluación de riesgo y solvencia propia" (ORSA) para determinar el riesgo específico de la empresa y la adecuación de los recursos de capital KPMG (2011), Deloitte (2013). Al usar ORSA, las aseguradoras realizan sus propias evaluaciones prospectivas de los riesgos, los requerimientos de capital y la adecuación de los recursos de capital, en contraposición a que se les impongan tales requisitos.

Pilar 3. Información y disciplina de mercado.

El objetivo es complementar los pilares anteriores al aumentar los niveles de transparencia para su uso por los supervisores de seguros y el público. En consecuencia, los aseguradores deben emitir un informe privado anual a los reguladores y un informe de "Solvencia y condición financiera" para el público. Las aseguradoras también tendrán que proporcionar a los reguladores informes trimestrales, así como informes anuales, de modo que se pueda disponer de más información actual KPMG (2011), Deloitte (2013).

Solvencia II es el proyecto de revisión y modificación de las normas sobre la supervisión y valoración de la situación financiera de las aseguradoras en el marco de la Unión Europea, de modo que las compañías de seguros operen dentro de sus ámbitos de responsabilidad con un nivel de solvencia adecuado. Su implantación supone una mejor estimación de los riesgos reales asumidos por cada aseguradora, así como un reto para los supervisores que deberán prever situaciones de crisis, evaluar los mecanismos de control de las entidades y adoptar medidas cuando se incrementa el riesgo. Su normativa transparenta el mercado asegurador al obligar a las aseguradoras a informar su nivel de solvencia, exposición al riesgo y mecanismos de control interno.

Solvencia II, ha supuesto el paso definitivo en el proceso de renovación de los principios, esquemas y procedimientos de supervisión prudencial y de mercado para el sector asegurador a nivel mundial.

Medidas de RO en el sector asegurador

El Comité de Basilea definió el RO como el riesgo de sufrir pérdidas debido a la inadecuación o a fallos en los procesos, personal y sistemas internos o bien por causa de eventos externos BCBS (2001).

En la figura 2 se presentan los cuatro factores principales que inciden en el riesgo operacional de una organización.

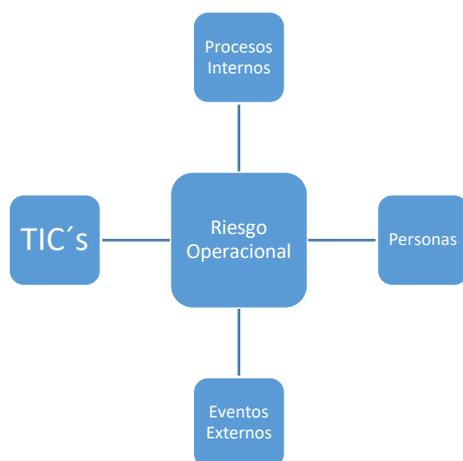


Figura 2. Factores que influyen en el RO. Elaboración Propia

Los procesos internos hacen referencia a la "posibilidad de pérdidas financieras relacionadas con el diseño inapropiado de los procesos críticos o con políticas y procedimientos inadecuados o inexistentes que puedan tener como consecuencia el desarrollo deficiente de las operaciones y servicios o la suspensión de los mismos", BCBS (2001). Entre otros se consideran los riesgos asociados a los fallos en los modelos utilizados, errores en las

transacciones, evaluación inadecuada de contratos o la complejidad de productos, operaciones y servicios; errores en la información contable, incorrecta compensación, liquidación o pago, insuficiencia de recursos para el volumen de operaciones, inadecuada documentación de transacciones y el incumplimiento de plazos y presupuestos planeados.

En relación a las personas se considera la “negligencia, error humano, sabotaje, fraude, robo, paralizaciones, apropiación de información sensible, blanqueo de dinero, relaciones interpersonales inapropiadas y ambiente laboral desfavorable, falta de especificaciones claras en los términos de contratación del personal...” entre otros factores BCBS (2001). Se incluyen pérdidas asociadas con insuficiencia de personal o personal con destrezas inadecuadas, entrenamiento y capacitación inadecuada y/o prácticas débiles de contratación.

El Comité de Basilea define como evento externo la “posibilidad de pérdidas derivadas de la ocurrencia de eventos ajenos al control de la empresa que pueden alterar el desarrollo de sus actividades, afectando a los procesos internos, personas y tecnología de la información”. Se consideran aquellos riesgos que implican las contingencias legales, los fallos en los servicios públicos, la ocurrencia de desastres naturales, atentados y actos delictivos, así como los fallos en servicios provistos por terceros. Así como el rápido cambio en las leyes o regulaciones y el riesgo político del país.

La gestión del RO se define como un proceso integral que implica y afecta su aplicación y desarrollo a toda la organización y a todos los niveles comprendiendo la identificación, el análisis, la evaluación, el tratamiento, la mitigación y el control de los riesgos considerados operacionales. Su principal objetivo es la minimización de las pérdidas operacionales a las que está expuesta la entidad aseguradora y la mejora continua en los controles. Es un proceso continuo e infinito. Sus resultados conducen a decisiones estratégicas que inciden sobre la operación del negocio. Sus puntos clave son las causas y sus consecuencias (pérdidas económicas, incidencias en el negocio, daños en la reputación de la entidad, etc.), la política de límites establecida (tolerancia al riesgo) y los controles definidos sobre el mismo.

Respecto a las Tecnologías de la información y de la Comunicación (TIC's) el RO proviene de la posibilidad de que se produzca una pérdida financiera como consecuencia del uso inadecuado de sistemas de información, tecnologías relacionadas que pueden afectar el desarrollo de las operaciones y servicios que realiza la institución al atentar contra la confidencialidad, integridad, disponibilidad y oportunidad de la información. Se incluye en este rubro los riesgos derivados de fallos en la seguridad y continuidad operativa de los sistemas TIC's, errores en el desarrollo e implementación de dichos sistemas y su compatibilidad e integración, problemas de calidad de información y fallos para alinear las TIC's con los objetivos del negocio, entre otros.

Solvencia II establece que para la implementación de un Modelo Interno es imperativo que la entidad aseguradora identifique los factores de riesgo operacionales asociados a sus productos, actividades, procesos y sistemas para lo cual puede hacer uso de fuentes de datos internas o externas.

Las fuentes de datos internas hacen referencia a la información de la compañía y de un estudio de sus procesos y procedimientos. Es importante disponer de una base de datos significativa de incidencias de pérdidas operacionales históricas que en muchas ocasiones es inexistente o insuficiente. Existe la limitante de encontrar bases de datos completas especialmente relevantes en la estimación de la severidad.

El tratamiento del RO en el marco de Solvencia II implica obligaciones cuantitativas de capital (Pilar 1) a través del cálculo de los requerimientos de capital, a través del cálculo de los requerimientos de capital (RBS) y de los requerimientos cualitativos, relativos al proceso de revisión supervisora enmarcados en el Pilar 2.

La determinación del RBS se debe realizar teniendo en cuenta los principales riesgos de la actividad aseguradora y la aproximación de la pérdida máxima posible que podría manifestarse en un horizonte temporal de un año con probabilidad de 99.5% (QIS4 2008). Con lo anterior, el objetivo es cubrir las pérdidas no esperadas; las esperadas están cuantificadas en las reservas técnicas.

El requerimiento del RBS se puede hacer mediante el uso de un modelo estándar o mediante el uso de un modelo interno desarrollado por la propia aseguradora, siempre que estos sean previamente aprobados por la autoridad aseguradora.

Modelo Estándar

Los riesgos seleccionados y que deberán ser evaluados para poder calcular los requerimientos de capital son: mercado, crédito, suscripción de vida, suscripción de no vida, suscripción en salud que integran el capital básico de solvencia (RBS) y se le suma el riesgo operacional, ciertos ajustes y se obtiene el Requerimiento de Capital de Solvencia (RCS).

Este modelo no supone independencia entre los riesgos, por lo tanto se debe tener en cuenta la correlación entre los riesgos para su agregación.

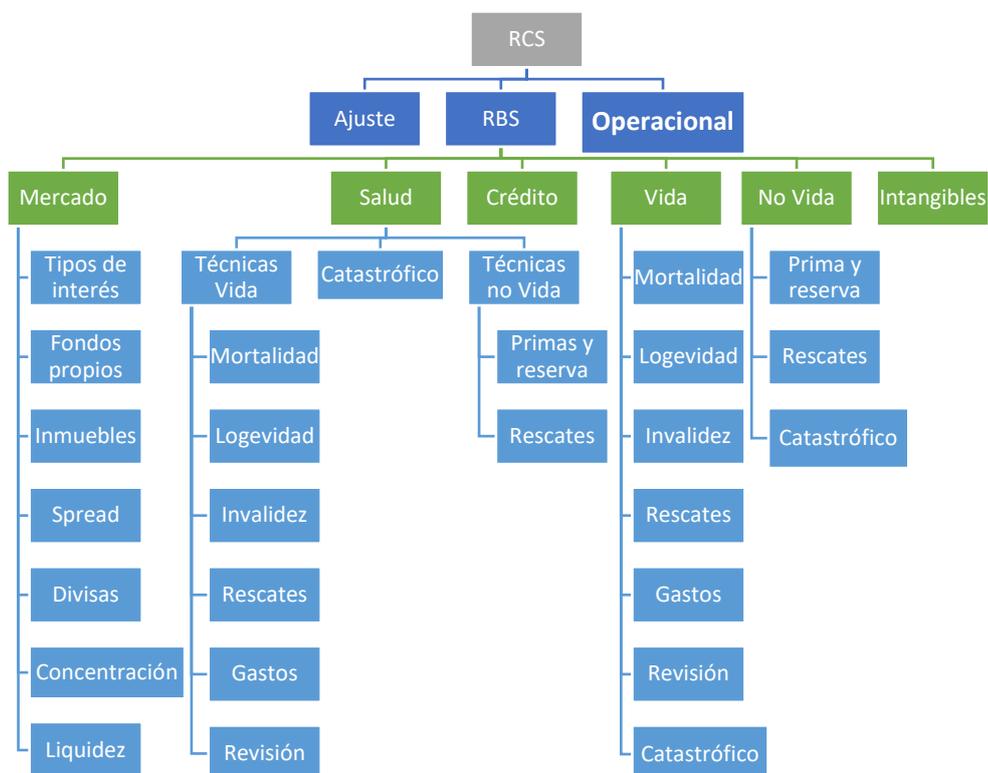


Figura 3. Requerimiento del Capital de Solvencia. Fuente CEIOPS

$$RBS = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} RCS_i RCS_j} + RCS_{intangibles}$$

Donde:

RBS : Capital asociada al riesgo *ij* – ésimo

N: Número de riesgos analizados

C: Coeficiente de correlación entre los riesgo *i* y *j*

RCS: Requerimiento de Capital de Solvencia

El cálculo del RBS se realiza mediante la elaboración de un mapa de riesgos que diferencia entre módulos (mercado, vida, salud, no vida, crédito y operacional) y sub-módulos de riesgos.

Para cada uno de esos elementos básicos se calcula la cantidad de capital correspondiente y teniendo en cuenta la interrelación dentro de cada módulo de riesgo, se procede a calcular el RBS de ese módulo.

Por lo tanto, el RCS total se define como las sumas del RBS más el RCS de RO (*RCS_{operacional}*) corregido con los ajustes correspondientes.

$$RCS = RBS + RCS_{operacional} - Ajustes$$

El RCS se define como la suma ponderada de los distintos módulos de riesgos contemplados para el RCS (no vida, mercado, salud, riesgo de contraparte y vida) y disminuida por la suma ponderada de los RCS que corresponde a los distintos mecanismos de mitigación de riesgos y al negocio futuro que se haya agregado para la captura de riesgos.

Solvencia II contempla la realización de ciertos ajustes al RCS referidos a los requerimientos de capital brutos provenientes de la existencia de impuestos diferidos en el balance de la aseguradora y los ajustes por la capacidad de absorción de riesgos, efecto de futuras ganancias compartidas por parte de las aseguradoras.

El objetivo de la presente investigación no es calcular el *RCS_{operacional}* de toda la aseguradora, sólo el inherente al proceso de cotización de pólizas en línea, por lo que no se analiza cada uno de los módulos y sub-módulos que componen el RCS y su forma de cálculo.

El artículo 105 de la QIS5, referente a la Directiva de Solvencia II indica cómo se constituye el requerimiento de capital por riesgo operacional (*RCS_{operacional}*) (QIS5). Los tres puntos siguientes son los lineamientos para el *RCS_{operacional}* de acuerdo a QIS5, parte del RCS, elemento del RBS

1. El *RCS_{operacional}* abordará los riesgos operacionales en la medida en que no hayan sido incluidos en los módulos del RCS.
2. El *RCS_{operacional}* relativo a contratos de seguros de vida, en los que el riesgo de inversión es asumido por los tomadores³, se calcula en función del importe anual de gastos contraídos respecto de esas obligaciones.
3. Respecto de todas las demás operaciones de seguro y reaseguro, el *RCS_{operacional}* se calculará en función del volumen de estas operaciones, en términos de primas

³ Tomador, en el medio de las compañías de seguros es la figura o institución que asume el riesgo a través del pago de una prima.

devengadas y provisiones técnicas dotadas en relación con tales obligaciones por aseguradoras y reaseguradoras..

En este caso, el $RCS_{operacional}$ no será superior al 30% del RBS correspondiente a las citadas operaciones de seguro o reaseguro.

La fórmula estándar para el cálculo del $RCS_{operacional}$ establecida en Solvencia (CEIOPS) es:

$$RCS_{operacional} = \min\{0.30 * RBS, OP_{ul}\} + 0.25 * Exp_{ul}$$

Donde:

Exp_{ul} : Total de gastos anuales incurridos durante los 12 meses anteriores en relación con el seguro de vida cuando el riesgo de inversión es soportado por los asegurados

$$OP_{ul} = \max\{Op_{primas}, Op_{provisiones}\}$$

Donde:

Op_{primas} : Primas asociadas al riesgo operacional

$Op_{provisiones}$: Provisiones asociadas al riesgo operacional

$$\begin{aligned} Op_{primas} = & 0.04 * (Earn_{vida} - Earn_{vida\ ul}) + 0.03 * (Earn_{NO\ vida}) \\ & + \max\{0, 0.04 \\ & * (Earn_{vida} - 1.1pEarn_{vida} - (Earn_{vida\ ul} - 1.1pEarn_{vida\ ul}))\} \\ & + \max\{0, 0.03 * (Earn_{NO\ vida} - 1.1pEarn_{NO\ vida})\} \end{aligned}$$

Donde:

$Earn_{vida}$: Prima ganada durante los 12 meses anteriores por obligaciones de seguro de vida, sin deducir la prima cedida al reaseguro

$Earn_{vida\ ul}$: Prima ganada durante los 12 meses anteriores para las obligaciones de seguro de vida cuando el riesgo de inversión es soportado por los asegurados sin deducir la prima cedida al reaseguro.

$Earn_{NO\ vida}$: Prima ganada durante los 12 meses anteriores por obligaciones de seguro de NO vida, sin deducir la prima cedida al reaseguro

$pEarn_{vida}$: Prima ganada durante los 12 meses anteriores al año anterior para las obligaciones de seguro de vida, sin deducir la prima cedida al reaseguro

$pEarn_{vida\ ul}$: Prima devengada durante los 12 meses anteriores al año anterior para las obligaciones de seguro de vida, cuando el riesgo de inversión sea soportado por los asegurados, sin deducir la prima cedida al reaseguro

$pEarn_{NO\ vida}$: Prima ganada durante los 12 meses anteriores al año anterior para las obligaciones de seguro de NO vida, sin deducir la prima cedida al reaseguro

$$Op_{provisiones} = 0.045 * \max\{0, TP_{vida} - TP_{vida\ ul}\} + 0.03 * \max\{0, TP_{NO\ vida}\}$$

Donde:

TP_{vida} : Provisiones técnicas de vida. No deben incluir el margen de riesgo y no se consideran las recuperaciones por reaseguro.

$TP_{vida\ ul}$: Provisiones técnicas de vida cuando el riesgo de inversión es soportado por los tomadores de seguros. A efectos de este cálculo, las provisiones técnicas no deben incluir el margen de riesgo y deben ser sin deducción de las recuperaciones de contratos de reaseguro.

$TP_{NO\ vida}$: Provisiones técnicas de NO vida. No deben incluir el margen de riesgo y no se consideran las recuperaciones por reaseguro.

Modelo Interno

Solvencia II contempla la posibilidad de emplear modelos internos para la determinación del RCS por parte de las aseguradoras, estos pueden ser completos o parciales. Un modelo interno completo debe evaluar como mínimo los mismos riesgos evaluados en el modelo estándar. Un modelo interno parcial puede ser utilizado para estimar únicamente el RO de una operación, por ejemplo, riesgo de vida.

El objetivo de un modelo interno es analizar la posición global de riesgo de una entidad, cuantificar el mismo y determinar el requerimiento de capital con base en el perfil específico de la aseguradora y al nivel de solvencia definido por el regulador.

La clave en la construcción de un modelo interno son las hipótesis sobre las que se defina; deben ser basadas en la experiencia de la institución. Al respecto las RB permiten la combinación subjetiva de los expertos, los datos observados y los modelos de causa efecto; lo que las hacen especialmente adecuadas para la investigación de eventos de RO donde es necesario modelar dependencias causales entre las variables aleatorias.

Solvencia II obliga a realizar una prueba de uso de la calidad estadística, la calibración del modelo interno y su documentación. Además de establecer que al menos durante dos años la aseguradora deberá comparar el RCS según el modelo y el RCS del método estándar.

3. Redes Bayesianas

Los procesos y sistemas son desarrollados y administrados por las personas por lo tanto, son ellas quienes originan los eventos de RO al realizar algo que no deberían haber hecho o hacerlo incorrecta o incompletamente. Es esta participación de las personas en los procesos de operación una de las razones que hace la cuantificación del RO tan complicada.

Otro de los motivos es la falta de información estadísticamente confiable en las empresas;

las bases de datos sobre eventos de RO son estadísticamente insuficientes, esto obliga a emplear técnicas dinámicas de cuantificación.

Una opción para la cuantificación de RO ha sido el empleo de modelos de causalidad. Un modelo de causalidad es un instrumento de gestión utilizado para predecir los distintos cursos de acción e intervención. Bajo estos modelos se mantiene la relación de causa – efecto entre las distintas variables del RO para reducirlo, administrarlo y controlarlo.

Estos modelos consideran importante la gestión del RO más allá de sólo su cuantificación, para ello se vuelve imprescindible entender las causas de RO y la forma en que llevan a los eventos de pérdida.

El empleo de un modelo de causalidad permite el uso de los cuatro elementos esenciales de los modelos de Medición Avanzada (AMA): datos internos, datos externos, análisis de escenarios y ambiente de control de manera integral.

Una alternativa de modelo dinámico para medir el RO son los modelos de Redes Bayesianas (RB), los cuales pueden emplearse para configurar modelos de causalidad versátiles, precisos y robustos. Su uso permite combinar los datos existentes y

complementarlos con la opinión de los expertos⁴ solventando de esta manera la falta de bases de datos completas y estadísticamente suficientes sobre eventos de RO.

Origen de los modelos bayesianos

Thomas Bayes (1702-1761) estudió e investigó el problema de la determinación de la probabilidad de las causas a través de los efectos que se observan.

En el enfoque bayesiano la probabilidad es subjetiva. La probabilidad subjetiva (grado de creencia) se basa en el conocimiento y experiencia representado por la distribución a priori. Las creencias se actualizan adicionando nueva información a la distribución a través del Teorema de Bayes obteniendo de esta forma una distribución a posteriori que se utilizara para elaborar inferencias sobre los parámetros del modelo muestreado.

El Teorema de Bayes establece que

$$P(\theta|X) = \frac{P(X|\theta)P(\theta)}{P(X)}$$

$P(\theta)$ es la información “a priori” de la población y es subjetiva. Es una variable independiente que representa la incertidumbre acerca del parámetro θ . La función $P(X|\theta)$ es comúnmente llamada la verosimilitud del conjunto de datos X , denotada también como $L(X|\theta)$ y se interpreta como la probabilidad de observar un conjunto de ciertos datos X dado que ciertas características de la población θ son ciertas.

La distribución a posteriori puede ser expresada como:

$$P(\theta|X) \propto L(X|\theta)P(\theta)$$

La distribución a posteriori es equivalente al producto de la función de verosimilitud de los datos observados dados el parámetro θ , por la distribución marginal del parámetro θ , el conocimiento a priori.

Azel–Sounderpandian (2009) señala en su libro “Business Statistics” que el enfoque bayesiano permite al estadístico complementar la información obtenida de muestreo con información previa obtenida de un particular (experto); el enlace matemático entre las probabilidades asociadas a los datos observados y las probabilidades asociadas a la información obtenida de los expertos es el Teorema de Bayes.

Una RB es una clase de modelo gráfico que puede ser usado para modelar dependencias causales entre las variables aleatorias para la determinación de factores de RO y asignar el capital de RO, Neil (2005). La ventaja principal de estos modelos es estar en posibilidades de determinar las relaciones causales entre los principales factores de riesgo. Son una estructura que representa el entendimiento de un proceso y sus dependencias (causa-efecto). El problema de calcular las probabilidades numéricas es esencialmente el mismo que el que se tiene al realizar una autoevaluación de control de RO.

Las redes bayesianas contienen relaciones de causalidad y por lo tanto sus nodos están conectados por arcos dirigidos. Son parte de un subconjunto de modelos gráficos conocidos como Grafico Dirigido Acíclico (GDA). Estos bloques están dispuestos de tal manera que son acíclicos, es decir, se mueven a lo largo de los bordes en las direcciones implicadas, es imposible volver a un nodo anterior.

⁴ Funcionarios de la empresa que tiene la experiencia e información sobre la operación y administración del proceso en análisis.

La idea principal en las RB es iniciar con una distribución a priori basada en la opinión de los expertos. Los expertos son entrevistados para llegar a conclusiones cuantificables en probabilidades. La confianza en la precisión de los consejos de los expertos es un requisito para utilizar este método. Los expertos se basan en los datos disponibles pero matizados con su experiencia y conocimiento respecto a su proyección para futuros eventos.

Esta estimación será modificada cuando se tengan datos internos de la institución, generando una distribución a posteriori. Las medidas de riesgo son calculadas con el conocimiento adquirido.

La clave para un diseño exitoso de una red bayesiana es la descomposición significativa del dominio del problema en un conjunto de proposiciones causales o condicionales. En lugar de calcular la distribución de probabilidad conjunta de todas las variables de interés, se toman las especificaciones parciales del modelo que son en sí significativas en el dominio del experto. A partir de esto se modela la tabla de probabilidad del nodo para cada variable, lo cual puede ser hecho usando datos históricos o con las estimaciones subjetivas del experto, las cuales estarán idealmente basadas en el conocimiento y la experiencia.

La distribución Poisson es una candidata con muchas ventajas para modelar la frecuencia (Carrillo y Suárez, 2006), la función se encuentra caracterizada por un único parámetro λ , el cual representa, por término medio, el número de sucesos ocurridos en un año. Otros autores hacen referencia a las distribuciones Binomial y Binomial Negativa como alternativas (Cruz 2002).

Para modelar la severidad, la distribución de mayor uso es la Lognormal y pueden emplearse también las distribuciones Exponencial, Gamma, Beta, Pareto y Weibull (Bülmann and Gisler, 2005).

Una vez construida la RB, puede ser ejecutada usando un algoritmo apropiado de propagación a través de: arboles de derivación, algoritmos de eliminación de variables y el método Pear's. Cuando la red bayesiana se ejecuta, el efecto de los datos ingresados dentro de uno o más nodos son propagados por toda la red, en cualquier dirección en función de los arcos que las unan con lo cual la distribución marginal de los nodos es actualizada, esta característica hace al modelo ideal para un análisis de escenarios.

Las RB's han surgido como una herramienta para integrar criterios y aspectos cualitativos subjetivos con datos cuantitativos internos y externos facilitando la comprensión causal dentro de las estimaciones (Guidici, 2004); (Neil, 2005).

Una RB se emplea básicamente para inferencia, calculando las probabilidades condicionales, dada la información disponible hasta el momento para cada nodo.

4. Construcción de la Red Bayesiana para el proceso de cotización en línea

El proceso de cotización en línea

Las aseguradoras obtienen ingresos de dos actividades: la suscripción de riesgos, razón de ser del sector asegurador, y las inversiones de capital.

En el caso tratado en este trabajo, la Dirección General de la aseguradora definió como parte de su plan estratégico la necesidad de incrementar el monto de las primas hasta acumular un 30% en los próximos cinco años; una de las acciones a implementar para lograr la meta es captar un mayor número de asegurados agilizando el proceso de cotización.

Para ello se diseñó un nuevo acceso en el portal de la aseguradora donde el cliente potencial captura sus datos en el cotizador y obtiene en cuestión de segundos el importe de la prima para la póliza solicitada.

Lo anterior disminuye notoriamente el tiempo de espera para el cliente potencial: contacto con un asesor, entrega de información de cotización y recepción de la respuesta. Se estima que con este nuevo esquema de cotización la respuesta del cliente potencial será a favor de la emisión de la póliza.

Sin embargo, una nueva forma de operación abre la puerta para nuevos riesgos, entre ellos el RO. Por lo anterior y acorde con la legislación mexicana, es el interés de la aseguradora modelar su nuevo proceso de cotización en línea y valorar el RO al que están expuestos bajo esta nuevo esquema de cotización.

Construcción de la RB

El proceso de construcción de una RB se divide en dos grandes fases:

- La estructura del modelo.
- La cuantificación de la red.

Para llevar a cabo la estructura del modelo es necesario definir primero el dominio de la red, en este caso consiste en diseñar un modelo que permita administrar el RO para el proceso de cotización en línea en una compañía de seguros que sólo opera el seguro para accidentes y enfermedades.

El siguiente paso es identificar las variables o nodos importantes y por último definir las interrelaciones entre nodos para realizar su representación gráfica. El modelo resultante deberá ser validado por los expertos hasta llegar a un consenso.

Una vez aprobado el modelo, se incorpora la opinión de los expertos (cuantificación y calibración red), y esta puede ser utilizada para el análisis de escenarios factibles, análisis de sensibilidades de las predicciones o conclusiones respecto a los supuestos iniciales. Las RB se actualizan dinámicamente con los datos nuevos conforme estos se incorporan al modelo.

Estructura del modelo

El proceso de identificación de las variables de riesgo para definir los nodos es una parte sustancial en el diseño de la red, implica el total conocimiento del proceso de cotización en línea para poder descomponerlo en todas sus fases, seleccionar los nodos y establecer las relaciones entre ellos.

La RB se divide en dos subredes: una que modela la frecuencia y otra la severidad; una vez obtenidos los resultados de la propagación de cada una de ellas de manera individual, éstas se agregan a través de la convolución de los submodelos por medio de simulación Monte Carlo para obtener el monto de la pérdida esperada por RO.

Los factores de riesgo identificados para el proceso analizado fueron definidos por los expertos en el proceso de cotización en línea y se agruparon en tres categorías: Aplicativo, Gestión e Infraestructura y se presentan en la Tabla 1.

Todos los factores de riesgo identificados son candidatos a emplearse como nodos en la construcción de la red bayesiana.

Grupo	Factores de riesgo	Descripción
Aplicativo	Disponibilidad sitio web.	Disponibilidad que los servicios en línea.
	Sistemas de información y comunicación.	Incidencias que ponen en riesgo la funcionalidad de la cadena productiva.
	Procesos	Errores en el proceso de cotización.
Gestión	Personas.	Operación manual del personal con los conocimientos o aptitudes necesarias para el desempeño de sus funciones asignadas en la operación de los procesos o atención de servicios de cotización en línea.
	Prácticas de Empleados	Practicas y costumbres de los empleados que ocasionan eventos de RO
	Captura de la información.	Captura de los datos necesarios y suficientes para procesar la cotización.
Infraestructura	Factores Externos	Posibilidad o exposición a sufrir afectaciones en los activos de la empresa, causadas por fuentes externas o internas de manera intencional o no.
	Firewall ⁵ .	Discontinuidad en la operación o afectación a la integridad de la base de datos debido a vulneabilidad del sistema por falta de protección preestablecida.

Tabla 1: Descripción de Factores de riesgo.

Red de Frecuencia

El nodo "Frecuencia" indica el volumen de cotizaciones en línea no procesadas; puede ser afectado por la falta de disponibilidad del sitio web que impida el acceso al cotizador ocasionado por fallas en la protección de acceso a la información (Firewall). Otro motivo son los errores u omisión de datos en la captura de la información necesaria para la cotización. La última razón para la incidencia de cotizaciones en línea son las prácticas de los empleados que ocasionen eventos de RO.

La Figura 4 muestra la red completa correspondiente al proceso de cotización en línea para la frecuencia, ésta se genera a través de los nodos identificados en el proceso. El modelo ha sido desarrollado para reflejar incidentes en un periodo de un año.

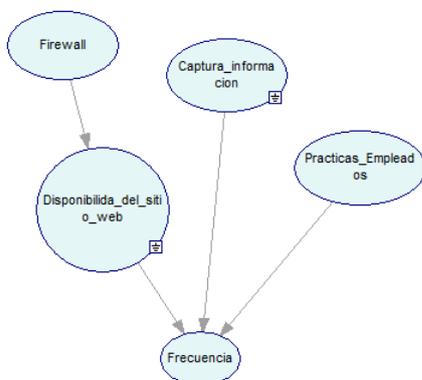


Figura 4. Red de Frecuencia

⁵ Software o hardware que comprueba la información procedente de Internet o de una red y bloquea o permite el paso de ésta al equipo. Un firewall puede ayudar a impedir que hackers o software malintencionado obtengan acceso al equipo a través de una red o de Internet

Red de Severidad

El nodo “Severidad” es la pérdida económica generada por una falla ocasionada debido a errores en los sistemas de información o comunicación, factores externos o bien como resultado de errores en la cotización (cálculo equivocado de la prima) ocasionados por las personas asignadas en la operación de los procesos o atención de servicios de cotización en línea.

La Figura 5 muestra la red completa correspondiente al proceso de cotización en línea para la severidad. Se genera a través de los nodos identificados en el proceso. El modelo ha sido definido para reflejar las pérdidas económicas en un periodo de un año.

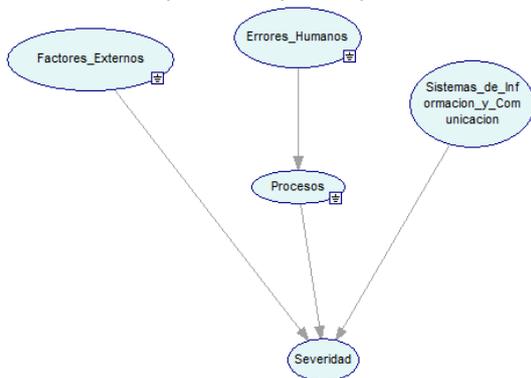


Figura 5. Red de Severidad

Cuantificación de la red

Este proceso implica obtener los datos para determinar la distribución de probabilidades de cada nodo de la red. Existen dos formas de definir las distribuciones a priori de los nodos: Opinión de los expertos o estimación por máxima verosimilitud para el cuál se necesitan bases de datos relevantes y completas para cada nodo de la red, las cuales se carece por completo al tratarse de un nuevo sistema de cotización para la aseguradora. Para la cuantificación de la red se consultó principalmente la opinión de los expertos de diferentes áreas de la aseguradora y se llegó a la definición de las distribuciones a priori para cada nodo.

Las variables de riesgo detectadas e implementadas en la red no corresponden a la actual forma de operación por lo que la cuantificación de la red bayesiana se realizó con datos subjetivos obtenidos de los expertos, tanto para la frecuencia como la severidad. Lo anterior es una de las ventajas del enfoque bayesiano que permite la incorporación de la opinión de los expertos para obtener las probabilidades marginales o condicionales que alimentan inicialmente al modelo.

La estadística bayesiana permite que los parámetros sean variables aleatorias. Las afirmaciones hechas en relación con las características de una población dependen no sólo de observaciones o datos empíricos, sino también de cualquier conocimiento disponible a priori para el estadístico (opinión subjetiva de los expertos).

Los cálculos de la difusión de las interacciones entre los distintos tipos de nodos, sus ponderaciones y las probabilidades asociadas a cada proceso son bastante laboriosos si se realizan manualmente, afortunadamente existe software disponible en el mercado, ya sea en versiones libres o comerciales para realizarlos. En la presente investigación se utilizó una versión libre del software GeNIe, que permite la obtención de las siguientes distribuciones.

Distribuciones a posteriori

La Figura 6 muestra las probabilidades a posteriori para los nodos de la red de frecuencia después de la propagación.

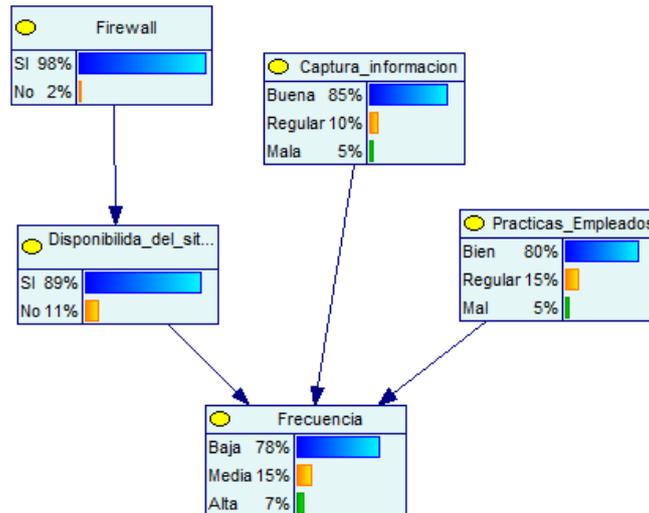


Figura 6. Diagrama de Probabilidades a posteriori para la Frecuencia⁶

Dadas las condiciones del proceso de cotización en línea señaladas por los expertos, existe una probabilidad del 89% de que el sistema de cotizaciones se encuentre disponible y una probabilidad del 78% de una frecuencia baja para errores en el proceso.

Las probabilidades a posteriori para la red de severidad después de la propagación se observan en la Figura 7.

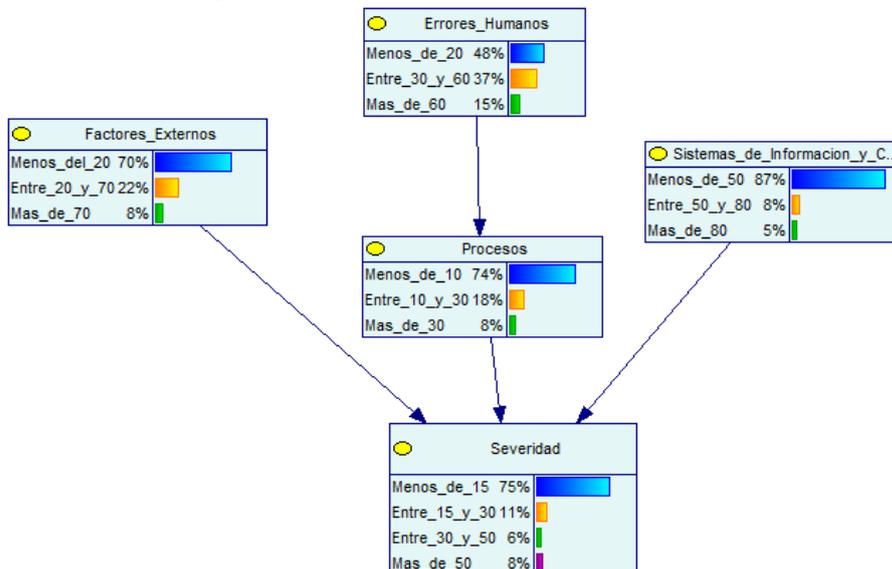


Figura 7. Diagrama de Probabilidades a posteriori para la Severidad⁷

Dadas las distribuciones a priori establecidas por los expertos en las cotizaciones en línea para la aseguradora, existe una probabilidad del 74% de tener menos de 10 fallas en los procesos y un 75% de probabilidad de que el impacto de las pérdidas no supere los \$15,000.00

⁶ <http://genie.sis.pitt.edu/downloads.html>

⁷ <http://genie.sis.pitt.edu/downloads.html>

OpVar (Valor en Riesgo Operativo)

Una vez terminado con el proceso de propagación de la RB para la obtención de las distribuciones a posteriori para la frecuencia de los eventos y la severidad de la pérdida de RO se integran ambas distribuciones mediante una convolución por medio de la simulación Monte Carlo⁸ (Cruz, 2002; Fontnouvelle, 2004)

Para el cálculo de capital de RO, la legislación a la que está sujeta la empresa, emitida por la CNSF establece que el porcentaje sobre el cuál debe estimarse la distribución de pérdida es del 99.5% con temporalidad de un año.

Asumiendo que la frecuencia se distribuye de acuerdo a la función $P(\cdot|\lambda)$ y la severidad de acuerdo a $f(\cdot|\mu)$, dados λ y μ , las funciones de distribución a posteriori $\hat{\pi}(\lambda|N)$ y $\hat{\pi}(\mu|X)$ para λ y μ respectivamente son estimados con las funciones de distribución Poisson para la frecuencia y LogNormal para la severidad y ponderadas con los datos históricos, la distribución de las pérdidas puede calcularse usando el método de Monte Carlo con los siguientes pasos (Cruz, 2002):

1. Simular los parámetros λ y α para las distribuciones a posteriori $\hat{\pi}(\lambda|N)$ y $\hat{\pi}(\mu|X)$.
2. Dado λ , simular un número de eventos N para la distribución de la frecuencia.
3. Dado α , simular las severidades X_n para $n = 1, 2, \dots, N$ para la distribución de la severidad $f(\cdot|\mu)$. Las severidades para el modelo se suponen independientes e idénticamente distribuidas para los parámetros dados λ y μ .
4. Encontrar la pérdida esperada $E(Z) = E(N_t)E(X)$. Bajo el supuesto de que estas variables son estadísticamente independientes.
5. Repetir los pasos 1 a 4 K veces para construir una muestra de las pérdidas $Z(K)$ con $k = 1, 2, \dots, N$. Se ordenan los valores obtenidos en orden descendente y se calculan en el cuantil 0.995

Para lograr el objetivo anterior, se generó la distribución conjunta de pérdidas potenciales empleando una distribución Poisson⁹ para la frecuencia y distribución Lognormal¹⁰ para la severidad, la cual es altamente empleada en seguros para modelar pérdidas (Mikosch, 2004).

Con la información proporcionada por el Comité de Expertos integrado por funcionarios de la empresa que cuentan con la experiencia e información sobre la operación y administración de las líneas de negocio vinculadas con la cotización en línea y las probabilidades obtenidas de la RB para la frecuencia y severidad se determinaron por consenso los parámetros $\lambda = 1.4723$, número de cotizaciones en línea no procesadas y $\mu = 7,433.57$, pérdida económica generada (medida en pesos mexicanos) por una falla ocasionada debido a errores en los sistemas de información o comunicación, factores externos o bien como resultado de errores en la cotización

El método que utiliza simulación de Monte Carlo se basa en generar una serie de escenarios aleatorios partiendo de las hipótesis y distribuciones de probabilidad, determinando los resultados para cada distribución. Este método posibilita obtener distribuciones de valores esperados de la variable simulada (Vergara, 2009). Una vez obtenidos

⁸ Su desventaja es que requiere de una gran capacidad de procesamiento para el cálculo y que se basa en la generación de números aleatorios.

⁹ Empleando el generador de números aleatorios de Excel.

¹⁰ DISTR.LOG.INV(Aleatorio(), μ , σ)

los resultados, se completa el histograma de frecuencias y se determina cuál es el OpVar a partir de la distribución de pérdidas agregada (Chernobai, Menn, Rachev & Truck, 2005).

Para calcular la distribución de las pérdidas usando el método de Monte Carlo, se consideran los parámetros $\lambda = 1.4723$ y $\mu = 7,433.57$ y se siguieron los 5 pasos ya mencionados anteriormente:

1. Se simularon 10,000 números posibles de eventos (N), para la distribución de frecuencia $P(N|\lambda = 1.4723)$ utilizando el generador de números aleatorios Poisson de Excel.
2. Se simularon 10,000 números aleatorios para la distribución de la severidad Lognormal $LN(X|\mu = 7,433.57, \sigma = 1,643.21)$, utilizando el generador de números aleatorios de Excel.
3. Obtener la pérdida esperada, bajo el supuesto de independencia.
 $E(\text{Pérdida}) = E(N) * E(X)$.
4. Los valores obtenidos para las 10,000 simulaciones, se ordenan en orden descendente y se obtiene el valor de la celda que corresponde al 99.5%, que corresponde a un monto de OpVaR.

El OpVar es el importe que proporciona información sobre la máxima pérdida potencial en la que podría incurrir determinada empresa, línea de negocio o proceso por riesgo operacional dentro de un plazo determinado y con un cierto nivel de confianza estadístico.

La simulación Monte Carlo es válida para bases de datos de pérdidas de riesgo operacional de empresas aseguradoras ya que permite modelar el comportamiento de variables con distribución diferente a la distribución normal (Hernández, 2010)

La Figura 8 muestra los resultados de pérdidas obtenidos mediante el proceso de simulación Monte Carlo, empleando 10,000 simulaciones

Para el cálculo del OpVar los valores obtenidos se ordenan de forma descendente y se obtiene el valor de que corresponde al 99.5% obteniendo una pérdida máxima esperada de \$384,661.96 sobre un periodo de un año.

La cifra resultante será útil en función de la comparación con otras medidas de riesgo, procesos, departamentos y empresas del sector para poder establecer medidas para su control y gestión.

Dada la carencia total de datos para el procedimiento en el cálculo del capital de RO del proceso de cotización en línea y contando sólo con la opinión de los expertos, la RB tendrá que ser actualizada tan pronto se tenga un histórico de información disponible de los eventos en las variables de riesgo.

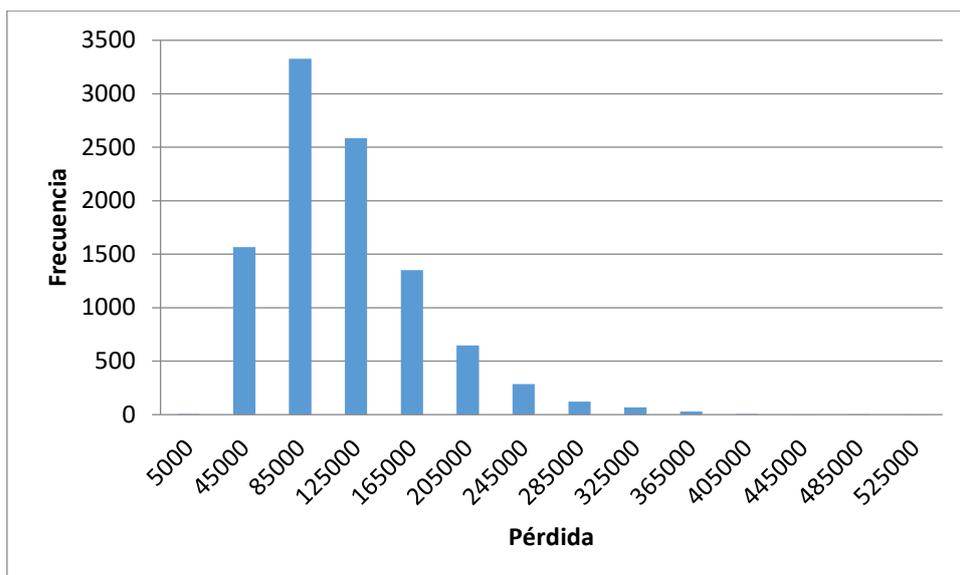


Figura 8: Resultados de Pérdida

Conclusiones

Por las características propias de las pérdidas de RO, no suele haber suficientes datos para estimar distribuciones de probabilidad por lo que las RB resultan ser una herramienta útil para la estimación de este riesgo.

El resultado obtenido empleando el modelo de RB, puede ser menor o mayor que el cálculo del método tradicional, sin embargo tiene la gran ventaja de proporcionar una mejor estimación a las condiciones particulares de la operación de la empresa.

Al ser un modelo dinámico, los resultados se ajustan conforme se registren y consoliden información estadísticamente suficiente de las bases de datos de acuerdo a los eventos registrados en esta línea de operación de la empresa, lo cual dará mayor certidumbre en la asignación de la reserva requerida, lo anterior implica en el mediano y largo plazo una mayor liquidez en las operaciones de la empresa.

Al descomponer el proceso en todas sus variables, el conocimiento adquirido sobre la operación provee una herramienta útil para la gestión del riesgo e identificación de áreas de oportunidad y mejora de procesos.

Una vez desarrollado el modelo, identificadas las variables y bases de datos estadísticamente suficientes, correr el modelo para obtener datos confiables con la frecuencia que se requiera es un proceso simple.

Teniendo una operación adecuada del modelo, es posible simular distintos escenarios al cambiar condiciones de alguna o algunas de las variables, lo anterior permite tomar decisiones con solidez estadística.

BIBLIOGRAFIA

- Acel–Sounderpandian (2009). “Business Statistics” p 692-788, Séptima Edición, Mac Graw Hill
- Alexander, C. (2002). “Operational Risk Measurement: Advanced Approaches” ISMA Centre, University of Reading, UK
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS, September 2001). “Working Paper on The Regulatory Treatment of Operational Risk”, Bank for International Settlements
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS, 2006). “International Convergence of Capital.” Measurement and Capital Standards, Bank for International Settlements
- Buhlmann, H., and A. Gisler. (2005). “A Course in Credibility Theory and its Applications, Springer, 2005
- Carrillo, S; Suárez, A. (2006). “Medición efectiva del riesgo operacional”. Estabilidad Financiera, Vol. 11 pp. 61-89
- CEIOPS, QIS5 (2010). Technical Specifications. <http://www.eiopa.europa.eu>
- Cruz, M. G., (2002). “Modeling, Measuring and Hedging Operational Risk”, Hoboken: Wiley
- Cummins, J.D., C.M. Lewis and R. Wei (2006). “The Market Value Impact of Operational Loss Events for US Banks and Insurers”, Journal of Banking and Finance, Vol. 30 p. 205-2634
- Chernobai A., Menn C., Rachev T., and Truck S. (2005). Estimation of Operational Value-at-Risk in the Presence of Minimum Collection Thresholds, Analysis, pp. 1- 62.
- Deloitte (2013). "Solvency II Requirements," available at www2.deloitte.com/uk/en/pages/financial-services/solutions/solvency-ii.html.
- Directiva 73/239/CEE
Directiva 2002/83/CEE
Directiva 92/96/CEE
- Dutta, K., and J. Perry (2006). “A Tale of Tails: An Empirical Analysis of Loss Distribution Models for Estimating Operational Risk Capital”. Working paper, Federal Reserve Bank of Boston
- European Commision. (2008). QIS4 Technical Specifications
- Fontnouvelle P., Rosengren E. and Jordan J. (2004). Implications of Alternative Operational Risk Modeling Techniques. Federal Reserve Bank of Boston
- Guidici P. (2004). “Integration of qualitative and quantitative operational risk data: a Bayesian approach”, in M.G. Cruz, ed., *Operational Risk Modeling and Analysis.Theory and Practice*, RISK Books, London, pp.131-138.
- Hernández Barros, R., y Martínez Torre-Enciso, Ma. I, (2010). “La nueva regulación europea de seguros privados: Solvencia II”; Boletín de Estudios Económicos, Bilbao, No. 199 pp. 75-92

- Hoffman, D. (1998). "New Trends in Operational Risk Measurement and Management". Operational Risk and Financial Institutions, Arthur Andersen, Risk Books, London.
- KPMG (2011). "Solvency II", www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Pages/solvency-II-closer-look.aspx y www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/solvency-II.pdf.
- López, M. A., Albanese, D.E. y Sánchez, M. A. (2014). "Gestión de riesgos para la adopción de la computación en nube en entidades financieras de la República Argentina" Contaduría y Administración, Vol. 59, Issue 3, Octubre-Diciembre 2014, pp. 61-88. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71266-5](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71266-5)
- McNeil, A., R. Frey, and P. Embrechts (2005). "Quantitative Risk Management" Princeton, University Press
- Mikosch, T. (2004). "Non-Life Insurance Mathematics: An Introduction with Stochastic Processes" Springer Verlag
- Neil, M.N. Fenton and M. Tailor (2005). "Using Bayesian Networks to model expected and unexpected operational losses" Risk Analysis Journal Vol. 25, No. 4 pp. 963-972
- Neil M., D. Marquez and Fenton N. (2004). "Bayesian Networks to model Expected and Unexpected Operational Losses", Risk analysis, Vol. 25, No., 4 pp. 675-689
- Peters, G.W., A.D. Byrnes and P.V. Shevchenko (2011). "Impact of Insurance for Operational Risk: Is it Worthwhile to Insure or be Insured for Severe Losses". Insurance: Mathematics and Economics, Vol. 48 pp. 287-303
- Reimer K and Neu P. (2003). "Functional correlation approach to operational risk in banking organizations". Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 322 Pp 650-666
- Sanford, A.D. and Moosa, I.A. (2012). "A Bayesian network structure for operational risk modelling in structured finance operations". The Journal of the Operational Research Society, Vol. 63, No. 4 (April 2012), pp.431-444
- Shevchenko, P.V. (2010). "Calculation of Aggregate Loss Distributions", Journal of Operational Risk, Vol. 5 pp. 3-40
- Vergara, M.A. y Maya, Cecilia (2009). "Montecarlo estructurado. Estimación del valor en riesgo en un portafolio accionario en Colombia". AD-MINISTER, No. 15 pp. 68-88