

## ***Diseño y aplicación de un modelo de medición del riesgo operacional utilizando redes bayesianas***

***Fernando Esteban Posada Espinal***

***Docente Universidad de Antioquia, Colombia***

Resumen: El presente trabajo propone una metodología para la cuantificación del nivel de exposición al riesgo operativo en una entidad financiera colombiana utilizando un modelo redes bayesianas (causales) para los factores establecidos por Basilea como claves, los cuales se evidencian en una de las líneas de negocio de esta entidad.

El riesgo operativo o riesgo operacional es uno de los riesgos financieros que ha sido estudiado a mayor nivel de detalle en la última década tanto a nivel internacional como en el ámbito local, permitiendo que de este estudio se desprendan la adopción de diversas metodologías para su comprensión, cuantificación y gestión.

### **Introducción**

El proceso de gestión de riesgos, el cual consiste en identificar, cuantificar, gestionar y monitorear los riesgos actuales y futuros que afronta una entidad, ha sido implementado por un gran número de empresas financieras y no financieras. El primer tipo de riesgo en ser analizado por las empresas, en este caso financieras, fue el riesgo crediticio. Con este fin, el Comité de Basilea estableció en 1988 los requerimientos de capital mínimo y prácticas internas de gestión que todos los bancos deberían implementar para el manejo de este tipo de riesgo.

En la siguiente década se iniciaron los esfuerzos para la identificación, cuantificación y cubrimiento del riesgo de mercado, es decir, el relacionado con variables internas y externas de mercado que afecten los precios y por tanto el valor de los activos, algunas de estas variables pueden ser: tasas de cambio, tasas de interés, precios de acciones y materia prima (commodities).

A partir del año 2000, las empresas han enfocado su atención al manejo del riesgo operativo, un tipo de riesgo que había sido considerado por muchas instituciones financieras como no cuantificable. El Comité de Basilea, ha venido elaborando los cimientos para un Nuevo Acuerdo, cuya versión final fue publicada hacia fines del año 2004

El objetivo del presente estudio es profundizar en la implementación de nuevas metodologías de cuantificación del nivel de exposición de capital a las pérdidas potenciales por RO así como la determinación de los requerimientos mínimos de este capital para afrontar estos riesgos.

Para este fin se propone realizar una revisión de los diferentes modelos de medición propuestos a niveles internacionales y validados y reconocidos por el ente de regulación financiero nacional (Superintendencia Financiera de Colombia), partiendo, por supuesto de los acuerdos internacionales desarrollados por el Banco Internacional de Pagos, BIS, por sus siglas en inglés.

Adicionalmente se profundizará en la cuantificación del RO a través de la metodología de Redes Bayesianas evaluando las aproximaciones teóricas a los modelos y decantando en las posibles aplicaciones que en diferentes contextos se hayan realizado, proponiendo para un Banco

comercial de importante trayectoria en Colombia un modelo de medición y cuantificación del nivel de exposición de su capital a las pérdidas por riesgo operativo.

### **Objetivo General**

El objetivo general del presente proyecto de tesis de Maestría es proponer y desarrollar una metodología estructurada para la identificación y medición del riesgo operativo basada en modelos causales, aplicable tanto a entidades financieras o empresas industriales y comerciales expuestas a factores de riesgo operativo, utilizando bases de datos y fuentes de información primarias para la validación y prueba del modelo.

### **Objetivos Específicos**

- ❖ Estudiar las metodologías y procedimientos existentes y validados a nivel nacional para la medición del riesgo operativo utilizando modelos causales
- ❖ Proponer y desarrollar una metodología estructurada para la identificación y medición del riesgo operativo basada en modelos causales
- ❖ Aplicar la metodología elaborada a bases de datos existentes o a empresas que cuenten con los procedimientos y demás información referente a eventos de riesgo operacional.

### **Alcances del trabajo**

En este trabajo de investigación se propone utilizar una metodología eficaz que permitirá cuantificar el nivel de exposición a riesgo operativo ya sea de una entidad financiera o real, con datos exactos obtenidos de bases de datos ciertos, o de una entidad ficticia con datos simulados o estimados construidos de manera artificial.

Dicha modelación, se espera que sirva como alternativa de apoyo a la gestión integral del riesgo operativo a diferentes empresas en Colombia.

Se utilizará la metodología de las redes bayesianas dado que este es un modelo bastante poderoso cuando los datos históricos existentes sobre la variable de interés son pocos, poco confiables o de difícil modelación con otro tipo de técnicas, dado que estos datos, antes de ser considerados, son previamente validados por expertos con el fin de parametrizar su posible comportamiento (distribuciones o probabilidades a priori) (Yasuda, 2003)

La principal diferenciación a favor de utilizar esta metodología se basa en la simplificación en la aplicación del modelo, se propone una serie de pasos o fases sistemáticas para su implementación (Mendoza 2004) pasando desde la definición de las variables o factores de riesgo operativo a medir en la entidad financiera, hasta la validación de las probabilidades a priori una vez la información histórica de la entidad lo permita.

Estos resultados, así como las conclusiones que de él se deriven son válidos en las condiciones y realidades propuestas y tendrán así mismo una vigencia temporal dada.

La metodología fue verificada y validada preliminarmente, aplicando metodologías de prueba de escritorio y de análisis por panel de expertos, igualmente se hicieron validaciones y perfeccionamientos que refinaron la metodología a lo largo del desarrollo de la investigación.

Una vez validado el modelo con las pruebas de escritorio que revisaron la consistencia y parametrización de éste y a la par con la realización de la simulación y definición de la carga de capital a provisional por cada factor de riesgo, por unidad de negocio y total para la entidad, se procedió a determinar las probabilidades a posteriori de ocurrencia de eventos de riesgo operativo en la entidad. Para esto se tomó la base de datos históricas de eventos en los cuales se ha presentado evidencia de pérdidas asociadas a factores de riesgo operacional en cada uno de los niveles determinados contra la totalidad de operaciones o transacciones por cada línea y se incorporaron estas probabilidades en el modelo (evidencia) lo que generó un nuevo resultado para la simulación.

Queda faltando únicamente un contraste entre los resultados del modelo bayesiano con el propuesto por la entidad de supervisión y control financiero (Superintendencia Financiera de Colombia) para determinar la carga de capital expuesta a riesgo operacional, en caso de ser menor el capital por la metodología bayesiana se buscará su validación por parte de la Superfinanciera.

### **Recolección de datos para la medición del riesgo operativo**

En esta sección se busca implementar una metodología que permita identificar y cuantificar la exposición de una entidad financiera que presente una estructura de líneas de negocios de acuerdo con las definidas por el comité de Basilea, al riesgo operativo. Teniendo en cuenta la escasez de información histórica por la falta de documentación y sistematización de estos eventos de pérdida debidas al riesgo operativo que se presenta en la mayor parte de las entidades financieras colombianas, se debe desarrollar una metodología que tenga en cuenta la información cualitativa que se puede obtener por fuentes externas (expertos) de una manera estructurada pero que, al mismo tiempo, sea capaz de incorporar los eventos de pérdida debidos al riesgo operativo, en la medida que éstos se vayan presentando.

Así, la metodología que se desarrolla y se explica en este modulo permite tener en cuenta las cuatro fuentes de información identificadas en el capítulo anterior para la medición del riesgo operativo en entidades financieras, las cuales son: eventos de pérdida internos, eventos de pérdida externos, indicadores de riesgo y juicios de los expertos.

La metodología consta de 9 pasos los cuales se muestran en el siguiente esquema, y se describen detalladamente a continuación.



Grafica Modelo de identificación y medición de pérdidas asociadas a eventos de RO, Fuente: Construcción propia

## Aplicación del modelo de redes bayesianas a una entidad financiera específica

### Consideraciones generales sobre la recolección de la información

El proceso de selección y clasificación de los datos para el desarrollo del modelo se convierte en un elemento fundamental del proceso, uno porque de la disponibilidad de esta información se podrán realizar las pruebas que nos permitan determinar las distribuciones de probabilidad a priori sobre las que se fundamenta la técnica de modelación Bayesiana y dos porque de esta información se desprenden los controles que conllevan en la entidad financiera a implementar el Sistema de Administración de Riego Operativo en su etapa de gestión de riesgos.

Las fuentes de información sobre las cuales se realizara la toma de datos se clasifican en dos dimensiones (internas y externas) de las entidades objetos de intervención, a saber:

#### Fuentes internas:

- ❖ Eventos de pérdidas asociados a RO
- ❖ Información de severidad de las pérdidas ocasionadas por RO

#### Fuentes Externas:

- ❖ Bases de datos teóricas de eventos y severidad construidas por la entidad de regulación y control
- ❖ Juicios de expertos consultados sobre eventos y severidad
- ❖ Indicadores de riesgo estándar utilizados a nivel nacional e internacional

La primera fuente de información está representada por los datos sobre las pérdidas debidas a eventos internos y externos. De acuerdo con el Comité de Basilea estos datos están conformados tanto por los eventos de alta frecuencia y bajo impacto económico como por eventos de baja

frecuencia y alto impacto económico.

### **ETAPA 1: Seleccionar las Líneas de Negocio**

La línea de negocio seleccionada fue Banca Empresarial. Esta línea de negocios se encuentra orientada a las personas jurídicas que utilizan la entidad financiera para realizar sus actividades de inversión y financiación mediante una variada cantidad de productos financieros como cuentas de ahorro, cuentas corrientes empresariales, CDT's , tarjetas de crédito empresariales y líneas de crédito como capital de trabajo, leasing y fiducréditos, así como servicios adicionales para el manejo de los recursos de manera rápida y eficiente mediante una sucursal virtual mediante la instalación de un software al cliente, que le permite realizar consultas y transacciones financieras, desde su propia oficina, sobre los diferentes productos y servicios que tiene con el banco, respondiendo a sus necesidades de información de manera eficiente y segura.

### **ETAPA 2: Categorizar los Posibles Eventos de Pérdida**

El grupo de trabajo de Banca Empresarial seleccionó las siguientes categorías de eventos de pérdida, definidas por el Comité de Basilea, para tenerlas en cuenta en la identificación y cuantificación del Riesgo Operativo:

Fraude Interno

Fraude Externo

Prácticas de Empleo y Seguridad del área de Trabajo

Clientes, Productos y Prácticas del Negocio

Interrupción del Negocio y Fallas en los Sistemas de información

Ejecución y Manejo de Procesos

### **ETAPA 3: Definir Niveles de Severidad para los Eventos de Pérdida**

El grupo de trabajo de Banca Empresarial definió los siguientes niveles de severidad para los eventos de pérdida:

- Nivel 1: pérdidas entre \$0 y \$50.000.000
- Nivel 2: pérdidas entre \$50.000.000 y \$100.000.000
- Nivel 3: pérdidas entre \$100.000.000 y \$200.000.000
- Nivel 4: pérdidas entre \$200.000.000 y \$500.000.000
- Nivel 5: pérdidas entre \$500.000.000 y \$1000.000.000

#### ETAPA 4: Identificar Indicadores de Riesgo

Para la identificación y definición de los indicadores se siguieron cada uno de los pasos sugeridos por la metodología para esta etapa:

El grupo de trabajo de Banca Empresarial identificó indicadores de riesgo para cada una de las categorías principales de eventos de pérdida. Las siguientes tablas muestran los indicadores identificados para cada una de las categorías. Adicionalmente, las Tablas presentan una descripción de cada indicador, los posibles niveles definidos por el grupo de trabajo de Banca Empresarial, y el nivel en el cual el grupo cree que se encuentra ubicado el Banco actualmente, a continuación se presenta un ejemplo del procedimiento establecido para determinar niveles y subniveles de indicadores para el factor de riesgo Fraude interno.

CATEGORÍA	INDICADORES			SUB-INDICADORES		
	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	NIVEL	SUB-INDICADOR	DESCRIPCIÓN	NIVEL
FRAUDE INTERNO	1. Seguridad en el envío de Claves	Nivel de eficiencia y seguridad en la entrega de claves a nuestros clientes	1. BAJO 2. MEDIO 3. ALTO	1. Generación de claves	Personas que intervienen en la generación de claves	1. UNA PERSONA 2. VARIAS PERSONAS
				2. Seguridad en la recepción de las claves por parte del cliente	Nivel de privacidad en el correo de los clientes que reciben las claves	1. BAJO 2. MEDIO 3. ALTO
	2. Restricciones en la asignación de códigos de convenios	Nivel de restricción en la asignación de cuentas en el momento de habilitar la opción de pagos a terceros	1. BAJO 2. MEDIO 3. ALTO			
	3. Supervisión	Existencia de supervisión al proceso de asignación de claves	1. NO 2. SI			
	4. Confidencialidad de la información	Manejo adecuado de la información de los clientes	1. NO 2. SI			
5. Calidad del personal	Calidad del personal relacionado con la Terminal	1. MALO 2. REGULAR 3. BUENO	1. Antecedentes disciplinarios	Reseña en Entidades Judiciales de personal	1. NO TIENEN 2. TIENEN	
			2. Nivel de Vida	Forma y estilo de vida	1. BAJO 2. MEDIO 3. ALTO	

Tabla Indicadores de Riesgo para la Categoría Fraude Interno  
Fuente: La entidad Financiera

#### ETAPA 5: Establecer la Relación entre los Indicadores de Riesgo y los Eventos de Pérdida

Al igual que en el paso anterior, el grupo de trabajo definió un orden de importancia entre los indicadores para identificar cuáles de ellos eran más importantes para explicar la ocurrencia de cada uno de los tipos de eventos de pérdida.

Adicionalmente, se definió la relación entre los indicadores y los eventos de pérdida relacionados. Estos resultados se presentan en las siguientes Tablas:

CATEGORÍA	INDICADOR	NIVEL	RELACIÓN CATEGORÍA - INDICADOR
FRAUDE INTERNO	1. Seguridad en el envío de Claves	1. BAJO 2. MEDIO 3. ALTO	Si existe más seguridad en el envío de claves, disminuye la posibilidad de que ocurran pérdidas debidas a Fraudes Internos.
	2. Restricciones en la asignación de códigos de convenios	1. BAJO 2. MEDIO 3. ALTO	Si aumentan las restricciones en la asignación de códigos de convenio, disminuye la posibilidad de que ocurran pérdidas debidas a Fraudes Internos.
	3. Supervisión	1. NO 2. SI	Si aumentan los niveles de supervisión, disminuye la posibilidad de que ocurran pérdidas debidas a Fraudes Internos.
	4. Confidencialidad de la información	1. NO 2. SI	Si se mantiene la confidencialidad de la información, disminuye la posibilidad de que ocurran pérdidas debidas a Fraudes Internos.
	5. Calidad del personal	1. MALO 2. REGULAR 3. BUENO	Si el producto es manejado por un personal de alta calidad, disminuye la posibilidad de que ocurran pérdidas debidas a Fraudes Internos.

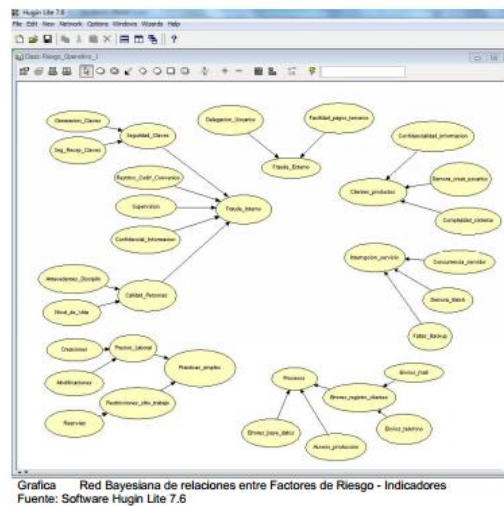
Tabla Relación eventos de pérdida –Indicadores en la categoría Frauda Interno  
Fuente: La entidad Financiera

## ETAPA 6: Construir el Modelo de Redes Bayesianas

La construcción del modelo de Redes Bayesianas se realizó en dos pasos: Definición de Variables y Estimación de las Probabilidades Condicionales.

Definición de Variables: las variables de la Red Bayesiana corresponden a las diferentes categorías de eventos de pérdida y a los indicadores y sub-indicadores de Riesgo definidos para cada categoría.

La Red Bayesiana, construida con la ayuda del software Hugin Expert Lite 7.6, se muestra en la gráfica que se presenta a continuación. Para cada uno de los sub-indicadores o indicadores que no dependen de otros indicadores, se debe fijar el nivel en el cual se encuentra actualmente el banco, de acuerdo con lo definido por el grupo de trabajo. Por ejemplo, para el indicador Supervisión, el grupo de trabajo definió los niveles Si y No, y consideró que el producto Banca Empresarial no cuenta con los niveles de supervisión adecuada en la generación de claves. Esto es importante porque nos presenta la evidencia necesaria para construir las probabilidades a priori entre cada indicador construido y el factor de riesgo al cual se encuentra asociado.



Estimación de las Probabilidades Condicionales: las probabilidades condicionales se estimaron con base en el orden de importancia y las relaciones entre sub-indicadores e indicadores y entre indicadores y categorías de eventos de pérdida, definidos en las etapas 4 y 5.

Inicialmente, se estimaron las probabilidades condicionales para los indicadores que dependían de sub-indicadores.

Para ello, se estimó la probabilidad de ocurrencia de cada nivel del indicador principal dados los diferentes niveles en los sub-indicadores de los cuales dependía. Por ejemplo, en el caso del indicador Seguridad en el Envío de Claves, para el cual se definieron dos sub-indicadores, se estimaron las probabilidades que se muestran en la siguiente figura.

Gráfica 1: Cálculo de probabilidades condicionales para el indicador Seguridad en el envío de claves  
Fuente: Software Hugin Lite 7.6

Seguridad	Baja		Media		Alta	
	Una Persona	Varias Personas	Una Persona	Varias Personas	Una Persona	Varias Personas
Baja	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.3
Media	0.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.5
Alta	0.3	0.1	0.7	0.3	0.6	0.2

De esta manera, si la seguridad en la recepción de claves por parte del cliente es baja y la generación de claves en el banco es realizada por una sola persona, entonces el grupo de trabajo estimó que la Seguridad en el Envío de Claves será baja con una probabilidad de 0.2, media con probabilidad de 0.5, y alta con probabilidad de 0.3.

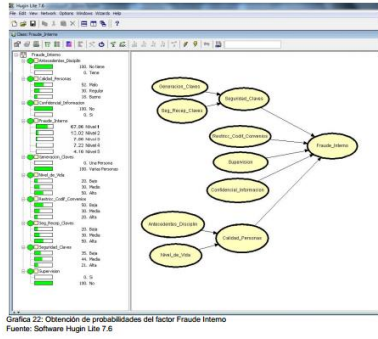
Las probabilidades condicionales para las demás categorías de eventos de pérdida, se estimaron de manera similar.

**ETAPA 7: Validar el Modelo de Redes Bayesianas**

Debido a la ausencia de información histórica sobre eventos de pérdida, no fue posible validar las probabilidades condicionales definidas en el paso 6. Sin embargo, el modelo planteado permite actualizar fácilmente las probabilidades en caso de que se cuente con nueva información.

Después de aplicar las primeras 7 etapas de la metodología se obtiene la distribución de probabilidad para cada una de las demás categorías de eventos de pérdida.

Finalmente el modelo general se detalla en la siguiente figura, en la que se observa por ejemplo que la probabilidad de que se presente una pérdida de nivel 1 (bajo) en el factor riesgo interno es del 67,8%.



**ETAPA 8: Obtención de la Distribución de Pérdida**

El grupo de expertos estableció que por cada uno de los clientes de la línea de negocio Banca Empresarial se podían presentar los distintos eventos de pérdida definidos en la etapa 2. De esta manera, para cada una de

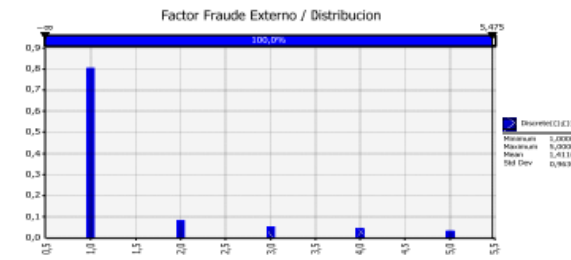


las categorías de eventos, el número de operaciones sujetas a pérdida es igual al número de clientes, que actualmente en la compañía para esta línea de negocio es de 5638. Teniendo en cuenta las distribuciones de probabilidad estimadas en el paso anterior, se plantea un modelo, el cual se muestra en la Tabla 28, para obtener la distribución de pérdidas por cliente para Banca Empresarial durante un año.

Simulación de las Perdidas para cada evento de Riesgo Operacional					
Nivel de Perdidas	Distribucion de Probabilidad	Minimo	Maximo	Media	Desviación
Nivel 1	Uniforme [0, 50.000.000]	-	50.000.000,00	25.000.000,00	14.433.756,73
Nivel 2	Uniforme [50.000.000, 100.000.000]	50.000.000,00	100.000.000,00	75.000.000,00	14.433.756,73
Nivel 3	Uniforme [100.000.000, 200.000.000]	100.000.000,00	200.000.000,00	150.000.000,00	28.867.513,46
Nivel 4	Uniforme [200.000.000, 500.000.000]	200.000.000,00	500.000.000,00	350.000.000,00	86.602.540,38
Nivel 5	Uniforme [500.000.000, 1000.000.000]	500.000.000,00	1.000.000.000,00	750.000.000,00	144.337.567,30

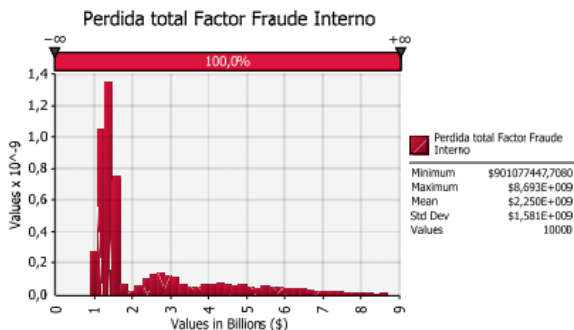
Tabla Distribución de probabilidad para cada nivel de Perdidas  
Fuente: Construcción propia

Utilizando el paquete de simulación @Risk, se encontraron tras una corrida con 10.000 iteraciones, las distribuciones de probabilidad para los factores de riesgo operativo asociado a la línea de negocios Banca Empresarial y las distribuciones de probabilidad para los niveles de pérdidas observables, como ejemplo se muestra la distribución de pérdidas del factor fraude externo.

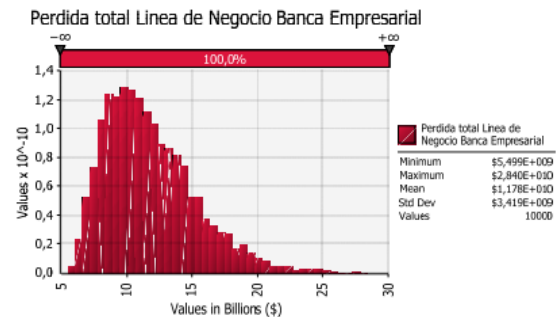


Grafica Distribución de probabilidades del factor Fraude Externo  
Fuente: Software @Risk

Luego de realizar una simulación con 10.000 iteraciones se encuentra la distribución de probabilidad de las pérdidas agregadas para cada factor de riesgo y la distribución de perdidas agregadas para la línea de negocios Banca Empresarial, se muestra gráfica del factor Fraude interno.



Grafica Distribución de pérdidas del factor Fraude Interno  
Fuente: Software @Risk



Grafica Distribución de pérdidas agregadas para la línea de negocio Banca Empresarial  
Fuente: Software @Risk

La distribución de pérdida total para la línea de negocio Banca Empresarial, muestra que la pérdida anual esperada es de \$11.780 millones. La variabilidad de esta pérdida, es alta aunque disminuye con respecto a la variabilidad de las categorías individuales.

Teniendo en cuenta las distribuciones de pérdida, se puede calcular la pérdida no esperada o Valor en Riesgo (VaR) para cada una de las categorías como la diferencia entre el percentil correspondiente al 95% y la pérdida esperada. La siguiente tabla muestra la pérdida esperada y la pérdida no esperada para cada una de las categorías de eventos de pérdida.

	Perdida esperada	Perdada no esperada
Factor Fraude Interno	\$ 2.250.223.000,00	\$ 5.917.107.089,09
Factor Fraude Externo	\$ 1.908.038.000,00	\$ 5.323.537.846,62
Factor Practicas de Empleo y seguridad en el ambiente de trabajo	\$ 1.992.582.000,00	\$ 5.008.415.602,53
Factor Clientes/Productos	\$ 1.687.430.000,00	\$ 3.280.690.298,01
Factor Interrupción en el Servicio	\$ 1.889.213.000,00	\$ 4.606.901.855,56
Factor Procesos	\$ 2.052.879.000,00	\$ 5.465.198.939,33
<b>Línea de Negocios Banca Empresarial</b>	<b>\$ 11.780.360.000,00</b>	<b>\$ 18.271.787.677,84</b>

Tabla Pérdidas esperadas y pérdidas no esperadas para cada factor de RO  
Fuente: Construcción propia

Finalmente, con base en la distribución de la pérdida anual total de la línea, se calcula la provisión anual que el banco debe hacer para cada línea de negocios, en el caso de la línea Banca Empresarial, el valor de esta provisión corresponde a la pérdida no esperada.

Provisión por Cliente = Pérdida 95% - Pérdida Esperada

Provisión por Cliente = \$18.271,78 millones – \$11.780,36 millones

Provisión por Cliente = \$6.491,42 millones

## ETAPA 9: Calcular la Provisión Total

Debido a que en este caso se aplicó la metodología solamente en una línea de negocio, no se puede calcular el nivel de exposición al riesgo operativo de todo el banco, no obstante el procedimiento sigue la misma dinámica.

## Hallazgos Y Recomendaciones

La identificación, medición, cuantificación y gestión de los diferentes tipos de riesgo en las entidades financieras y no financieras es un tema particularmente relevante para el desarrollo y funcionamiento de las mismas. Dicha gestión se requiere de la vinculación de gran parte del capital humano, técnico y económico de la organización para su realización.

Los eventos de pérdida que se pueden presentar asociados a la exposición al riesgo operativo pueden tener un alto impacto en el funcionamiento de las empresas, incluso poner en riesgo la continuidad del negocio financiero. Por esta razón, el proceso de gestión del riesgo operativo es un tema de estudio reciente a nivel

mundial, que actualmente es relevante para las entidades financieras más importantes del mundo y para entidades reguladoras como el Comité de Basilea.

En la mayoría de las entidades financieras colombianas, el concepto de riesgo operativo está empezando a ser abordado, entendido y modelado, y la gestión del mismo se realiza, principalmente, con base en controles internos y auditorías. Este tipo de actividades pueden ayudar a identificar las fuentes de exposición al riesgo operativo, pero no permiten cuantificarlo. Por esta razón, resulta de particular importancia el diseño de metodologías y modelos que permitan no sólo identificar, sino cuantificar más precisamente este tipo de riesgo.

La cultura de la gestión de información en esta materia, es una tarea apenas en construcción, por lo tanto es necesario que las instituciones financieras realicen procedimientos sistemáticos de registro de operaciones sospechosas, fraudulentas y de todas aquellas situaciones que generen una exposición del capital bancario a factores de RO.

La mayoría de las metodologías aplicadas actualmente por la mayoría de las entidades financieras en diferentes partes del mundo para la identificación y medición del riesgo operativo, son metodologías descendentes que se basan en medidas amplias del riesgo operativo. Sin embargo, las entidades más importantes están diseñando y aplicando metodologías ascendentes o avanzadas que permiten identificar y cuantificar con mayor precisión el nivel de exposición a este tipo de riesgo tomando como base información propia de la misma entidad. Estas metodologías deberán estar asociadas a modelos estadísticos, debido a que en dichas entidades es imprescindible contar con amplias bases de datos con información histórica sobre los eventos de pérdida y su correspondiente severidad.

Para la implementación de metodologías avanzadas para la identificación y cuantificación del riesgo operativo en las entidades financieras colombianas se debe tener en cuenta la escasez de información histórica sobre los eventos de pérdida. Teniendo en cuenta esta limitación, la metodología desarrollada y presentada en esta tesis permite tener en cuenta las cuatro fuentes de información existentes para la identificación y cuantificación del riesgo operativo en entidades financieras, las cuales son: eventos de pérdida internos, eventos de pérdida externos, indicadores de riesgo y juicios de los expertos.

El proceso de obtención, sistematización y análisis de la información, tanto cualitativa como cuantitativa, es de particular importancia para la aplicación de esta metodología. Por un lado, debido a la necesidad de definir categorías de eventos de pérdida, indicadores de riesgo y relaciones entre éstos, el grupo de personas que suministren esta información debe conocer detalladamente el funcionamiento de la línea de negocio que esté siendo evaluada no solo en la entidad sino en general en una entidad financiera cualquiera. Por otro lado, para tener en cuenta la información histórica sobre los eventos de pérdida se debe contar con unas bases de datos confiables y bien organizados.

A pesar de haber sido diseñada para entidades financieras, la metodología puede aplicarse en otro tipo de entidades realizando ajustes en algunas de las nueve etapas propuestas.

Esta metodología representa un soporte importante para la etapa de Identificación y Cuantificación de las Exposiciones de la Metodología general de Administración de Riesgo propuesta por Smithson (1998), y presentada en el Capítulo 3, página 13 de su libro.

## BIBLIOGRAFIA

BORGLET C., K. K. (2002). Graphical Models - Methods for data analysis and Mining. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

CHERNOBAI, A. S. (2007). Operational Risk: A guide to Basel II capital requirements, models and analysis. New Jersey (USA): John Wiley & Sons, Inc.

Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. (2003). Buenas prácticas para la supervisión y gestión del riesgo operativo. Basilea (Suiza).

Comité de Supervisión Bancario de Basilea. (2004). Convergencia internacional de Medidas y Normas de Capital. Basilea (Suiza): Banco de Pagos Internacionales Press & Communications.

COVENIN (1995). Norma venezolana 2270 Comité de higiene y seguridad en el trabajo: Guía para su implementación y funcionamiento. Fondonorma, Caracas 1995

CRUZ, M. G. (2002). Modeling, measuring and hedging operational risk. West Sussex: Jhon Willey & sons Inc.

FRACHOT A., P. G. (2001). Loss Distribution Approach for operational risk. 1-43.

HECKERMAN, D. (1995). A tutorial on learning with bayesian networks. U.S.A.: Technical Report MSR-TR-95-06, Microsoft Research.

HIWATASHI, J. (2002). Solutions on Measuring Operational Risk. Capital Markets News , 1-4.

Hull, J. (2007). Risk Management and Financial Institutions. New Jersey (USA): Prentice Hall.

JENSEN, F. (2001). Bayesian Networks and Decision Graphs. New York, (U.S.A): Springer-Verlag.

JORION, P. (2000). Value at Risk: the New Benchmark for Managing Financial Risk. 2 Ed. McGraw-Hill.

MARSHALL, C. L. (2001). Measuring and Managing Operational Risks in Financial Institutions. John Wiley & Sons Inc.

NEAPOLITAN, R. E. (1990). Probabilistic reasoning in expert systems. New York ( U.S.A): John Wiley & Sons.

NEAPOLITAN, R. (2004). Learning Bayesian Networks. Prentice. New Jersey (USA): Prentice Hall.

PriceWaterhouseCoopers. (2007). La Argentina y la región en relación con la gestión del riesgo operacional. CEO Argentina , 40.

ROEHR, A. (2002 Vol. 5, No.2 ). Modelling Operational Losses. ALGO Research Quarterly, , 53-64.

SFC. (2007). Circular 041 Capitulo XXIII. Bogotá

SMITHSON )1998) Charles W. Managing Financial Risk. 3a Edición. Mc Graw Hill p550-573

SUCAR, L. E. (2006). Redes Bayesianas. En B. S. Araujo, Aprendizaje Automático: conceptos básicos y avanzados (págs. 77-100). Pearson Educación.