



Bogotá, 17, 18 y 19 de septiembre de 2015

## **Determinantes del Riesgo Operativo en las Pymes Industriales. Revisión de la Literatura.**

**Jorge A. Restrepo M.<sup>1</sup> Viviana Maya<sup>2</sup>,**

### **Resumen**

Las pequeñas y medianas empresas (Pymes) representan un papel fundamental como fuentes del desarrollo económico y social, son generadoras de empleo y redistribuidoras del ingreso del país. Dada la importancia de estas unidades empresariales, analistas financieros y otros agentes económicos y sociales, focalizan su interés en determinar y estimar de forma oportuna los factores y variables que generen una posible situación de fracaso empresarial. El principal objetivo de este proyecto es elaborar un modelo para la cuantificación del riesgo operativo en las pequeñas y medianas empresas colombianas, por medio metodología mixta cualitativa-cuantitativa que consta de tres etapas; la primera, consiste en desarrollar un aplicativo flexible con el fin de construir una matriz genérica de perfiles de riesgo, para dimensionar los factores de riesgo operativo. La segunda, se fundamenta en la construcción de una matriz mediante un proceso analítico jerárquico (AHP) para definir la frecuencia y la severidad de los factores de riesgo, las variables que los concretan y su peso para configurar la matriz de riesgos y alimentar el aplicativo. Y la tercera etapa gravita en cuantificar el riesgo recurriendo a la metodología de mejor ajuste a la disponibilidad de la información. Este artículo corresponde a un resultado parcial del proyecto en curso\*, donde se presenta la revisión de la literatura para la construcción del marco teórico que servirá de soporte a la

---

<sup>1</sup>Ingeniero Administrador Universidad Nacional. Magíster en Administración Universidad EAFIT. Candidato a Doctor Universidad San pablo CEU. Docente-Investigador de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia. Líder Grupo Research and Enterprise Development (R.E.D.), Medellín, Colombia Correos: jrestrepo@tdea.edu.co.

<sup>2</sup> Ingeniera Administradora Universidad Nacional. Joven investigador de Colciencias en la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia. Teléfono: 3045896901. Correo electrónico: Viviana.m.uribe@gmail.com

investigación, adicionalmente se presenta la interfaz del aplicativo que construye la matriz de perfiles de riesgo.

**Palabras Clave:** Método AHP, Método multicriterio, Riesgo operativo, Simulación Monte Carlo.

### **Abstract**

Small and medium enterprises (SMEs) represent an important role as source of economic and social development. The SMEs generate employment and redistribute the income of the country. Given the importance of these business units, financial analysts and other economic and social agents focus their interest on to identify and evaluate timely the factors and variables that may generate a situation of possible business failure. The main aim is to elaborate a multicriteria method to quantify the operational risk in the Small and Medium Enterprises based on a mixed methodology. A three steps was developed; the first step is to develop a flexible software application in order to create a flexible and generic risk profile matrix to assess operational risk. The second step, involves to build an AHP matrix according to the factors, variables, and the risk weight assigned. Besides, frequency and severity are used to fill up the software application. And the third step, consist to run a parametric methodology used in literature according to company information availability. This paper corresponds a partial result of a project on course, we present the literature review to build the theoretical framework that will support the research. In addition we show the application's interface that creates the generic risk profile matrix.

**Keywords:** AHP method, Multicriteria method, Operational Risk, Monte Carlo simulation.

### **Introducción**

En Colombia las pequeñas y medianas empresas Pymes son un factor determinante del desarrollo económico y social, dada su importante contribución en la generación de empleo y como redistribuidoras del ingreso (Arbeláez, Zuleta, & Velasco, 2003; Díaz, Lorenzo, & Solís, 2005; Restrepo & Vanegas, 2009; Barrientos & Romero, 2009). El Departamento Nacional de Estadística (DANE, 2014), publicó el boletín técnico de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), en esta encuesta, las Pymes representaron el 40.5% de la producción bruta del sector; de los 8.682 establecimientos que componen la

Encuesta Anual Manufacturera, el 68.3% de las plantas industriales en 2013 emplearon menos de 50 personas, 14.4% entre 50 y 100 personas, el 15% entre 100 y 200 personas.

Dada la importancia de estas unidades empresariales, analistas financieros y otros agentes económicos y sociales, focalizan su interés en determinar y estimar de forma oportuna los factores y variables que pueden generar una posible situación de fracaso empresarial, en este orden de ideas, el interés subyace en proporcionar herramientas financieras y operacionales encaminadas a soportar el proceso de la toma de decisiones, de esta forma contribuir a que las empresas refuercen sus habilidades gerenciales y desarrollen estructuras organizacionales más resistentes y competitivas (Hernández & Lochmüller, 2012; Salas & Becerra, 2014).

Diversos estudios realizados en las Pymes señalan que éstas se caracterizan por tener una estructura familiar, y por ser normalmente administradas por sus propietarios, adicionalmente coinciden en afirmar que las fuentes principales de financiación de las Pymes son: los recursos propios (patrimonio), seguidos por pasivos operacionales de corto plazo (proveedores y cuentas por pagar) y en último lugar por pasivos de largo plazo (Restrepo & Vanegas, 2009; Vera, Melgarejo & Mora, 2014).

Adicionalmente, el tamaño de las Pymesles permite adaptarse y adecuar su estructura para enfrentarcambios en el entorno, sin embargo no logran anticiparse a estos debido a que no realizan seguimiento a las tendencias del mercado, no gestionan riesgos, tampoco hacen uso de herramientas financieras para sustentar la toma de decisiones,y menos llevan a cabo un riguroso registro de la información contable, factores que repercuten como una barrera para el financiamiento.Por otro lado,las instituciones financieras no están interesadas en invertir recursos en estas empresas, debido a que la rentabilidad generada por estas no es atractiva y en muchos casos ni siquiera supera la inflación del país, ni aunque el empresario esté dispuesto a pagar un elevado tipo de interés, ya que consideran que este no compensa el riesgo de asignar recursos en este tipo de negocios (Restrepo & Vanegas, 2009).

Por su parte, el concepto de administración del riesgo es una práctica que inicialmente se consideró como exclusiva del sector financiero y bancario, y que las demás

instituciones no han adoptado en la misma proporción. Se menciona que la cuantificación del riesgo operativo es una tarea compleja, debido a la gran diversidad de factores que lo originan, a la falta de herramientas estandarizadas para su gestión, y principalmente a que requiere sustanciales inversiones (de la Fuente & de la Vega, 2003; Mora, 2010).

El proceso de registrar y analizar las pérdidas operativas implica cambios en la organización, partiendo de que una gestión eficaz de riesgo debe ser parte de la filosofía y cultura empresarial, donde todas las prácticas y procesos se deben enfocar a reducir las probabilidades de ocurrencia y la severidad de las pérdidas (Castillo & Mendoza, 2004; Núñez & Chávez, 2010).

Este artículo presenta una metodología mixta cualitativa-cuantitativa que permita identificar, evaluar y cuantificar los riesgos operacionales de las pequeñas y medianas empresas industriales de Colombia, este trabajo está dividido en cinco partes, incluida esta introducción, en la segunda parte se presenta la revisión de la literatura en torno al riesgo operativo. En la tercera se menciona la metodología, en la cuarta parte se presentan los resultados parciales del proyecto y por último se presentan las conclusiones y las referencias.

### **Marco Teórico**

La administración del riesgo operativo se ha convertido en un tema de gran relevancia para las instituciones financieras en la última década. Dada la tendencia hacia una mayor dependencia tecnológica, y el incremento de factores como: la sofisticación de los productos financieros, la complejidad los procedimientos de negociación, comercio electrónico, las fusiones y adquisiciones a gran escala, los acuerdos de Outsourcing, la globalización, la intensidad de la competencia, la dependencia de las actividades operacionales sumado a la desregularización de los mercados han vuelto vulnerables a las empresas a la ocurrencia de eventos adversos de riesgo operativo (Cornalba & Giudici, 2004; Cummins & Embrechts, 2006; Moosa, 2007; Jobst, 2009; Mitra et al., 2015).

A lo largo de la historia el riesgo operativo ha sido un tema de interés sin embargo su cuantificación se convirtió en una obligación para las instituciones financieras sólo a partir

de que el Banco de Pagos Internacionales emitió el Nuevo Acuerdo de Basilea en el año 2004. Brown (2012) señala que por muchos años el riesgo operativo fue considerado por las instituciones financieras como un riesgo residual, una vez habían sido contabilizados los riesgos financieros y de crédito.

La administración del riesgo se centran en la investigación de cuatro categorías generales de riesgos: riesgo de mercado, riesgo de crédito, riesgo estratégico, y el riesgo operativo. El riesgo de mercado incluye el riesgo de pérdida asociado con movimientos anticipados en los precios financieros de los títulos o valores en los activos, allí están incluidas las fluctuaciones en los precios de la renta variable, los tipos de interés, los productos básicos o la moneda extranjera. El riesgo de crédito, está asociado a la incapacidad de la empresa, o los acreedores para cumplir con las obligaciones contractuales, incluye el riesgo país. Riesgo Estratégico, está asociado a cambios en la economía; los resultados de las decisiones estratégicas sobre la reputación y la imagen (Castillo & Mendoza, 2008; Jarrow, 2008)

### **Definición de riesgo operativo**

El riesgo operacional, de acuerdo el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea BCBS(Basel, 2004) es: *“Riesgo de pérdida resultante de la inadecuación o fallas en los procesos internos, personas y sistemas o de eventos externos. En esta definición se incluye el riesgo legal, pero se excluye el riesgo estratégico y de reputación”*. Moosa (2007) describe el riesgo operacional como riesgo pérdida derivado de la materialización una amplia variedad de eventos como el fraude, el robo, pérdida de información, vandalismo, terrorismo, desastres naturales. Visto desde otra perspectiva por Allen y Bali (2007) consideran al riesgo operacional como un riesgo residual una vez otros riesgos (riesgo de mercado, el riesgo de crédito, riesgo de tasa de interés, entre otros.) han sido tomados en cuenta.

Jobst (2009) por su parte define el riesgo operacional como el riesgo de un resultado adverso que es producto de acciones emprendidas durante la realización de las actividades del negocio, inadecuados procesos internos, fallas en los sistemas de información, mala conducta de las personas o eventos externos. Autores como Núñez y Chávez (2010) resaltan que el riesgo operativo es el más antiguo de los riesgos y es

inherente a todas las actividades que intervengan procesos, personas y sistemas tecnológicos, se encuentra presente en cualquier negocio y actividad.

Por su parte Restrepo y Medina (2012) definen el riesgo operativo como las potenciales pérdidas monetarias que puede experimentar una compañía a causa de un evento adverso originado por sus trabajadores, fallas tecnológicas, fraudes internos o externos o políticas gubernamentales, sean grandes o pequeñas todas las empresas son vulnerables a la ocurrencia de pérdidas operativas durante el proceso de ejecución de sus actividades diarias.

### **Clasificación del riesgo operativo**

El BCBS ha planteado una matriz de siete categorías como fuentes de pérdidas potenciales: Fraude Interno, Fraude Externo, Relaciones Laborales y Seguridad en el puesto de trabajo, Prácticas con Clientes Productos y Negocios, Daños a activos materiales, Alteraciones en la actividad y Fallos en los sistemas, Ejecución Entrega y Procesamiento. Moosa (2007) propone una clasificación del riesgo basada en tres criterios alternativos: Las causas de los fallos operativos, los eventos de pérdida resultantes, y las consecuencias de los eventos de riesgo.

Por su parte, Dorogovs, Solovjova & Romanovs (2013) proponen sistematizar las fuentes de riesgo operativo en cuatro categorías principales: 1) acciones humanas, 2) fallas de hardware y software, 3) debilidades en los procesos internos y 4) eventos externos. Adicionalmente cada categoría es dividida en subcategorías de eventos individuales, como se ilustra en la tabla 1.

**Tabla 1. Fuentes de riesgo operativo.**

<b>Acciones humanas.</b>	<b>Fallas de Software y Hardware.</b>	<b>Debilidades en los procesos internos.</b>	<b>Eventos externos.</b>
<b>Acciones no intencionales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Error.</li> <li>• Ignorancia.</li> </ul>	<b>Fallas en los equipos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• falta de capacidad</li> </ul>	<b>Diseño e implementación de procesos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos inadecuados.</li> </ul>	<b>Desastres:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones climáticas</li> <li>• Fuego.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento.</li> </ul> <p><b>Acciones deliberadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal uso.</li> <li>• Fraude.</li> <li>• Sabotaje.</li> <li>• Robo.</li> <li>• Vandalismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de productividad.</li> <li>• mantenimiento Inadecuado.</li> <li>• Obsolescencia de los equipos.</li> </ul> <p><b>Fallas de Software:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompatibilidad.</li> <li>• Inadecuada Configuración.</li> <li>• Inadecuada administración del cambio.</li> <li>• Incorrectas configuraciones de seguridad.</li> <li>• Prácticas de programación inseguras.</li> <li>• Pruebas incorrectas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación incorrecta de procesos.</li> <li>• Falta de entedimiento de roles y responsabilidades.</li> <li>• Inadecuadas notificaciones y alertas.</li> <li>• Flujo de información incorrecto.</li> <li>• Escalación inadecuada de problemas.</li> <li>• Falta de acuerdos en nivel de servicios.</li> <li>• Transmisión ineficiente de problemas.</li> </ul> <p><b>Control de procesos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de vigilancia.</li> <li>• Falta de métrica</li> <li>• Falta de revisiones periódicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundación.</li> <li>• Terremoto.</li> <li>• Motín.</li> <li>• Cuarentena.</li> </ul> <p><b>Problemas legales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadecuación</li> <li>• Cambio en la legislación</li> <li>• Litigios</li> </ul> <p><b>Dependencia de servicios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de suministro</li> <li>• Dependencia de servicios de emergencia</li> <li>• Problemas de transporte</li> </ul>
--	--	--	---

Fuente: Tomada de Dorogovs, Solovjova & Romanovs (2013)

### Modelos de riesgo operativo

La administración del riesgo operativo no es un concepto nuevo para las instituciones financieras, las cuales siempre han estado interesadas en temas como: la estabilidad de los sistemas de información, las reclamaciones de los clientes, el fraude o las fallas de control interno, estos factores han sido monitoreados por años, sin embargo, habían sido tratados de manera separada. Esta situación cambia cuando Basilea II combina todos estos aspectos en un solo marco de medición y gestión única integrada del riesgo (Philippe, Hübner & Hübner, 2009).

Existen numerosos modelos estadísticos y econométricos diseñados para determinar el capital regulatorio así como para estudiar las causas y consecuencias de los eventos de riesgo operativo. La diversidad de métodos para cuantificar el riesgo operativo, varían según el grado de sofisticación y sensibilidad al riesgo. El acuerdo de Basilea II sugiere tres métodos para calcular la carga de capital por riesgo operativo: el Método de Indicador Básico (Basic Indicator Approach, BIA), el Método Estándar (Standardized Approach, SA) y los métodos de medición avanzada (Advanced Measurement Approach, AMA).

Los modelos AMA son modelos actuariales que utilizan el enfoque estadístico para gestionar el riesgo operativo, se genera a partir de información cuantitativa y cualitativa, los cuatro elementos básicos que deben incluir son: datos internos, datos externos, escenarios y factores de control y entorno del negocio, además de demostrar que el método identifica los eventos situados en la cola de la distribución de probabilidad. Dentro de los modelos AMA se describen tres metodologías: el modelo de medición interna (The internal Measurement Approach IDA), el modelo de distribución de pérdidas (Loss Distribution Approach, LDA) y los cuadros de mando (Scorecard).

Jorion (2003) proporciona seis categorías de herramientas utilizadas para administrar el riesgo operacional: (1) supervisión o auditoría, (2) autoevaluaciones críticas (3) indicadores claves de riesgo, (4) volatilidad de las ganancias, (5) redes causales (6) modelos actuariales.

### **El enfoque de distribución de pérdidas (LDA)**

El enfoque de distribución de pérdidas LDA es técnica paramétrica basada en conceptos usados en modelos actuariales. El objetivo de LDA es obtener la distribución de pérdidas de toda la empresa, esto requiere identificar la distribución de probabilidad para todos los eventos de riesgo operacional para posteriormente combinarlos dentro de una distribución de pérdidas agregada (Philippe, Hübner, & Hübner, 2009; Mitra, 2013).

El proceso de modelación de la distribución de pérdidas se realiza en dos pasos: primero se estiman de forma independiente la distribución de frecuencia y la distribución de severidad para los eventos de pérdida de riesgo operativo, y posteriormente, se obtiene la distribución de pérdidas agregadas a través de un proceso de n-convoluciones de la distribución de severidad con signo misma, donde n es una variable aleatoria que sigue la distribución de frecuencia (Franco & Murillo 2008; Li, Feng & Chen, 2009) .

Se presentan los siguientes conceptos con el fin de presentar el modelo matemático de LDA:

- De acuerdo con el nuevo acuerdo de Basilea, los índices  $i$  y  $j$  representan las líneas de negocios y los factores de riesgo respectivamente.
- $S_{ij}$  representa la pérdida del evento de la celda  $i, j$  de la matriz de pérdida. La distribución de severidad  $S_{ij}$  esta denotada por  $F_{ij}$ . Por medio de las pruebas de bondad y ajuste como el Test de Anderson-Darling y el Test Kolmogorov- Sminov, se selecciona la distribución que mejor se ajusta a los datos. La distribución de Weibull y la distribución Lognormal son las recomendadas por diversos autores para modelar la severidad (Costa 2004, Franco & Murillo, 2008;Mora, 2010).
- Se asume que la variable  $S_{ij}$  son independientes e idénticamente distribuidas del número de eventos.
- Se asume que el número de eventos entre el tiempo  $t$  y  $t + \tau$  es aleatorio. La variable  $N(i, j)$  tiene una función de distribución de probabilidad  $p_{ij}$ . La distribución de Poisson, la distribución binomial y la distribución binomial negativa son las recomendadas por diversos autores para modelar la frecuencia (Costa 2004,

Franco & Murillo, 2008; Mora, 2010). La distribución de la frecuencia de pérdidas  $P_{ij}$  esta dada por la Ec. 1:

$$P_{i,j}(n) = \sum_{k=0}^n p_{i,j}(k) \quad (1)$$

En el LDA la pérdida de la línea de negocio  $i$  y el evento  $j$  para el intervalo de tiempo  $(t, t + \tau)$  está dada por la Ec. 2:

$$\theta(i, j) = \sum_{n=0}^{N(i,j)} S_n(i, j) \quad (2)$$

Luego la función de distribución de pérdidas totales  $G_{i,j}$  para el periodo  $(t, t + \delta)$  está dada por la Ec. 3:

$$G(x) = \begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} p_{ij}(n) F_{i,j}^{n*}(x) & x > 0 \\ p_{ij}(0) & x = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Donde  $F(x)$  es la probabilidad de que la cantidad agregada de  $n$  pérdidas sea  $x$  y  $F^{n*}$  representa  $n$ -veces la convolución de  $F$  consigo misma.

### Valor en Riesgo (VaR)

El valor en riesgo, o value at risk (VaR) es una medida estadística que consiste en la medición probabilística del riesgo, al que está expuesto un portafolio de inversión. El VaR mide la máxima pérdida que puede sufrir un portafolio de inversión con un nivel de confianza dado y en un horizonte de tiempo definido producto de las variaciones del mercado. El VaR es definido por la Ec. 4:

$$VaR = \varphi^{-1}(\eta) \quad (4)$$

Donde  $\varphi^{-1}(\cdot)$  es la distribución de probabilidad acumulada inversa de la distribución de pérdidas.

### Teoría del Valor extremo

La teoría del valor extremo (EVT) provee un marco teórico para estudiar las características de los eventos extremos (eventos de baja frecuencia y alto impacto), situados en la cola de la distribución de probabilidad (Costa, 2004; Brown, 2012; Mitra, 2013). La teoría del valor extremo se caracteriza por trabajar directamente con la cola de la distribución, no asume ninguna distribución específica para los datos y predice el riesgo de pérdida más allá del VaR.

### **Teorema de Fisher-Tippet-Gnedenko.**

El teorema de Fisher-Tippet-Gnedenko afirma que dada una muestra de datos iid de  $n$  eventos pérdida  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ , cuanto más grande se va haciendo la muestra, el valor máximo de la secuencia de observaciones bajo condiciones generales se distribuye como distribución generalizada del valor extremo (GEV), con función de distribución acumulada dada por la Ec. 5:

$$F(x) = \begin{cases} \exp \left\{ - \left[ 1 + \varepsilon \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\varepsilon} \right\} & \text{for } \varepsilon \neq 0 \\ \exp - \left\{ \exp \left[ - \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right] \right\} & \text{for } \varepsilon = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Donde  $\mu$  es el parámetro de localización (media),  $\sigma > 0$  representa el parámetro de amplitud,  $-\infty \leq \varepsilon \leq \infty$  donde  $\varepsilon$  el parámetro de la cola.

La distribución GEV tiene tres formas. Si  $\varepsilon > 0$ , la distribución toma la forma Frechet (distribución de cola pesada), para  $\varepsilon < 0$  la distribución es Weibull y cuando  $\varepsilon = 0$  la distribución es Gumbel.

El análisis del valor extremo incluye dos métodos: The Peaks Over Threshold (POT), y The Peak Value (BM, Block Maximum). El primero selecciona un umbral de seguridad y analiza los eventos por encima del umbral seleccionado, este método ignora el tiempo en que ocurren los eventos de riesgo y ajusta los datos a la general Pareto distribution (GPD) y el segundo tiene en cuenta el tiempo en que ocurren los eventos de riesgo para posteriormente dividirlos en conjuntos de datos. De cada conjunto de datos se selecciona el dato más grande para formar un nuevo conjunto de valores extremos y los datos son

ajustados a una Generalized Extreme Value Distribution (Fengge, Hongmei & Jiaqi 2013).

La aplicación de EVT requiere que los datos satisfagan condiciones específicas. El tamaño de la muestra debe permitir calcular con un alto grado de confianza los cuantiles altos (99.9%) de la distribución, bajo el supuesto de que los datos son independientes e idénticamente distribuidos. La aplicación de la teoría del valor extremo se vuelve cuestionable debido de las restricciones que supone sobre la disponibilidad y estructura de los datos, sin embargo puede ser una herramienta útil para a ciertas categorías de datos que cumplan de manera confiable con los requisitos establecidos (Chavez, Embrechts & Neslehová, 2006).

### **Valor en Riesgo Condicional (CVaR)**

Es una medida de riesgo para cuantificar las pérdidas operacionales que exceden el VaR (Fengge, Hongmei y Jiaqi, 2013). A continuación se presenta el siguiente sistema matemático de ecuaciones para calcular CVaR:

$$CVaR(x) = E(X/X \geq VaR\alpha) \quad (6)$$

Donde el  $VaR\alpha$  es el  $VaR\alpha$  un cierto grado de confianza  $\alpha$

La Ec (6) puede ser redefinida en términos del  $VaR$  como:

$$P_r\{X \leq VaR\alpha\} = \alpha = F_x(VaR\alpha) \quad (7)$$

Donde  $F_x$  corresponde a la función distribución acumulada para X.

$$VaR = F_x^{-1}(\alpha) \quad (8)$$

Reemplazando la Ec (8) en (6)

$$CVaR\alpha(x) = E(X/X \geq VaR\alpha) = \frac{1}{1-\alpha} \int_{VaR}^{+\infty} Xf(x)dx \quad (9)$$

### **Redes Bayesianas**

Para Pearl (1988) la teoría de redes bayesianas combina la teoría de probabilidad y la noción de independencia condicional para representar las dependencias entre las variables, en una estructura gráfica de fácil representación y manipulación de las evidencias de diversas fuentes.

De acuerdo con Costa (2004) una red bayesiana se define como un tipo de modelo causal, empleado para modelar dependencias causales entre variables aleatorias (discretas o continuas) por medio de una distribución de probabilidad, capturada por una tabla de probabilidad del nodo. El enfoque de redes bayesianas permite combinar un análisis cualitativo y cuantitativo, y al mismo tiempo cumplir con los requisitos de los modelos de medición avanzada AMA (Cornalba & Giudici, 2004).

Entre los autores han aplicado el modelo de redes bayesianas para calcular los requerimientos mínimos de capital por riesgo operativo se encuentran los estudios de Dalla & Giudici 2008; Neil, Márquez y Fenton 2008).

### **Limitaciones y desafíos para modelar riesgo operativo**

Debido a que el estudio del riesgo operacional es un campo de investigación relativamente nuevo no hay consenso en la definición de riesgo operacional, en la literatura existen diversas definiciones de riesgo operacional propuestas por diferentes autores, incluso muchas compañías tienen sus propias definiciones de riesgo (Mitra, 2013). Brown (2012) señala que mientras no haya un acuerdo en la definición resultará muy difícil la implementación de una medida de riesgo operacional. Autores como Moosa (2007) y Mintra et al. (2015) argumentan que la diversidad de factores que originan el riesgo operacional dificulta la delimitación de la dimensión requerida para describirlo. Además su naturaleza es intrínsecamente multidimensional, tanto las personas, como los procesos o los sistemas pueden ocasionar fallas de múltiples maneras.

La diversidad en la naturaleza del riesgo operacional hace que esté caracterizado principalmente por eventos de extremos o eventos de cola (tail events) más que por proyecciones o tendencias centrales, Wagner y Wenger (2009) de acuerdo con esto, señala que la típica distribución de pérdidas en el enfoque de medición avanzada exhibe alta asimetría y curtosis.

por otra parte Jobst (2009) señala que la exposición a riesgo operacional es menos predecible y de difícil modelación. El autor argumenta que los eventos extremos son acontecimientos que ocurren una sola vez y que tienen un impacto económico histórico sin precedentes, mientras otros eventos de riesgo operacional siguen un patrón estocástico muy predecible, con una frecuencia alta y que abastece medidas cuantitativas y existen otro tipo de eventos para los cuales nunca ha habido datos que los soporten.

La gestión integral del riesgo requiere integrar la información interna, externa y los juicios expertos, que son de naturaleza cualitativa, lo cual representa un desafío para las empresas (Philippe, Hübner, & Hübner, 2009; Brown, 2012).

El análisis de escenarios es una importante herramienta en la toma de decisiones, Loader (2002) resalta que los escenarios son reconocidos y categorizados como un enfoque de medición avanzada de riesgo operacional. Adicionalmente, los escenarios han jugado importantes roles en diversas disciplinas como administración, ingeniería, medicina, finanzas y economía (Mulvey & Erkan, 2003). Philippe, Hübner, y Hübner (2009) señalan que los escenarios son una ampliamente utilizados para modelar riesgo operativo, el análisis de escenarios tiene la idea de combinar dos dimensiones (frecuencia y severidad) al igual que el enfoque de distribución de pérdidas, sin embargo, la empresa construye los escenarios describiendo los potenciales eventos adversos y solicitando a un grupo de expertos asignar una probabilidad de ocurrencia y los potenciales impactos económicos si materializan estos eventos.

Autores como Dutta & Babbel(2013) señalan que los escenarios pueden ser poco fiables y realistas, básicamente el problema de los escenarios radica en que son basados en opiniones y no tiene en cuenta la información cuantitativa, el mayor desafío contenido en los escenarios es obtener suficiente información confiable de los expertos.

Una de las aplicaciones del análisis de escenarios como parte de la modelación del riesgo operativo es presentada por Mitra (2013), el autor propone método de análisis de clúster para generar escenarios de riesgo operativo capaz de combinar opiniones de expertos con información cuantitativa de riesgo operacional.

Por otra parte, la modelación de riesgo operativo plantea variados desafíos, entre los cuales se encuentra, la complejidad de modelar de eventos de riesgo operativo cíclicos. Allen y Bali (2007) argumentan que el proceso de extrapolar el pasado para medir el riesgo futuro no es recomendable si se cuentan con factores de riesgo cíclicos que impacten las medidas de rendimiento o de riesgo. Los autores señalan que los datos históricos de riesgo operacional recolectados durante un periodo de expansión económica no pueden ser relevantes durante un periodo de recesión. Además resaltan que las estimaciones de tasas libres de riesgo y tasas de retornos contienen componentes cíclicos que son correlacionados con los factores de riesgo, como por ejemplo las fluctuaciones macroeconómicas o los cambios en las regulaciones.

Igualmente, Frachot, Roncalli y Salomon (2004) argumentan que la diversificación en la modelación de riesgo operacional es crucial. Sin embargo, evaluar la correlación entre los tipos de eventos y las líneas de negocio es una tarea difícil, especialmente cuando no se cuenta con suficientes datos históricos. Para tal efecto, Kühn y Neu (2003) presentan un enfoque de correlación funcional para riesgo operacional, los autores señalan que en la práctica es muy común seleccionar el ruido blanco gaussiano para modelar correlaciones. Sin embargo argumentan que esa dependencia estocástica de los eventos de riesgo no es suficiente para todas las categorías de riesgo puesto que los eventos de riesgos presentan dependencias directas, funcionales y no estocásticas. Basados en que los procesos en las organizaciones están diseñados para apoyarse mutuamente, si un proceso falla existe una alta probabilidad que otros procesos también fallen, por lo tanto resulta inadecuado modelar los eventos de riesgo operacional de manera individual por cada celda de categoría de riesgo/línea de negocio y posteriormente modelar las pérdidas agregadas sobre alguna matriz de covarianza.

Otro aspecto a considerar es que la aplicación de metodologías cuantitativas para cuantificar el riesgo operativo se convierte en una tarea poco práctica, incluso prohibitiva debido a que estas metodologías son altamente restrictivas en los requerimientos de datos necesarios para su aplicación (Dávila y Ortiz, 2013; Mitra et al., 2015). La falta de bases de datos históricas confiables imposibilita la aplicación de técnicas de inferencia

estadística e impide analizar de manera correcta los eventos situados en la cola de la distribución de probabilidad (Cornalba & Giudici, 2004).

Castillo y Mendoza (2008) y Núñez y Chávez (2010) argumentan que registrar y analizar las pérdidas operativas implica cambios en la organización, partiendo de que una gestión eficaz de riesgo debe ser parte de la filosofía y cultura empresarial, donde todas las prácticas y procesos se deben enfocar a reducir las probabilidades de ocurrencia y la severidad de las pérdidas.

Mitra et al. (2015) señalan que existen una generalizada tendencia a tener bajos niveles de inversión en sistemas de apoyo para toma decisiones de riesgo operativo mayormente en las economías emergentes, lo que representa una clara señal de incomprensión que tienen las empresas sobre cuáles son los niveles de exposición al riesgo a los cuales se enfrentan. Los autores resaltan que el existe un déficit de investigaciones de riesgo operativo con aplicaciones en estos mercados.

### **Estudio previos de riesgo operacional**

Mora (2010) compara dos modelos desde el enfoque de distribución de pérdidas agregadas, el primero es el propuesto de Böcker y Klüppelberg que obtienen una fórmula para calcular OpVaR cuando los datos de pérdidas exhiben colas largas y el segundo (MLE-W) basado en la teoría del valor extremo desarrollada por Beirlant y otros investigadores y encuentra que el VaR es superaditivo para las distribuciones de pérdida con colas muy largas y eso subestimaría el VaR real de las distribuciones de pérdida con índice de valor extremo mayores de uno, además de corroborar que el modelo Böcker y Klüppelberg tiene una mejor aproximación cuando la cola son largas y el modelo MLE-W funciona bien cuando las colas no son tan largas.

Restrepo y Medina (2014) cuantifican las pérdidas del sector de producción de prendas de vestir causadas por la volatilidad de las variables macroeconómicas, tasa representativa del mercado (TRM), índice de precios al consumidor (IPC) y el índice de precios al productor (IPP). Uno de sus principales hallazgos es el importante efecto que tiene la TRM sobre la competitividad de las Pymes del sector con operaciones en el exterior, respecto las utilidades, este hallazgo es de gran importancia ya que les sugiere

al sector la realización de operaciones de cobertura con herramientas como futuros, que permitan mitigar el riesgo de tipo de cambio.

Mangla, Kumar, & Barua (2014) un análisis de 163 eventos de pérdida operacional de un conjunto de firmas británicas para el periodo 1999-2008, probaron 10 hipótesis para ajustar las distribuciones de frecuencia y severidad de una línea de negocio.

Restrepo, Ángel, y Ocampo (2014) cuantifican el riesgo operativo de las pequeñas y medianas empresas del sector químico para el periodo 2000-2009 por medio de un proceso analítico jerárquico que cuantifica la importancia relativa dada por un grupo de expertos a los cinco índices financieros de primer nivel (rentabilidad, apalancamiento, eficiencia, viabilidad y liquidez) y por medio de las series de tiempo calculan los riesgos financieros y operacionales.

### **Diseño del aplicativo**

El aplicativo corresponde a una macro diseñada en Visual Basic Excel para la construcción de la matriz de perfil de riesgo genérica, la aplicación permitirá al usuario incluir de 1 a n, m y k departamentos, factores y variables respectivamente de acuerdo a la particularidad de la empresa, adicionalmente define un número de expertos para llevar a cabo la valoración de los riesgos y a cada uno de ellos le asigna un peso o importancia relativa de acuerdo con el departamento de la empresa. La sumatoria de los pesos asignados a cada experto dentro de un mismo departamento debe ser igual 100%. Posteriormente se define el número de factores y para cada uno de ellos se puede definir  $x = 1 \dots k$  variables de acuerdo con la necesidad para evaluar el riesgo del factor, la evaluación de las variables viene dada en términos de frecuencia y severidad, si la empresa cuenta con información histórica, se usa la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos, de lo contrario, se define una escala de frecuencia y severidad para evaluar el perfil de riesgo de la compañía. Se presentan algunas de las interfaces diseñadas que hacen parte del aplicativo en el Anexo 1.

## Referencias Bibliográficas

- Allen, L., & Bali, T. (2007). Cyclicalidad en catastrophic and operational risk measurements. *Journal of Banking & Finance*, 1191-1235. doi:10.1016/j.jbankfin.2006.10.007
- Arbeláez, M. A., Zuleta, L. A., & Velasco, A. (2003). *Las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas en Colombia: Diagnóstico General y Acceso a los Servicios Financieros*. Colombia: Fedesarrollo-Banco Mundial.
- Barrientos, J. A., & Romero, E. (2009). *Colombia y los Estandares Internacionales de Contabilidad para Pymes*. El Cid Editor.
- Brown, S. (2012). Quantitative Measures of Operational Risk: An Application to Funds Management. *Accounting and Finance*, 52, 1001-1011.
- Castillo, M., & Mendoza, A. (2004). Diseño de una metodología para la identificación y la medición del riesgo operativo en instituciones financieras. *Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes*, 45-52.
- Chavez, V., Embrechts, P., & Neslehová, J. (2006). Quantitative models for operational risk: Extremes, dependence and aggregation. *Journal of Banking & Finance*, 2635-2658. doi:10.1016/j.jbankfin.2005.11.008
- Comité de Basilea de Supervisión Bancaria. (2003). *Buenas prácticas para la gestión y supervisión del riesgo operativo*.
- Costa, N. D. (2004). *Operational Risk with Excel and VBA*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Cornalba, C., & Giudici, P. (2004). *Statistical models for operational risk management*. *Physica A*, 166-172. doi:10.1016/j.physa.2004.02.039
- Cummins, J., & Embrechts, P. (2006). Introduction: Special section on operational risk. *Journal of Banking & Finance*, 2599–2604. doi:10.1016/j.jbankfin.2006.04.001
- Dalla, L., & Giudici, P. (2008). A Bayesian approach to estimate the marginal loss distributions in operational risk management. *Computational Statistics & Data Analysis*, 3107-3127. doi:10.1016/j.csda.2007.09.025
- DANE. (2014). *Encuesta Anual Manufacturera (EAM)*. Bogotá.
- Dávila, G., & Ortiz, F. (2013). Cuantificación del Riesgo Operacional Mediante el Uso de Redes Bayesianas. *XVIII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*. México.
- de la Fuente, L., & de la Vega, G. (2003). La gestión de riesgos en empresas no financieras. *Partida Doble*, 54-60.
- Díaz, A., Lorenzo, O., & Solís, L. (2005). Procesos de negocios de Pymes insertas en redes colaborativas. *Revista Latinoamericana de Administración*, 25-46.

- Dutta, K., & Babbel, D. (2013). Scenario Analysis in the Measurement of Operational Risk Capital: a Change of Measure Approach. *The Journal of Risk and Insurance*, 81(2), 303-334. doi:DOI: 10.1111/j.1539-6975.2012.01506.x
- Dorogovs, P., Solovjova, I., & Romanovs, A. (2013). New Tendencies of Management and Control of Operational Risk in Financial Institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 911-918. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.564
- Franco, L. C., & Murillo, J. G. (2008). Loss distribution approach (LDA): metodología actuarial aplicada al riesgo operacional. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 143-156.
- Franco, L. C., & Velásquez, E. (2010). Alternativas fundamentales para cuantificar el riesgo operacional. *Revistas Ecos de Economía*, 14(30), 8-43.
- Frachot, A., Roncalli, T., & Salomon, E. (2004). The Correlation Problem in Operational Risk. *Working Paper*.
- Fengge, Y., Hongmei, W., & Jiaqi, L. (2013). CVaR measurement and operational risk management in commercial banks according to the peak value method of extreme value theory. *Mathematical and Computer Modelling*, 15-27.
- Hernández, Y. M., & Lochmüller, C. (2012). Aplicación de la Gestión de Riesgos en los Principales Procesos de una Pyme Comercializadora. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 143-165.
- Jarrow, R. A. (2008). Operational risk. *Journal of Banking & Finance*, 870-879.
- Jobst, A. (2009). Consistent Quantitative Operational Risk Measurement. En G. Gregoriou, *Operational Risk Toward Basel II* (págs. 23-68). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Jorion, P. (2003). *Financial Risk Manager Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kühn, R., & Neu, P. (2003). Functional Correlation Approach to Operational Risk in Banking Organizations. *Physica A*, 650-666. doi:doi:10.1016/S0378-4371(02)01822-8
- Li, J., Feng, J., & Chen, J. (2009). A Piecewise-Defined severity Distribution-Based Loss Distribution Approach to Estimate Operational Risk: Evidence From Chinese National Commercial Banks. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 727-747.
- Loader, D. (2007). *Operational risk: Managing a Key component of Operational Risk*. Oxford: Elsevier Ltda.

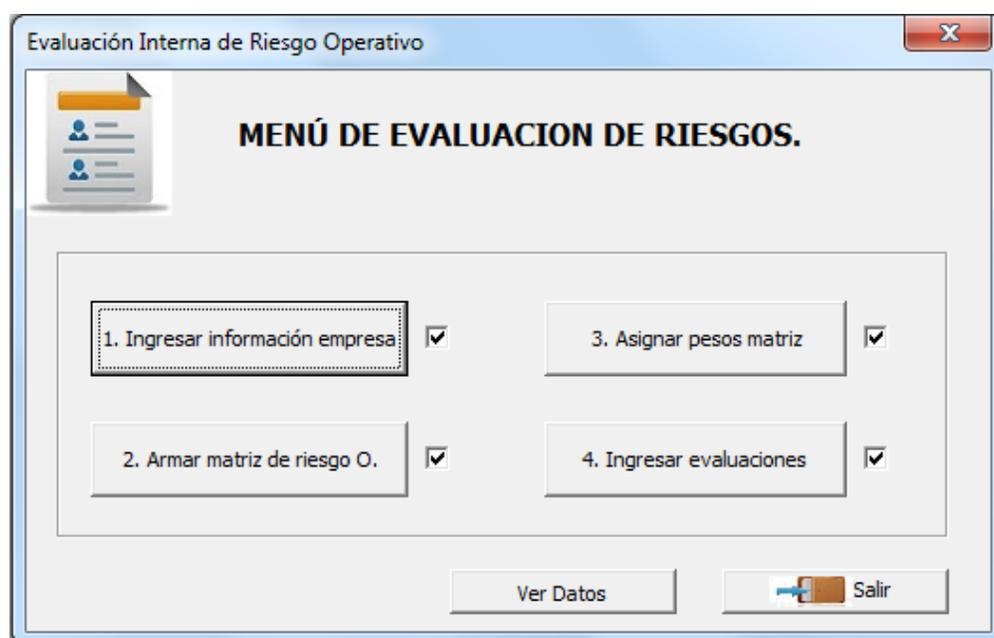
- Mangla, S. K., Kumarb, P., & Kumar Baruac, M. (2014). Monte Carlo Simulation Based Approach to Manage Risks in Operational Networks in Green Supply Chain. *Procedia Engineering*, 2186-2194.
- Mitra, S., Karathanasopoulos, A., Sermpinis, G., Dunis, C., & Hood, J. (2015). Operational risk: Emerging markets, sectors and measurement. *European Journal of Operational Research*, 122-132.
- Mitra, S. (2013). Scenario Generation for Operational Risk. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 20, 163-187. doi:DOI: 10.1002/isaf.1341
- Moosa, I. (2007). Operational Risk: A Survey. *Financial Markets, Institutions*, 16(4), 167-200.
- Mora Valencia, A. (2010). Cuantificación del Riesgo Operativo en Entidades Financieras en Colombia. *Cuadernos de Administración*, 185-211.
- Mulvey, J., & Erkan, H. (2003). Risk Management of A P/C Insurance Company Scenario Generation, simulation, and Otimization. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 364-371.
- Neil, M., Márquez, D., & Fenton, N. (2008). Using Bayesian Networks to Model the Operational Risk to Information Technology Infrastructure in Financial Institutions. *The Capco Institute. Journal of Financial Transformation*, 131-138.
- Núñez, J. A., & Chávez, J. J. (2010). Riesgo Operativo: esquema de gestión y modelado del riesgo. *Análisis Económico*, 123-157.
- Pearl, J. (1998). *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- Philippe, J., Hübner, P., & Hübner, G. (2009). Modeling Operational Risk Based on Multiple Experts' Opinions. En G. Gregoriou, *Operational Risk Toward Basel II* (págs. 3-21). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Restrepo, J. A., & Medina, S. (2012). Estimation of Operational for Fraud in the Car Insurance Industry. *Global Journal of Business Research*, 73-83.
- Restrepo, J. A., & Medina, S. (2014). Estimación del Riesgo Operativo Bajo Ambiente de Incertidumbre: Estudio de Caso. *Revista Internacional Administración y Finanzas*, 39-54.
- Restrepo, J. A., Ángel, J., & Ocampo, J. E. (2014). Operational Risk Analysis Of Industrial Small and Medium Enterprises. *Global Journal of Business Research*, 8(2), 65-80.
- Restrepo, J., & Vanegas, J. (2009). Análisis del Perfil Financiero de las Pymes del Valle de Aburra y su Acceso al Crédito: Una Aproximación Empírica. *Revista Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 43-54.

Salas, G. M., & Becerra, M. E. (2014). Identificación de los factores de quiebra en las pymes de la localidad de Puente Aranda de Bogotá, Distrito Capital. *Teoría y Praxis Investigativa*, 9(2), 50-63.

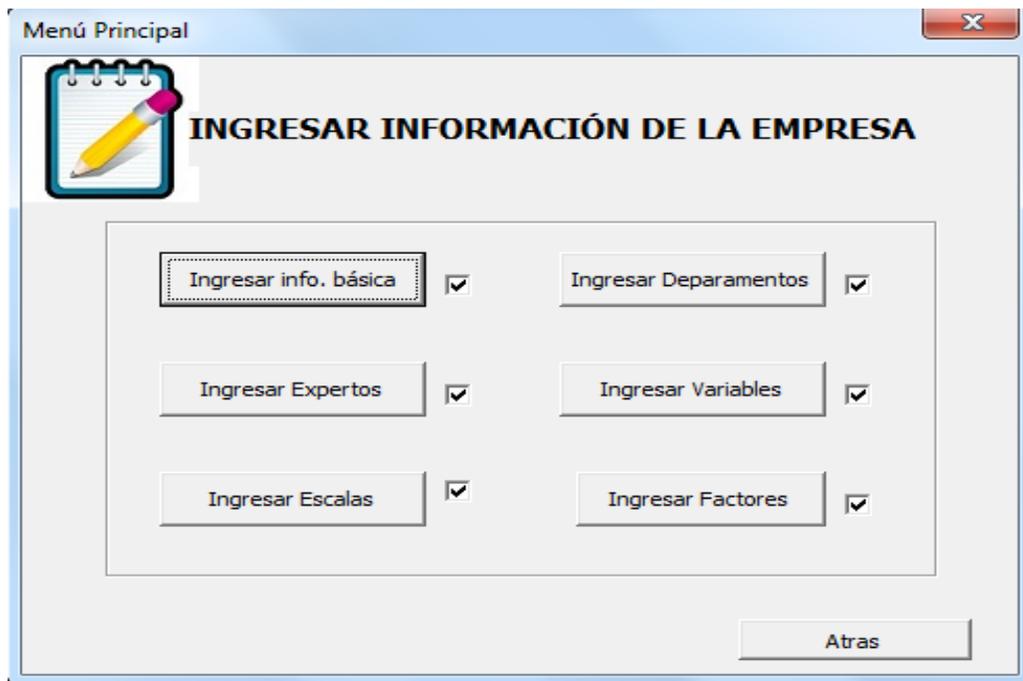
Vera, M. A., Melgarejo, Z. A., & Mora, E. H. (2014). Acceso a la financiación en Pymes Colombianas: una mirada desde sus indicadores financieros. *Revista Innovar Journal*, 24(53), 149-160.

### Anexo 1: Aplicativo parageneración automática de matriz de perfil de riesgo.

#### Menú principal del aplicativo.



Interfaz que permite cargar la información básica de la empresa.



Interfaz que permite ingresar las evaluaciones de los expertos.

