

Análisis Factorial De Correspondencias Múltiples En La Gestión Riesgo Operativo En Las Instituciones De Educación Superior: El Caso Del Instituto Tecnológico Metropolitano

Jonathan Cano Bedoya¹

jonathancano@itm.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-4617-2460>

Instituto Tecnológico Metropolitano -ITM
Colombia

Luz Estela Sánchez Herrera

luz.sanchez@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4480-875X>

Universidad de Antioquia -UdeA

Yolman Andrés Betancourt Achagua

yolmanbetancourt322040@correo.itm.edu.co

<https://orcid.org/0009-0006-6874-864X>

Instituto Tecnológico Metropolitano -ITM
Colombia

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es ilustrar una de las posibilidades a desarrollar para la gestión del Riesgo Operativo en las Instituciones de Educación Superior (IES), analizando el caso del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM). En la medición para la cuantificación del riesgo se tiene en cuenta la variable severidad que representa las pérdidas económicas. Se toma como punto de referencia algunos autores como los mencionados en el documento de Fernández (2009), enfocado en la gestión del riesgo operacional. Se aplica la técnica de Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (AFCM) para analizar los factores que impactan en el riesgo operativo. En los resultados se halla que a nivel operativo se presentan tres grupos de operación, a nivel de sistemas, bienes muebles y área física, a los cuales se les carga la responsabilidad en una gran parte de la atención operativa de la organización.

Palabras clave: *riesgo operativo; análisis factorial de correspondencias; modelo lognormal; severidad; instituciones de educación superior; universidad.*

¹ Autor Principal

Multiple Correspondence Factorial Analysis In Operational Risk Management In Higher Education Institutions: The Case Of The Institute Technologic Metropolitan

ABSTRACT

The objective of this paper is to illustrate one of the possibilities to be developed for the management of Operational Risk in Higher Education Institutions (HEIs), analyzing the case of the Metropolitan Technological Institute (ITM). In the measurement for the quantification of risk, the severity variable that represents economic losses is considered. Some authors such as those mentioned in the document by Fernández (2009) are taken as a point of reference, focused on operational risk management. The Multiple Correspondence Factor Analysis (MCFA) method is applied to analyze the factors that impact operational risk. The results show that at the level three groups of operation are presented, at the level of systems, movable property, and physical area, which are charged with responsibility for a large part of the operational care of the organization.

Keywords: *operational risk, factorial correspondence analysis; lognormal model; severity; higher education institutions; university.*

Artículo recibido 05 Mayo 2023

Aceptado para publicación: 20 mayo 2023

INTRODUCCIÓN

Las empresas del sector real, entidades financieras, e instituciones de educación superior tienen en sus objetivos la generación de valor para sus compañías. (Arbeláez, *et al.*, 2006). El objetivo está en manos de la alta gerencia, desde los directivos hasta los empleados en la organización, pues de ellos, depende la buena gestión en cuanto a los riesgos inherentes en el desarrollo de las actividades empresariales. En la gestión del riesgo se deben realizar diferentes acciones: identificación, análisis, planeación, monitoreo y control (Muñoz y Cuadros, 2016). Lo anterior debe permitir a los evaluadores de riesgo obtener las probabilidades de ocurrencia de los eventos que causan los riesgos en las instituciones, y con esta información desarrollar el potencial para medir y cuantificar los riesgos, evaluando las posibilidades de reducir el impacto, transferir el riesgo o mitigarlo.

La gestión del Riesgo Operativo (RO) no puede entenderse de la misma manera que la cuantificación del riesgo operacional. En la primera se busca desarrollar el esquema anterior (identificación, planeación, monitoreo y control), y en la segunda se buscan metodologías para medir el impacto monetario que provoca la presencia del riesgo en cada entidad. Es valorar las pérdidas posibles y plantear así un capital de riesgo para reducir o aminorar los efectos negativos que deja la ocurrencia del riesgo.

El Comité de Basilea presenta medidas y normas a nivel internacional en las cuales las entidades bancarias e instituciones financieras deben mantener un capital para la solvencia de la ocurrencia del riesgo de crédito, de mercado y operativo (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2004). En la literatura se encuentran diversas investigaciones sobre el riesgo operativo, del cual trata este artículo, pero la mayoría enfocadas en bancos, cooperativas, y otras entidades del sector financiero y es porque esa es la propuesta que viene desde el Comité de Basilea para estas entidades, además que es un deber aplicar el sistema de gestión de riesgos. Este trabajo se enfoca en proponer una metodología para la gestión del riesgo operacional para las Instituciones de Educación Superior (IES) haciendo uso de herramientas de la estadística multivariada y la analítica de datos, tomando como caso particular una de las instituciones universitarias del municipio de Medellín, es la situación del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), una de las más grandes del país y

acreditada en alta calidad. La gestión y cuantificación del riesgo para las instituciones de educación superior es una necesidad debido a los diferentes riesgos operacionales a los cuales se exponen. Este trabajo se basa en gran parte en la obra de Fernández (2009), la cual recopila 19 aportes de diferentes expertos internacionales sobre la gestión y cuantificación del Riesgo Operacional. Todo el referente teórico se utiliza con el objetivo de mantener los fundamentos en la evaluación de riesgos financieros, aunque se trate de entidades educativas el tema es también financiero por los requerimientos de capital que deben las universidades salvaguardar para la gestión de riesgos y los planes de acción que se deben aplicar para minimizar las pérdidas. Esto resulta siendo una ventaja para las IES públicas o privadas porque tendrán un referente para reducir las pérdidas monetarias por riesgo operativo, aunque no hay una norma establecida para que todas las instituciones tengan esta estimación.

Entre los factores posibles de la clasificación de riesgo operacional se seleccionaron los de daños a activos materiales (DAM) y fallas tecnológicas (FT), debido a que son los riesgos operacionales que mayor incidencia presentan en el ITM. Se utilizó la información que la institución recopila a través de un sistema de mesas de ayuda y sistemas de solicitudes de operación. Este sistema lo utilizan los diferentes empleados de la institución, directivos, administrativos, docentes, laboratoristas, investigadores, entre otros. La institución cuenta con cinco sedes en la ciudad de Medellín, la información está centralizada en la base de datos, la cual contiene las variables necesarias para estudiar los daños relativos a fallas tecnológicas y activos materiales. Se tiene información de dos años 2016 y 2017, siendo una muestra de buen tamaño para ser estudiada con más de 7000 registros. Esta base de datos es la fuente principal de información con la cual se puede acercarse para medir las pérdidas. Desde Basilea II se plantea: “Todo sistema de cálculo del riesgo operacional deberá... incluir la utilización de datos internos, datos externos relevantes, análisis de escenarios y factores que reflejen el entorno de negocio y los sistemas de control interno” (Bonet *et al.*, 2014). Vásquez (2015) en su trabajo monográfico, retoma la normatividad en relación con el Sistema de Riesgo Operativo (SARO) de la Superintendencia Financiera sobre el establecimiento de la creación de registro de los eventos relativos al RO, para que mediante la información histórica se puedan construir y

utilizar modelos estadísticos para valorar las pérdidas económicas. Se utilizó la base de datos como la información base para la modelación y caracterización del riesgo operativo en el ITM.

En las siguientes secciones, se presentan el referente teórico y de antecedentes de soporte en la elaboración de este artículo y el cual dio pie para la idea de investigación. También se contextualiza el riesgo operativo bajo las directrices de Basilea II. En una de las secciones se pone en contexto a las IES y la importancia de estudiar el RO; este contiene los resultados estadísticos con la implementación del método de análisis factorial de correspondencias múltiples la cual toma las variables categóricas de la base de datos para hacer un análisis de factores y variables (Díaz y Morales, 2012). Se realizaron pruebas de bondad de ajuste para la única variable cuantitativa disponible, esta es, el tiempo que tarda cada una de las solicitudes en ser respondida. Las solicitudes son los requerimientos que se hacen debido a una falla, hurto, daño tecnológico y otras que tienen que ver también con hardware y software.

La variable continua se le ajustó un modelo paramétrico debido a la cantidad de registros que se tiene de la variable, así como supone Mora (2013) al presentar el modelo LDA (*Loss Distribution Approach*) ajustando una distribución continua a la variable “pérdidas generadas por eventos de riesgo operativo”. El modelo LDA busca el requerimiento de capital que se requiere dependiendo del tipo de entidad. Este modelo también es utilizado en el cálculo actuarial y se puede ampliar la información a través de Mora y otros autores en lo que se basa su propuesta investigativa. En otra sección se presentan los resultados de la modelación de la variable cuantitativa con la cual se propone cuantificar el riesgo y en la sexta sección, el análisis de correspondencias múltiples para las demás variables. La última parte tiene las conclusiones referentes a la gestión y análisis del RO para las IES en general y la conclusión para el caso del ITM. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas.

Con base en la teoría y antecedentes revisados hasta el momento no se han encontrado metodologías para la cuantificación de RO en las IES. Este trabajo se presenta una metodología para la identificación de factores relativos al RO en las IES, además una propuesta para la cuantificación del riesgo.

METODOLOGÍA

1. Riesgo Operacional

Los modelos de riesgo estudiados hasta la actualidad se basan en cuatro ejes principales, mercado, crédito, operacional y liquidez. El planteamiento se basa en la búsqueda de la caracterización del riesgo y a su vez de la cuantificación (Pacheco, 2009). En la práctica existen diferentes metodologías de cálculo para medir el valor en riesgo de cada uno de los mencionados. No obstante, el RO ha presentado una característica y es que este se mide por lo general en instituciones financieras como bancos, corporaciones, cooperativas, entre otros. Por ejemplo, el caso del Banco Santander, presentado por Javier Torres Riesco director del Área de Control y Valoración Integral del Riesgo del Banco Santander (Fernández, 2009, pág. 23-28). Este banco viene implementado desde 1990 la gestión del riesgo en las actividades propias de Tesorería y Mercados. La gestión del riesgo operativo está enfocada en el planteamiento de un capital que cubra las pérdidas potenciales debido a la parte operativa de las entidades financieras.

La Superintendencia Financiera emitió en junio de 2007 la circular externa 041 en la cual da el significado del Riesgo Operativo (RO):

“Se entiende por Riesgo Operativo, la posibilidad de incurrir en pérdidas por deficiencias, fallas o inadecuaciones, en el recurso humano, los procesos, la tecnología, la infraestructura o por la ocurrencia de acontecimientos externos.

Esta definición incluye el riesgo legal y reputacional, asociados a tales factores”

(Superintendencia Financiera, 2007).

Aunque el tema de la gestión del riesgo operacional podría considerarse para entidades de servicios financieros y bancarios, es algo que está implícito en otros sectores económicos, como el industrial, comercio, agricultura, entre otros. Martín et al., (2020) ponen de manifiesto la gestión del riesgo operativo en sistemas de ingeniería de transporte, teniendo el tiempo como aquella variable que alude a las perturbaciones en los bloques de construcción de la red ferroviaria, el riesgo operativo lo enfocan en la

gestión de despacho y reducción de perturbaciones a la operación, esto implica la detección de fallas que finalmente pueden provocar pérdidas económicas en general.

A continuación, se describen algunos aportes del Comité de Basilea para el RO.

2. Comité de Basilea

El Comité de Basilea o Comité de Supervisión Bancaria de Basilea es una institución que funciona desde 1975 y la cual reúne autoridades de supervisión bancaria de varios bancos centrales. En el año 2004 se emitieron los acuerdos de Basilea II, los cuales son requerimientos que se hacen a las instituciones financieras acerca del capital necesario para proteger a las entidades del riesgo de crédito y de mercado y a su vez la obligación para tener un capital con el que puedan cubrirse de la ocurrencia del riesgo operacional. Basilea II presenta tres enfoques para la construcción del capital del RO: Enfoque de indicador Básico (BIA) por sus siglas en inglés, Enfoque estándar (SA) y Enfoque de Medición Avanzada (AMA). El enfoque BIA (Basic Indicator Approach) y SA (Stándar Approach) son indicadores que hasta junio de 2004 tenían la mayor incidencia. El enfoque AMA (Advanced Measurement Approach) es el que deberían calcular las entidades financieras debido a que estos modelos integran características más exigentes para el cálculo de capital, y además implementan sistemas activos de gestión del riesgo operacional. Los dos primeros enfoques a largo plazo tenderán a dejar de usarse debido a su facilidad y a que solo utilizan el margen ordinario de las instituciones financieras (Mora, 2010).

En este artículo no se busca profundizar en los tres enfoques mencionados, el objetivo está en presentar una propuesta para la gestión y análisis del RO en el ITM y que, a su vez, se pueda extender a otras IES. Se desconoce la cantidad de entidades educativas que implementan la gestión del RO sea desde un enfoque cualitativo o cuantitativo.

Tabla 1. Beneficios del Riesgo Operativo

Beneficios del Riesgo Operacional (RO)	
<u>Entidades Financieras</u>	<u>Instituciones de Educación Superior</u>
• Proteger el valor de los accionistas - Mejorar la calidad de los servicios • Cumplir con la normatividad y requerimientos de Basilea II • Reducir las pérdidas por fallos operacionales • Mejorar la estimación del RO • Obtener información completa y consistente del RO	• Proteger la inversión propia y pública • Mejorar la calidad de los servicios • Planteamiento de normatividad para la gestión del RO • Reducir las pérdidas por fallos operacionales • Estrategias para la aproximación del RO • Obtener información precisa y consistente de los determinantes del RO
Fuente: Elaboración propia	

En la tabla 1 se construye un paralelo entre los beneficios planteados por Fernández (2009, pág. 45-89), ante los resultados de una encuesta sobre RO, llevada a cabo en España, acerca de los beneficios para las entidades financieras, y en la columna derecha se proponen los beneficios para las Instituciones de Educación Superior.

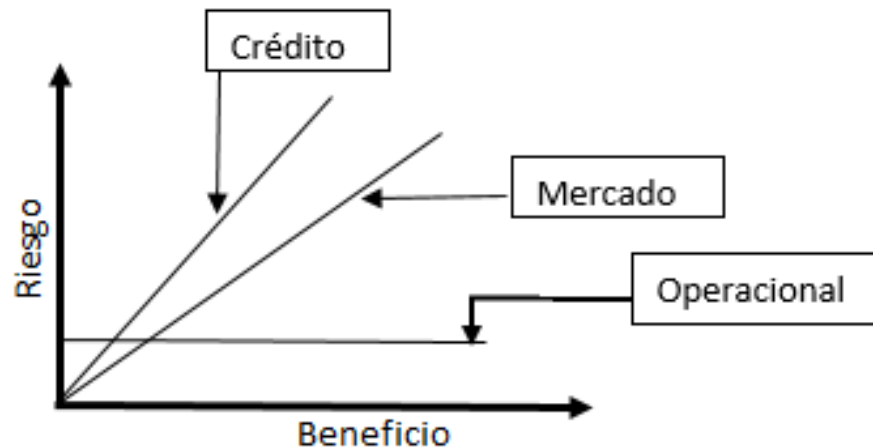
3. El Riesgo Operativo en las IES

El RO en Instituciones de Educación Superior se puede presentar por diversos factores, y en su identificación se presenta un componente fundamental que es la recogida de información, como se expone en (Fernández, 2009, pág. 97-122). Esto se debe, a que la conciencia organizacional al interior de las entidades es la que posibilita la planificación de la gestión y las buenas prácticas que permitirán obtener información precisa, relevante y consistente para evitar contradicciones que afecten la estimación del riesgo operativo.

Sobre la empresa recae la responsabilidad de la cuantificación y gestión de los riesgos operativos, debido a que la gerencia estratégica y los valores corporativos se conectan con la búsqueda de acciones éticas que coadyuven a la planificación del riesgo. La responsabilidad para la gestión y la cuantificación del R.O se

distribuye tanto a la alta dirección, ejecutivos y empleados de la empresa. Así, como se describe en Fernández (2009, pág. 129-173).

Figura 1. Riesgo vs Beneficio



Fuente: Riesgo/Beneficio (Fernández, 2009, pág. 184)

En la Figura 1 se ilustra que, para el caso del riesgo operativo, aunque éste sea menor, no afecta el beneficio para la empresa, como si ocurre con el riesgo de crédito y con el riesgo de mercado. Mientras menor riesgo, menores beneficios y lo contrario supone mayores capitales para mitigar el riesgo. Es importante tener esto presente para no perder el horizonte de la cuantificación del riesgo, independiente del impacto en los beneficios, para que no ocurran pérdidas que afectan el curso normal de las entidades tanto financieras, como educativas y de otros sectores. A mayor impacto del riesgo, debe existir una contingencia para reducirlo y en el caso de la alta frecuencia, el riesgo se debe gestionar.

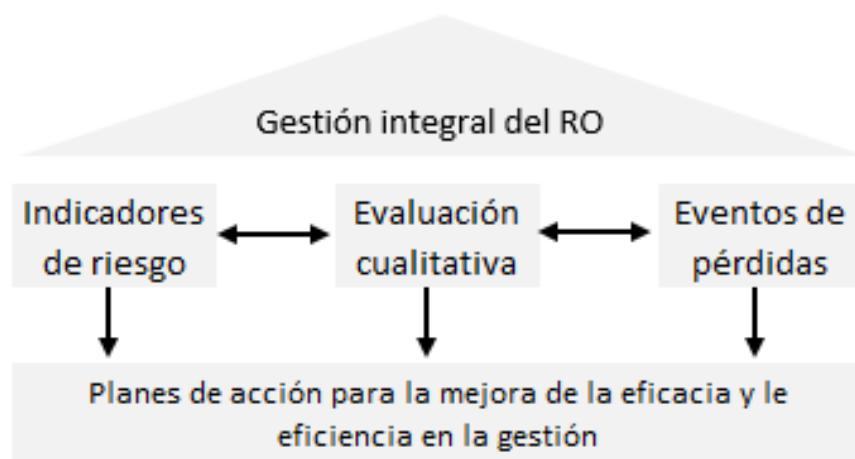
En cuanto a la clasificación del RO, se consideran los siguientes elementos, acerca de los eventos según sus causas (Fernández, 2009, pág. 231-244):

- Fraude Interno: Se presenta la intención de lucrarse o lucrar a un tercero perjudicando la entidad.
- Fraude externo: Es la misma descripción del fraude interno solo que se presentan situaciones de secuestro, rescate y otras externas a la entidad, causadas por personal externo.
- Daños a activos o materiales: Pérdidas originadas en el daño de los activos fijos que se disponen en la operación por daños o siniestros y otros desastres naturales.

- Incidencias en el negocio y fallos en el sistema: los recursos tecnológicos son propensos a fallas, es por ello por lo que entran en la clasificación de acuerdo con las inversiones que se generen en ellos. Ejemplo de ello: software, hardware, telecomunicaciones, interrupción e incidencias en el suministro.
- Relaciones laborales y seguridad en el trabajo.
- Clientes productos y prácticas empresariales.

De acuerdo con la clasificación anterior, en este trabajo se toman dos factores principales. El primero es el daño a los activos materiales (DAM) y el segundo son las fallas tecnológicas (FT). En la gestión del RO no basta solo con dar una cuantificación sino también proporcionar una evaluación cualitativa para medir el impacto. En el Nuevo Acuerdo de Capitales de Basilea (NACB), en el caso de entidades financieras. En cuanto al RO se excluye el riesgo reputacional y estratégico debido a que las mayores pérdidas se dan por fallas en el control de la organización, multas, sanciones y restricciones legales, junto con fallos tecnológicos, errores humanos y de cálculo, siniestros y fraude tanto interno como externo.

Figura 2. Gestión integral del riesgo operacional



Fuente: Fernández (2009, pág. 263)

En la Figura 2, Fernández (2009) hace hincapié en la Evaluación Cualitativa (EC) bajo la cual se pueden generar la mayor cantidad de planes de acción, permitiendo identificar los riesgos existentes y los controles que se deben establecer para mitigarlos.

La información es el punto clave para derivar el comportamiento del RO y su materialización al interior de

cada institución educativa, entidad financiera u otro tipo de organización. En las bases de datos de registro sobre fraudes, daños activos fijos y fallas en los sistemas es donde se puede apreciar el factor latente, RO. Es decir, que un objetivo primordial es el análisis de las bases de datos disponibles y que permitirán inferir el RO como una variable latente (una variable que desea ser encontrada). En principio el aporte de la estadística es fundamental para el análisis de la información y en especial la estadística multivariada.

En la tabla 2, Fernández (2009, pág. 335-340) recuerda los niveles de riesgo según la clasificación de Basilea:

Tabla 2. Nivel 1 de riesgos según la clasificación de Basilea.

Nivel	Descripción
1	Fraude Interno
2	Fraude Externo
3	Relaciones laborales y seguridad en el puesto de trabajo
4	Incidencias en el negocio y fallos en los sistemas
5	Daños a activos materiales
6	Clientes, productos y prácticas empresariales
7	Ejecución, entrega y gestión procesos

Fuente: Fernández (2009)

De acuerdo con este trabajo se tienen en cuenta principalmente las Fallas en el Sistema (FS), los Daños a Activos Materiales (DAM) como un primer acercamiento a la medición cuantitativa del RO. Mora (2010) presenta en su trabajo de cuantificación del RO, el componente de severidad de los modelos LDA y que hace referencia a las pérdidas individuales en la entidad por alguno de los niveles de riesgo operativo. La severidad presenta distribuciones con colas largas (altas frecuencias). Generalmente la severidad se modela la severidad como un proceso estocástico con los modelos de Poisson y Binomial Negativa. El autor también concluye que las pérdidas por riesgo operacional tienen colas largas y que las distribuciones que frecuentemente modelan esta variable de pérdida son los modelos Lognormal, Weibull y Pareto. Este detalle

será importante ya que directamente no se modela la variable pérdida por RO, sino que se modela una variable que tiene alta correlación con la pérdida. Debido a que la ocurrencia de esta variable (tiempo de atención a las solicitudes) define en gran manera las pérdidas en las IES, así como se vivencia en el ITM.

En cuanto a las variables que describen la parte tecnológica, y teniendo en cuenta lo expuesto por Basilea II, en el desarrollo tecnológico surgen amenazas, las cuales se deben considerar en el riesgo técnico manifestado en las organizaciones (Moreno y Camacho, 2011). Se hace necesario tener en cuenta que la ocurrencia de R.O no se da solo por factores tecnológicos, sino que es necesario integrar la valoración que éste presenta relativo a las pérdidas para las IES, porque éstas de alguna manera se están actualizando en tecnología por la dinámica de los avances científicos.

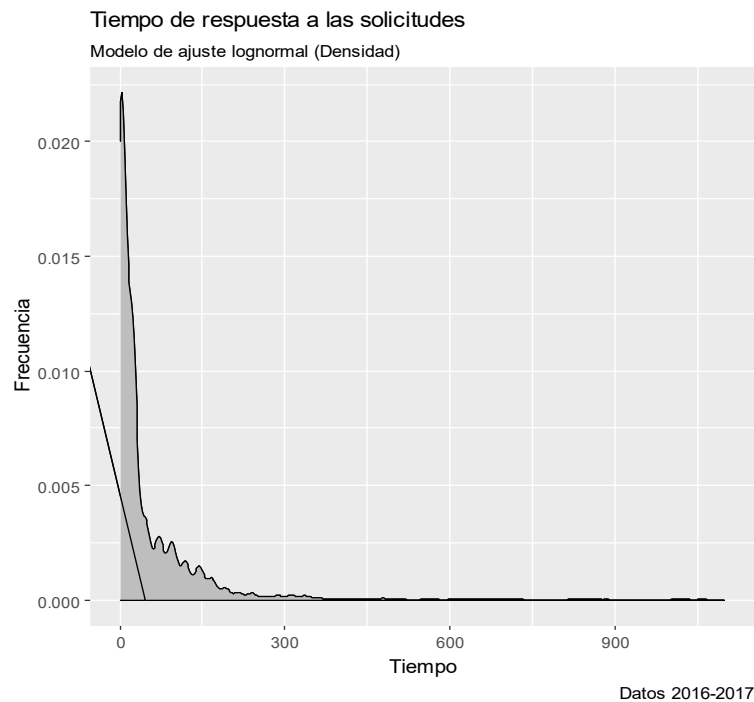
Soobaroyen et al., (2019) han manifestado el interés del análisis de la gestión del riesgo en instituciones de educación superior, esto de alguna manera implica todos los tipos de riesgo y el trabajo en equipo de un comité que busca monitorear de manera efectiva las prácticas, dado que es posible tener un grado de confianza en el riesgo, pero este se puede materializar y por eso es necesario un control interno y de auditoría permanente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Tiempo de respuestas a las solicitudes de incidentes

En el estudio planteado, se cuenta con una variable cuantitativa, esta sigue una distribución lognormal como se ve en la Figura 3. Se probaron varios modelos siendo este el de mejor ajuste. La importancia de esta variable se condiera debido a que en el ITM no se ha cuantificado el riesgo operativo y aunque no se tiene registro de una cuantía por daños a los activos materiales y por fallas tecnológicas; esta variable tiene alta relación (correlación) con la severidad en el RO.

Figura 3. Densidad del tiempo de respuesta a las solicitudes



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Bondad de ajuste de la variable tiempo

Modelo	Lognormal	Inversa de la Gauss	Pearson	Levy	Exponencial	Laplace	Pareto
AIC	69351.359	69897.2984	70517.958	70635.4458	75104.4855	83824.7017	890001.93

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se muestra el mejor modelo de ajuste siendo el modelo lognormal. En la selección se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), el cual permite seleccionar un modelo entre varios ajustados. El modelo con menor valor del estadístico presenta mejor bondad de ajuste para los datos. De acuerdo con la distribución de la variable severidad (pérdidas por riesgo operativo) presenta alta correlación con las pérdidas. Los parámetros del modelo lognormal ajustado son: *Media lognormal*: 2.679510 y *Desviación estándar lognormal* : 1.8551. El tiempo fue medido en minutos.

El modelo lognormal brinda la posibilidad de obtener la ocurrencia de los eventos por daños a activos materiales y fallas tecnológicas en el contexto de esta investigación. El paso siguiente es costear las

pérdidas por departamento o cualquier unidad de trabajo dentro de las IES en donde se detecte la incidencia de DAM y FT. El costear permitirá utilizar el modelo lognormal multiplicando la cuantía de la posible pérdida por la probabilidad de ocurrencia, es algo similar al cálculo de un valor en riesgo que deberán tener cuantificado las instituciones educativas. Esto brinda la oportunidad de aproximarse a la cuantificación del RO. En la variable estudiada “tiempo” se notó la presencia de tiempos muy largos para responder a las solicitudes y esto obedece a que reponer una falla o un daño era costosa y tardaba en la consecución de los recursos para ello.

2. Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (AFCM)

El AFCM es una técnica multivariante desarrollada por Jean-Paul Benzécri, es un método de visualización basado la reducción de dimensionalidad de un conjunto de grandes volúmenes de datos categóricos. Permite representar y analizar gráficamente las relaciones entre variables categóricas, en un plano factorial. Es una extensión del Análisis de Correspondencias Simples (ACS), equivalente al Análisis de Componentes Principales (ACP) para variables categóricas.

En el ACS se parte de una tabla de contingencia, es decir, tablas de frecuencias de aparición de dos variables cualitativas en un conjunto de n elementos. La información de partida ahora es una matriz de dimensiones $I \times J$, que representa las frecuencias absolutas observadas de dos variables cualitativas en n elementos. A partir de la tabla de frecuencias relativas $f = (f_{ij})_{I \times J}$ se hace la transformación, $z_{ij} = \{f_{ij} / \sqrt{f_{i.} f_{.j}}\}$, con $f_{i.}$ y $f_{.j}$ perfiles fila y columna respectivamente, la cuál es utilizada para aplicar el método ACP.

El AFCM es un análisis de correspondencias simple aplicado no solo a una tabla de contingencia sino a una tabla disyuntiva completa, $\mathbf{X}_{n \times k}$ (n elementos, $k = \sum_{j=1}^J k_j$: suma de todas las categorías de las variables). A pesar de sus semejanzas el AFCM tiene algunas particularidades, debido a la naturaleza misma de $\mathbf{X}$, en lugar de partir de la tabla de contingencia se parte de la Tabla de Burt, $\mathbf{B} = \mathbf{X}'\mathbf{X}$. En resumen, una tabla de Burt yuxtapone todas las tablas de contingencia de las variables cruzadas por pares. EL Análisis Factorial de Correspondencia Múltiples (AFCM) es un método de visualización basado en estadísticas que le permite al analista representar y analizar gráficamente las asociaciones entre variables cualitativas y sus categorías

(Husson et al.,2016) y (Soares et al.,2016). Un análisis de datos utilizando MCA requiere primero la construcción de la tabla de contingencia, es decir, una tabla de clasificación cruzada que contenga las frecuencias relativas a las variables discretas (Camiz y Gomes, 2016).

En el estudio se presenta cinco variables categóricas con un total de 23 modalidades para la realización de las correspondencias múltiples, ver tabla 4. Se tienen tres variables cuantitativas suplementarias, variables que no participan en la realización el AFCM, sin embargo, se proyectan para estudiar la dependencia con las variables activas de la tabla 4.

Tabla 4. Variables categóricas activas para el AFCM

Variables Suplementarias Cualitativas Activas	Clase	Modalidad cualitativa	Sigla de modalidad
Departamento	1	Área física y sistemas generales	AF_SG
	2	Bienes Muebles	SIST
	3	Sistemas	BM
Sede	1	Robledo	R
	2	Fraternidad	F
	3	Floresta	Fl
	4	Castilla	C
	5	Prado	P
Prioridad	1	Bajo	B
	2	Medio	M
	3	Alto	A
	4	Muy Alto	M_A
Servicio	1	Eléctrico	ELEC
	2	Físico	FIS
	3	Hardware	HARD
	4	Software	SOFT
	5	Soporte	SOPOR
	6	Servidores	SERV
	7	Mobiliario	MOB
SLA	1	Falla	FA
	2	Mantenimiento	MTO
	3	Reparación	REP
	4	Soporte	SOP

Fuente: Elaboración propia

Los factores resultantes se analizan en el contexto de la investigación. Las proyecciones de las solicitudes (individuos) y de las variables en el plano factorial se calculan a partir de las distancias chi-cuadrado, debido a la naturaleza de las variables ya que no son cuantitativas sino categóricas. También se proyectan las variables suplementarias categóricas que se encuentran en la tabla 5 y la variable tiempo de repuesta en la atención de los incidentes, con el objetivo de observar su representación en la dependencia con las variables activas.

Tabla 5. Variables categóricas suplementarias para el AFCM

Variables Suplementarias Cualitativas	Clase	Modalidad cualitativa	Sigla de modalidad
Día	de 1 a 31	el día del mes	de 1 a 31
Mes	de 1 a 12	el mes del año	de 1 a 12
Año	1	2016	2016
	2	2017	2017

Fuente: Elaboración propia

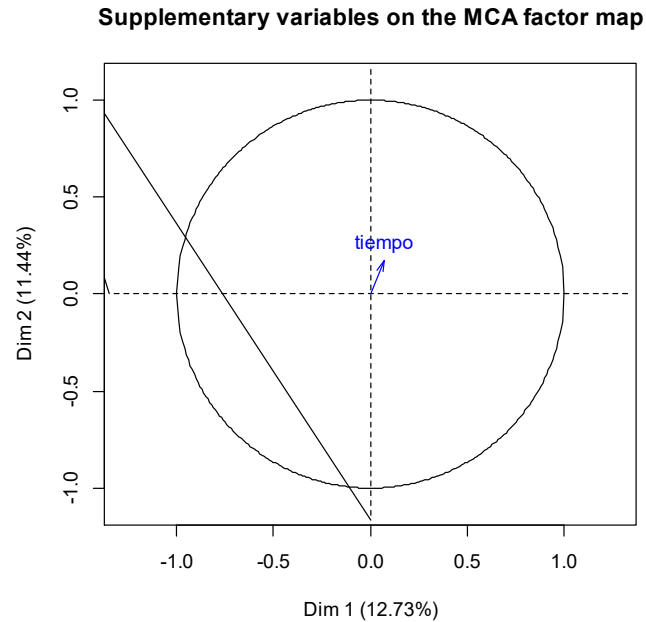
Tabla 6. Variables categóricas suplementarias

Variables Suplementarias Cuantitativa	Clase	Intervalo	Sigla de modalidad
Tiempo de atención a las solicitudes de incidentes	NA	(0, inf)	tiempo

Fuente: Elaboración propia

La variable suplementaria tiempo proyectada en el primer plano (Figura 4) , es decir, el plano conformado por la dimensión 1 y 2, se proyecta como en el ACP, sobre un círculo de correlación con la ayuda de los coeficientes de correlación entre la variable y los factores. Más adelante se describe con que variables y categorías se representa bien este variable tiempo de atención a las solicitudes.

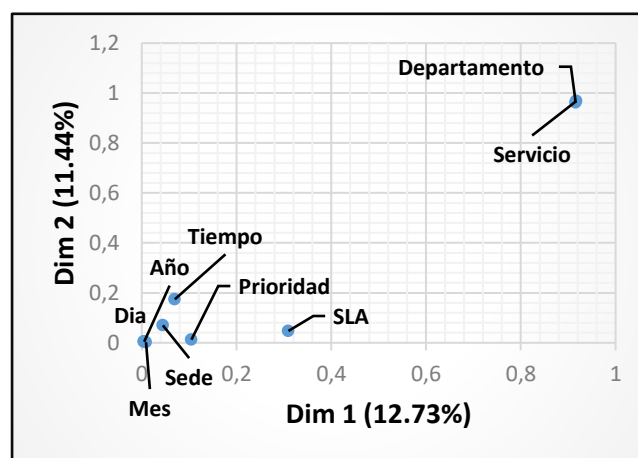
Figura 4. Variable tiempo proyectada en la primera y segunda dimensión



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra la fuerte relación del primer eje con la variable Departamento y la variable Servicio. La variable tiempo de respuesta también se encuentra relacionada con estas dos variables, solo que está mal representada pero su correlación con el segundo eje es significativa, esto también, por el número de observaciones presentes, es decir, que hay una relación de dependencia entre estas dos. La variable Prioridad, SLA y Sede se encuentran descriptas en el primer eje (primer cuadrante) y entre ellas se muestra una relación de dependencia, de igual manera con la variable tiempo hay cierta correspondencia.

Figura 5. Variables activas proyectadas en el primer plano factorial



Fuente: Elaboración propia

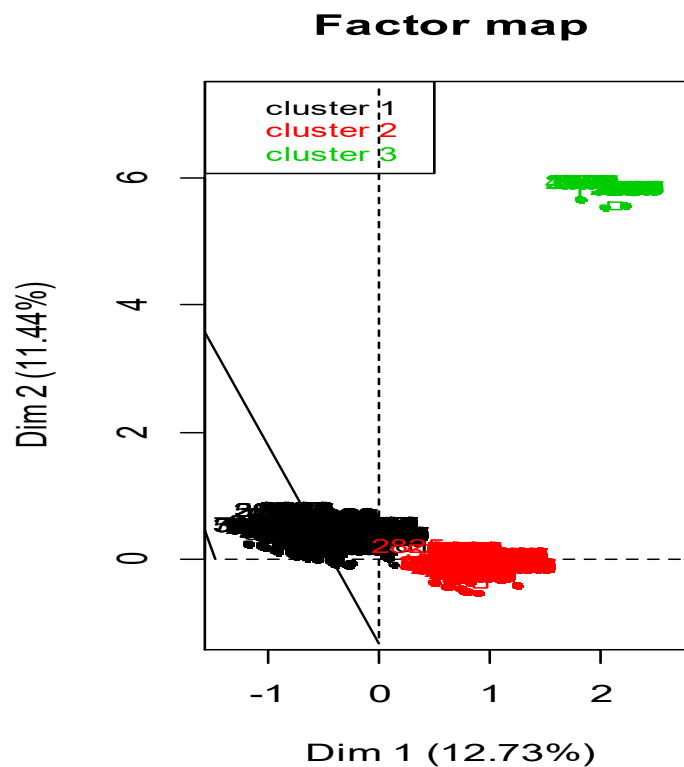
La representación de las solicitudes muestra la formación de tres grupos como se ve en la figura 6. En las tablas de la 7 a la 10 se describe las modalidades de las variables en cada grupo que se ha formado.

Tabla 7. Cuenta por clúster

Clúster	Cuenta
1	5081
2	2156
3	82
Total	7319

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Solicitudes proyectadas en la primera y segunda dimensión



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Descripción clúster 1

Clúster 1	
Mes	5,6,7,8,9,10,11,12
Días	1,2,3,26,27,28,29,30
Variable	Departamento: Área física y servicios generales y Sistemas
Variable	Sede: Todas
Variable	Prioridad: Todas las categorías
Variable	Servicio: Hardware, Soporte, Software, Servidores.
Variable	SLA: Todas las categorías

Fuente: Elaboración propia

El clúster 1 representa todas las sedes del ITM y lo relacionado con el área física, servicios generales y sistemas, con mayor representación del área de sistemas. Presenta todas las categorías para la variable SLA y Prioridad y se agrupan por un factor tecnológico. El clúster 2 agrupa solo el área física y de servicios generales de prioridad media para la parte física, eléctrica y hardware, esto representa un factor tecnológico también pero más desde el área física. El clúster 3 identifica solo dos sedes universitarias y las agrupa por un nivel de prioridad media con una salida solo para mantenimiento y reparación, es el único clúster que no presenta fallas y soporte y que hace parte del departamento de bienes muebles.

Tabla 9. Descripción clúster 2

Clúster 2	
Mes	5,6,7,8,9,10,11,12
Días	1,2,3,26,27,28,29,30
Variable	Departamento: Área física y servicios generales
Variable	Sede: Todas menos Castilla
Variable	Prioridad: Media
Variable	Servicio: Eléctrico, Físico y Hardware
Variable	SLA: Todas las categorías

Fuente: Elaboración propia

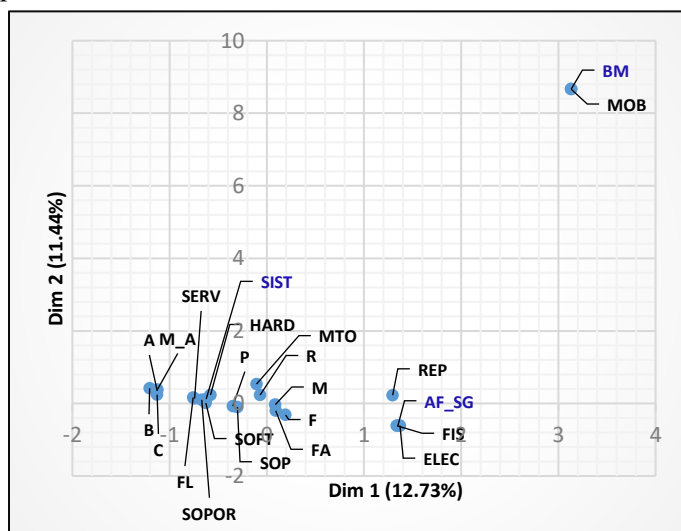
Tabla 10. Descripción clúster 3

Clúster 3	
Mes	5,6,7,8,9,10,11,12
Días	1,2,3,26,27,28,29,30
Variable	Departamento: Bienes muebles
Variable	Sede: Floresta y Robledo
Variable	Prioridad: Media
Variable	Servicio: Mobiliario
Variable	SLA: Mantenimiento y Reparación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se visualizan las categorías de las variables activas. Se pone en evidencia que las modalidades de soporte, software, hardware físico, eléctrico y reparación tienen relación de dependencia y son las más representativas en el AFCM de acuerdo a como se reparten en el primer factor el cual recoge una variabilidad del 12.72%. En este eje se oponen el Departamento de Sistemas y el Departamento de Área Física y Servicios Generales siendo estas modalidades las que más contribuyen a la formación de este factor tecnológico. El segundo eje factorial está altamente correlacionado con el departamento de Bienes Muebles y la modalidad de servicio mobiliario, esto muestra la dependencia entre estas dos categorías. El eje dos recoge un 14.44% de variabilidad restante y describe un factor relacionado con bienes muebles y servicios mobiliario.

Figura 7. Modalidades representadas



Se seleccionaron las variables suplementarias Día, Mes y Año tomando todos los días y meses del año calendario como las categorías y se busca encontrar la dependencia de estas modalidades con las otras variables. Se encontró que el primer eje opone los días intermedios de los primeros y últimos días del mes. En el caso de los meses, separa los meses intermedios del año con los de final de año, ver figura 8. A partir del análisis se obtienen 18 dimensiones, de las cuales se considera que con dos de ellas se puede representar el problema con un porcentaje de inercia (variabilidad) del 24.73%.

Variables suplementarias



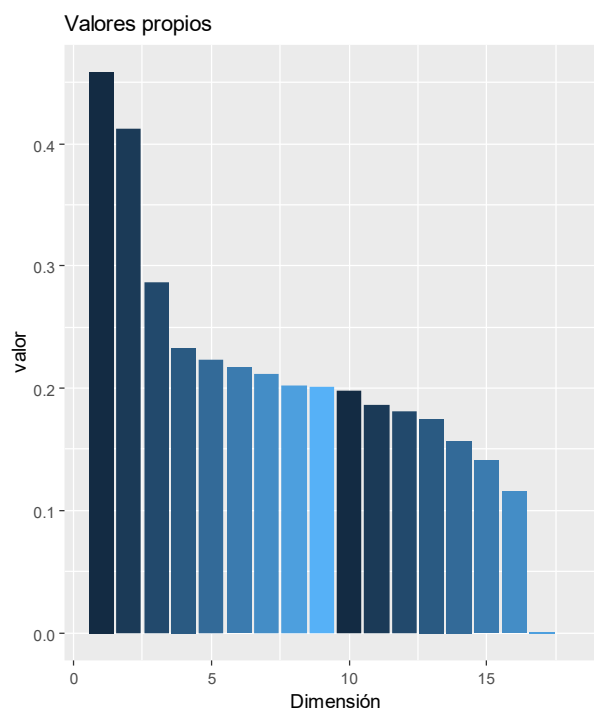
Tabla 11. Valores propios e inercia explicada

Dimensión	Valor propio	% de inercia acumulada
1	0.458	12.74
2	0.411	24.17
3	0.286	32.14
4	0.233	38.62
5	0.223	44.82
6	0.216	50.84
7	0.211	56.72
8	0.202	62.33
9	0.201	67.92
10	0.198	73.43

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se muestran los valores propios asociados a cada dimensión y en la tabla 11 el porcentaje de inercia acumulada explicada.

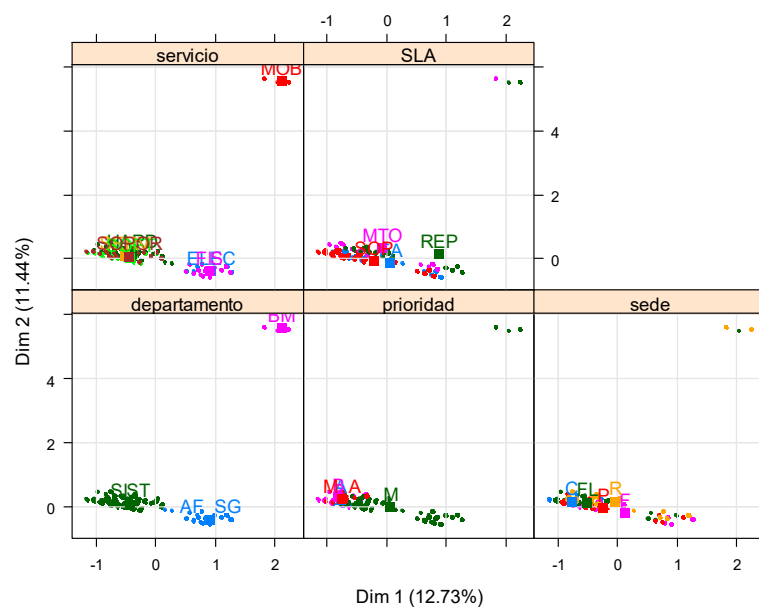
Figura 9. Valores propios



Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se muestran las elipses de confianza y es utilizada para comparar si las modalidades de una variable son significativamente diferentes o no. En el caso estudiado se nota que para la variable servicio existe una separación entre las categorías y esto ocurre ya que cada una se define muy bien de acuerdo con un departamento como se ve en la variable departamento donde Bienes Muebles es independiente de Sistemas y Área física y servicios generales. La variable SLA muestra una diferencia de la modalidad Reparación con las demás de Soporte, Mantenimiento y Falla. En la variable prioridad la modalidad Media se separa de la media, baja, estando estas tres muy cercanas. En la variable sede se separa un poco la sede de Robledo y Fraternidad, debido a que por sus tamaños son las que más representan recursos comprometidos, así como de activos físicos.

Figura 10. Correspondencias entre modalidades



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

A nivel de la bases de datos estudiada, de las solicitudes por fallas en el sistema, con 7319 registros de los años 2016 y 2017. Se concluye que el Departamento de Bienes Muebles es independiente del Departamento de Área Física y Servicios Generales y también del Departamento de Sistemas. El Departamento de Área física y Servicios Generales y el Departamento de Sistemas muestran cierta correspondencia. La modalidad de Servicio Mobiliarios es dependiente del Departamento de Bienes Muebles e independiente de los demás. La modalidad de Servicio Eléctrico y Físico corresponde con el Departamento de Área Física y servicios generales. La modalidad de Software, Hardware, Servidores y Soporte son dependientes del departamento de sistemas.

Los meses de mitad de año (abril, mayo, junio) y del segundo semestre del año (desde agosto hasta diciembre) son los periodos que más relación tienen con el primer eje factorial de correspondencias. Se nota alta correlación del primer eje con el Departamento de Sistemas y de Área Física y Servicios Generales al igual que con las modalidades de cada una de ellas. En este punto se encuentran los dos factores que representan el caso de estudio. El primer factor evidenciado en el primer eje es un factor tecnológico. El segundo factor es realtivo a todo los bienes mobiliarios o bienes materiales según la clasificación de Basilea. El identificar estos factores permite dar un paso más y es la cuantificación del riesgo operacional encontrado a través de ellos, queda en manos de las IES buscar la manera de costear la operación asociada a estos departamentos para proponer una cuantía que represente el riesgo, y en el caso de la ocurrencia de fallas tecnológicas y daños a los activos materiales poderse cubrir de pérdidas o impactos negativos.

El siguiente paso, tiene que ver con la cuantificación del RO. En el caso particular del ITM, se identificó el modelo probabilístico lognormal para la variable tiempo de respuesta de cada una de las solicitudes por fallas tecnológicas y daños a los activos fijos que se presentan al interior de la institución. La forma de cuantificar es costear el tiempo. Es decir, cuanto dinero le cuesta a la institución una hora inatención a las solicitudes y esto lo puede hacer, gracias a que ya se tiene el modelo lognormal que describe el

comportamiento del tiempo. Finalmente se considera el valor monetario del tiempo y la probabilidad de ocurrencia de los eventos para la cuantificación del riesgo. Inicialmente esta estimación se puede hacer en cada departamento para acercarse a un valor global del riesgo operativo en toda la institución.

El caso del ITM es un ejemplo que se puede extender a otras Instituciones de Educación Superior. Debido a que se hace necesario estimar una cuantía para solventar las necesidades del riesgo operativo, es decir, cuantificar las pérdidas posibles por daños a los activos materiales y a las fallas tecnológicas (severidad), aunque queda delado tener en cuenta otras variables como el fraude interno, externo, relaciones con los clientes, y otros actores. Aunque no existe una entidad que regule el riesgo operativo en las IES, éstas deberían comprometerse con la generación de valor para la calidad del servicio que prestan y fomentar la práctica de la medición del riesgo operativo y empezar por plantear registros al interior de cada institución que pongan en evidencia los riesgos operativos a los que se someten y con ello planificar para evitar inconvenientes futuros o al menos estar preparados para mitigarlos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Árbelaez, J. C. Franco, L. C. Betancur, C. Murillo, J. G. Gallego, P. A. Henao, V. M. Londoño, A. H. Mejía, C. M. Palacio, D. M. Salazar, E. Salazar, L. F. Valderrama, N. y Varela, D. C. (2006). Riesgo operacional: reto actual de las entidades financieras. *Revista Ingenierías*, vol. 5(9). Universidad de Medellín. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200009
- Bonet, I. Peña, A. Lochmüller, C. Patiño, A. (2014). *Credibilidad borrosa para mezclar diferentes fuentes de datos en la evaluación del riesgo operativo. Modelamiento del riesgo operativo*. Escuela de Ingenieros de Antioquia.
- Camiz, S., y Gomes, G. C.. (2016). Alternative Methods to Multiple Correspondence Analysis In reconstructing the Relevant Rnformation in a burt's table. *Pesquisa Operacional*, 36(1), 23–44. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2016.036.01.0023>

- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. (2004). *Convergencia internacional de medidas y normas de capital*. Banco de Pagos Internacionales. Suiza. https://www.bis.org/bcbs/basel3_es.htm
- Díaz, L. G. M. Morales, M. A. R. (2012). *Análisis estadístico de datos multivariados*. 1ra ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Fernández. A. L. (2009). *La Gestión del Riesgo Operacional de la teoría a su aplicación*. 1ra ed. Editorial Limusa. México
- Husson, F., Josse, J., y< Saporta, G. (2016). Jan de Leeuw and the French School of Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, vol. 73(6), pp. 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v073.i06>
- Martin, U., Tideman, M., y Zhao, W. (2020). Generation of dispatching solutions in a rolling time horizon framework with the aid of tabu search. Paper presented at the WIT *Transactions on the Built Environment*, vol. 199, pp. 97-106. <https://doi.org/10.2495/CR200091>
- Mora, A. V. (2010). Cuantificación del Riesgo Operativo en Entidades Financieras en Colombia. *Cuadernos de Administración*, Vol 23 (41), pp. 185-2012. Universidad Pontificia Javeriana. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao23-41.croe>
- Mora, A. V. (2013). Construcción de la distribución de pérdidas y el problema de agregación del riesgo operativo bajo modelos LDA: una revisión. *Revista Ingenierías*, vol 12(23), pp. 71-83. Universidad de Medellín. Medellín. <https://doi.org/10.22395/rium.v12n23a6>
- Moreno, M. Camacho, O. (2011). Riesgos tecnológicos en la enseñanza de la ingeniería. *Ciencia e Ingeniería*, vol. 32 (1), pp. 43-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550790008>
- Muñoz, D. H. Cuadros, A. M. (2016). Comparación de metodologías para la gestión de riesgos en los proyectos de las Pymes. *Revista Ciencias Estratégicas*, vol. 25(38), pp. 319-338. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151354939004>
- Pacheco. D. L (2009). *Riesgo Operacional: Conceptos y Mediciones*. Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras Chile. Dirección de estudios y análisis financiero. Unidad de riesgos. Chile. <https://www.cmfchile.cl/portal/estadisticas/617/w3-propertyname-817.html>

- Soobaroyen, T., Ntim, C. G., Broad, M. J., Agrizzi, D., y Vithana, K. (2019). Exploring the oversight of risk management in UK higher education institutions: The case of audit committees. *Accounting Forum*, vol. 43(4), pp. 404-425. <https://doi.org/10.1080/01559982.2019.1605872>
- Soares, P. C. Correia, N. S. Cunha, P. Cotter, J y Sousa, N. (2013). The Use of Multiple Correspondence Analysis to Explore Associations between Categories of Qualitative Variables in Healthy Ageing. *Journal of Aging Research*, vol. 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/302163>
- Superintendencia Financiera. (2007). Circular externa 041 junio de 2007. Reglas relativas a la administración del riesgo. Colombia. <http://www.fasecolda.com>
- Vasquéz, D. M. (2015). *Metodología para la estimación del riesgo operativo, de crédito y de mercado*. [Tesis de grado]. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Antioquia.